

# ВЕСТНИК

## БЕЛОРУССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ

Научно-методический журнал  
Издается с января 2003 г.  
Периодичность издания – 4 раза в год

2021 № 1

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь журнал включен в перечень научных изданий для опубликования результатов диссертационных исследований по сельскохозяйственным, техническим (сельскохозяйственное машиностроение) и экономическим (агропромышленный комплекс) наукам

### СОДЕРЖАНИЕ

#### АГРАРНАЯ ЭКОНОМИКА

<b>В. О. Лёвкина.</b> Оплата труда в сельском хозяйстве: из опыта Франции .....	5
<b>Н. Н. Минина.</b> Определение границы устойчивости сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь.....	10
<b>О. А. Пашкевич.</b> Становление и развитие форм занятости трудовых ресурсов в сельском хозяйстве США .....	14
<b>Н. Н. Минина.</b> Анализ факторов устойчивости и моделирование урожайности сельскохозяйственных культур в аграрных организациях Могилевской области .....	20
<b>Т. А. Тетеринец.</b> Бенчмаркинг американской и азиатской модели управления развитием человеческого капитала в АПК ..	24
<b>С. В. Балыкин.</b> Деловая активность индивидуальных предпринимателей в Республике Беларусь (региональный аспект) .....	31

#### ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

<b>В. А. Вольтцева, В. И. Бушуева, Т. Л. Хроменкова.</b> Энергетическая и экономическая эффективность возделывания галеги восточной в условиях орошения .....	35
<b>Л. А. Булавин, Т. М. Булавина, А. Ч. Скируха, Р. В. Мельников, А. П. Гвоздов, Ю. К. Шашко.</b> О сортовых особенностях реакции сельскохозяйственных культур на применение средств интенсификации земледелия .....	42
<b>И. М. Нестерова.</b> Энергетическая и экономическая эффективность возделывания проса на зеленую массу в зависимости от сроков сева в условиях северо-восточной части Беларуси .....	48
<b>Н. Э. Хизанейвили.</b> Влияние макро-, микро-, комплексных удобрений и регулятора роста Экосил на урожайность корнеплодов моркови и вынос элементов питания .....	52
<b>А. Л. Новик, В. П. Дуктов, Н. А. Дуктова.</b> Урожайность и качество зерна различных сортов яровой твердой пшеницы в зависимости от применения средств защиты и регуляторов роста растений .....	57
<b>В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, М. П. Акулич, Н. В. Улахович, С. С. Манкевич, О. Ф. Кузьменкова, Г. Д. Стрельцова, А. Г. Лапцевич.</b> Агрономическая эффективность применения глауконита при возделывании сельскохозяйственных культур .....	63
<b>В. П. Дуктов, А. Л. Новик, А. С. Журавский.</b> Экономическая эффективность применения средств защиты растений и регуляторов роста растений в посевах яровой твердой пшеницы .....	67
<b>Е. В. Костицкая, Б. В. Шелюто.</b> Биометрические показатели силфий пронзеннолистной в зависимости от способа посева .....	71
<b>Ю. А. Сущевич.</b> Изучение наследования признака устойчивости ячменя к сетчатой пятнистости и создание источников устойчивости с комплексом селекционно-ценных признаков .....	77
<b>М. А. Пастухова, Б. В. Шелюто.</b> Экономическая эффективность создания средостабилизирующих агрофитоценозов на основе силфий пронзеннолистной в условиях агроэкологически проблемных ареалов агроландшафтов.....	82
<b>П. Р. Хамутовский, Е. М. Хамутовская, Д. В. Балашенко, А. В. Рыжкова.</b> Создание нового исходного материала льна-долгунца ( <i>Linum Usitatissimum L.</i> ) с использованием метода химического мутагенеза .....	86
<b>А. З. Богданов, Н. Ф. Надточаев, В. В. Зеленьяк.</b> Скороспелость гибридов кукурузы компании KWS SAAT SE по ФАО .....	93
<b>С. С. Мосур.</b> Урожайность и качество зерна кукурузы в зависимости от применяемых органических, макро-, микроудобрений и регулятора роста .....	98
<b>Ю. С. Малышкина, Е. В. Равков, М. И. Лукашевич.</b> Определение степени доминирования эффекта гетерозиса и трансгрессии в питомнике гибридов люпина белого в условиях северо-востока Беларуси .....	103

<b>Б. В. Шелюто, Е. В. Костицкая.</b> Рентабельность возделывания силфики пронзеннолистной на зеленый корм при разных способах посева .....	109
<b>А. С. Мастеров, Д. И. Романцевич.</b> Эффективность применения биологических препаратов азотит и фосфатовит при возделывании озимой сурепицы на семена .....	113
<b>В. Б. Воробьев, В. В. Козлова.</b> Баланс азота в посевах озимой пшеницы в связи с азотными подкормками и содержанием в почве гумуса .....	117
<b>О. В. Клочкова, В. В. Холодинский.</b> Эффективность обработки семян люпина узколистного защитно-стимулирующими составами с микроудобрениями .....	121
<b>Н. В. Степанова, Д. П. Чирик.</b> Оценка сырьевого потенциала льна масличного.....	126
<b>О. В. Малашевская.</b> Агроэкономическая оценка применения удобрений, ризобияльного инокулянта и регуляторов роста на посевном горохе.....	130
<b>В. А. Прудников, Н. В. Степанова, Д. П. Чирик, С. Р. Чуйко.</b> Влияние азотного удобрения на химический состав растений льна-долгунца и затраты основных элементов питания на формирование волокна при возделывании на супесчаной почве .....	135
<b>В. А. Прудников, Д. П. Чирик, Н. В. Степанова, С. Р. Чуйко.</b> Эффективность применения микроудобрений при возделывании льна-долгунца на супесчаной почве.....	139
<b>М. П. Акулч, В. Н. Босак.</b> Агроэкономическая эффективность применения минеральных удобрений при возделывании зеленных и пряно-ароматических культур .....	143

### **МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ**

<b>В. А. Левчук, М. В. Цайц.</b> Результаты экспериментальных исследований обмолачивающего устройства с эластичным рабочим органом в линии первичной переработки льна .....	149
<b>А. В. Клочков, Б. М. Шундалов, В. В. Гусаров.</b> Использование зерноуборочных комбайнов в Республике Беларусь в 2020 году .....	156
<b>В. А. Левчук, М. В. Цайц.</b> Исследования процесса обмола лент льна эластичным рабочим органом.....	161
<b>Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц, А. И. Филиппов, К. Л. Пузевич.</b> Перспективный плуг по-(8+4)-40 для тракторов мощностью 450 л.с.....	167
<b>В. А. Левчук, М. В. Цайц.</b> Результаты производственных испытаний обмолачивающего устройства с эластичным рабочим органом в линии первичной переработки льна «Van dommele» .....	172
<b>А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, А. А. Аутко, В. П. Чеботарев, К. Л. Пузевич.</b> Обоснование технических и конструктивных параметров опрыскивателя телескопического комбинированного в составе агрегата для междурядной обработки почвы.....	178

### **МЕЛИОРАЦИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО**

<b>А. В. Колмыков, А. Н. Авдеев.</b> Современное состояние и перспективы использования земель сельскохозяйственного назначения Республики Беларусь.....	184
<b>Т. Н. Мыслыва, А. В. Кожеко, О. А. Куцаева.</b> Особенности установления зон пространственной неоднородности в пределах землепользования для целей точного земледелия .....	192
<b>С. В. Набздорев.</b> Возделывание сахарной свеклы в Могилевской области .....	200
<b>Ю. В. Алехина, Д. А. Дрозд.</b> Вынос элементов питания разноспелыми сортами клевера лугового в условиях регулирования водного режима.....	205
<b>Ю. Н. Дуброва, Т. Н. Мыслыва, Т. Н. Ткачева.</b> Геоморфометрический анализ рельефа территории Горецкого района с использованием данных дистанционного зондирования.....	209

### **ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

<b>С. В. Курзенков.</b> Опыт использования информационно-коммуникационных технологий в учебном процессе УО БГСХА: пути и перспективы развития .....	217
---	-----

### **ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ КРУГОЗОР**

<b>И. М. Нестерова.</b> Новая перспективная кормовая культура для условий Беларуси – пажитник греческий ( <i>Trigonella foenum graecum</i> L.).....	225
---	-----

### **ОБЗОРЫ, ФРАГМЕНТЫ, РЕЦЕНЗИИ**

<b>М. З. Фрейдин.</b> Рецензия на монографию профессора Зиновьева Ф. В. «Труд преподавателей университета» ( <i>Симферополь, издательство «Феникс» 2020г., объём 144с.</i> ) .....	229
--	-----

### **ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ**

<b>Ф. С. Приходько, С. С. Скоромная.</b> Лившиц Владимир Моисеевич ( <i>к 75-летию со дня рождения</i> ) .....	231
<b>А. В. Пашкевич, Е. А. Сафронова.</b> Факультет международных связей и довузовской подготовки. Истоки, история, современность.....	235
<b>О. А. Порхунцова, Н. А. Дуктова.</b> Лазаревич Святослав Всеволодович ( <i>к 70-летию со дня рождения</i> ) .....	242
<b>В. В. Великанов, А. В. Колмыков, Ю. Н. Дуброва, В. И. Желязко.</b> Всегда востребован ( <i>к 90-летию юбилею Н. Н. Добролюбова</i> ) .....	244

# BULLETIN

## OF THE BELARUSSIAN STATE AGRICULTURAL ACADEMY

The guidance journal  
is published since January, 2003  
Periodicity: issued four times a year

2021 № 1

According to the order of the High Attestation Commission of the Republic of Belarus the journal has been included in the list of scientific works for publishing results of theses on agricultural, technical (agricultural machine building) and economic (agrarian economics) sciences

### CONTENTS

#### *AGRICULTURAL ECONOMICS*

<b>V. O. Levkina.</b> Payment for labour in agriculture: from the experience of France.....	5
<b>N. N. Minina.</b> Determination of the boundary of sustainability of agricultural organizations in the Republic of Belarus .....	10
<b>O. A. Pashkevich.</b> Formation and development of labour resources employment forms in the USA agriculture .....	14
<b>N. N. Minina.</b> Analysis of sustainability factors and modeling of crop yield in agricultural organizations of Mogilev region....	20
<b>T. A. Teterinets.</b> Benchmarking of the American and Asian model of human capital development management in AIC .....	24
<b>S. V. Balykin.</b> Business activity of individual entrepreneurs in the Republic of Belarus (regional aspect).....	31

#### *FARMING AND PLANT-GROWING*

<b>V. A. Volynitseva, V. I. Bushueva, T. L. Khromenkova.</b> Energetic and economic efficiency of cultivating Galega orientalis in the conditions of irrigation.....	35
<b>L. A. Bulavin, T. M. Bulavina, A. Ch. Skirukha, R. V. Mechnikov, A. P. Gvozdov, Iu. K. Shashko.</b> About the reaction of different varieties of crops to farming intensification measures .....	42
<b>I. M. Nesterova.</b> Energetic and economic efficiency of cultivating millet for green mass depending on sowing time in the conditions of the north-eastern part of Belarus.....	48
<b>N. E. Khizaneishvili.</b> The influence of macro-, micro-fertilizers, complex fertilizers and growth regulator Ecosil on the productivity of carrot roots and removal of feeding elements .....	52
<b>A. L. Novik, V. P. Duktov, N. A. Duktova.</b> Productivity and quality of grain of different varieties of spring durum wheat depending on the application of protection means and plant growth regulators .....	57
<b>V. N. Bosak, T. V. Sachivko, M. P. Akulich, N. V. Ulakhovich, S. S. Mankevich, O. F. Kuzmenkova, G. D. Streltsova, A. G. Laptsevich.</b> Agronomical efficiency of glauconite application for crop cultivation .....	63
<b>V. P. Duktov, A. L. Novik, A. S. Zhuravskii.</b> Economic efficiency of application of plant protection means and growth regulators in crops of spring durum wheat .....	67
<b>E. V. Kostitskaia, B. V. Sheliuto.</b> Biometric indicators of <i>Silphium perfoliatum</i> depending on the method of sowing.....	71
<b>Iu. A. Sushchevich.</b> Research into inheriting the trait of barley resistibility to net blotch and creation of resistibility sources with a complex of traits valuable for selection .....	77
<b>M. A. Pastukhova, B. V. Sheliuto.</b> Economic efficiency of creation of medium-stabilizing agrophytocenoses on the basis of <i>Silphium perfoliatum</i> in the conditions of agroecologically problematic areas of agrolandscapes .....	82
<b>P. R. Khamutovskii, E. M. Khamutovskaia, D. V. Balashenko, A. V. Ryzhkova.</b> Creation of new initial material of long-fiber flax ( <i>Linum usitatissimum</i> L.) with the use of method of chemical mutagenesis .....	86
<b>A. Z. Bogdanov, N. F. Nadtochaev, V. V. Zeleniak.</b> Early maturity of corn hybrids of the company KWS SAAT SE according to FAO.....	93
<b>S. S. Mosur.</b> Productivity and quality of corn grain depending on the applied organic, macro- and micro-fertilizers and growth regulators.....	98
<b>Iu. S. Malyshkina, E. V. Ravkov, M. I. Lukashevich.</b> Determination of the degree of dominance of the effect of heterosis and transgression in the nursery of white lupine hybrids in the conditions of the north-east of Belarus .....	103

<b>B. V. Sheliuto, E. V. Kostitskaia.</b> Profitability of cultivating <i>Silphium perfoliatum</i> for green fodder with different methods of sowing.....	109
<b>A. S. Masterov, D. I. Romantsevich.</b> Efficiency of application of biological preparations Azotovit and Phosphatovit when cultivating winter cress for seeds .....	113
<b>V. B. Vorobev, V. V. Kozlova.</b> Nitrogen balance in winter wheat crops in relation to nitrogen fertilization and soil humus content.....	117
<b>O. V. Klochkova, V. V. Kholodinskii.</b> Efficiency of treatment of narrow-leaved lupine seeds with protective-stimulating micro-fertilizer complexes.....	121
<b>N. V. Stepanova, D. P. Chirik.</b> Estimation of raw potential of oil flax .....	126
<b>O. V. Malashevskaja.</b> Agro-economic estimation of application of fertilizers, rhizobial inoculant and growth regulator for peas ..	130
<b>V. A. Prudnikov, N. V. Stepanova, D. P. Chirik, S. R. Chuiko.</b> The influence of nitrogen fertilizer on the chemical composition of long-fiber flax plants and the contribution of the main nutrition elements to the formation of fiber during cultivation on sandy loam soil .....	135
<b>V. A. Prudnikov, D. P. Chirik, N. V. Stepanova, S. R. Chuiko.</b> Efficiency of micro-fertilizers application for the cultivation of long-fiber flax on sandy loam soil.....	139
<b>M. P. Akulich, V. N. Bosak.</b> Agro-economic efficiency of application of mineral fertilizers for the cultivation of leaf and spicy-aromatic crops.....	143

#### **MECHANIZATION AND POWER ENGINEERING**

<b>V. A. Levchuk, M. V. Tsaits.</b> Results of experimental research into threshing device with elastic working organ in the line of primary processing of flax.....	149
<b>A. V. Klochkov, B. M. Shundalov, V. V. Gusarov.</b> The use of combine grain harvesters in the Republic of Belarus in 2020.....	156
<b>V. A. Levchuk, M. V. Tsaits.</b> Research into the process of flax band threshing by elastic working organ .....	161
<b>N. D. Lepeshkin, V. V. Mizhurin, D. V. Zaiats, A. I. Filippov, K. L. Puzevich.</b> Advanced plough PO-(8+4)-40 for 450 hp tractors.....	167
<b>V. A. Levchuk, M. V. Tsaits.</b> Results of production tests of threshing device with elastic working organ in the 'Van Dommele' line of flax primary processing .....	172
<b>A. I. Filippov, E. V. Zaiats, A. A. Autko, V. P. Chebotarev, K. L. Puzevich.</b> Substantiation of technical and construction parameters of telescopic combined sprayer in aggregate for inter-row soil cultivation.....	178

#### **MELIORATION AND LAND USE PLANNING**

<b>A. V. Kolmykov, A. N. Avdeev.</b> Current state and prospects for using agricultural lands in the Republic of Belarus .....	184
<b>T. N. Myslyva, A. V. Kozheko, O. A. Kutsaeva.</b> Features of determination of zones of space heterogeneity within the limits of land use for precision farming.....	192
<b>S. V. Nabzdorov.</b> Cultivation of sugar beets in Mogilev region.....	200
<b>Iu. V. Alekhina, D. A. Drozd.</b> Removal of nutrition elements by meadow clover varieties with different maturity rates under controlled water regime conditions.....	205
<b>Iu. N. Dubrova, T. N. Myslyva, T. N. Tkacheva.</b> Geomorphometric analysis of relief of territory of Gorki district using remote sensing data .....	209

#### **INNOVATION EDUCATIONAL TECHNOLOGIES**

<b>S. V. Kurzenkov.</b> The experience of using information-communication technologies in educational process at Belarusian State Agricultural Academy: ways and prospects of development.....	217
--	-----

#### **PROFESSIONAL OUTLOOK**

<b>I. M. Nesterova.</b> New promising fodder crop for the conditions of Belarus – fenugreek ( <i>Trigonella foenum graecum</i> L.)....	225
--	-----

#### **SURVEYS, FRAGMENTS, REVIEWS**

<b>M. Z. Freidin.</b> Review of a monograph of Professor F.V. Zinovev 'University teachers labour' (Simferopol, Fenix publishers, 2020, vol. 144 p.).....	229
---	-----

#### **JUBILEE DATES**

<b>F. S. Prikhodko, S. S. Skoromnaia.</b> Livshits Vladimir Moiseevich ( <i>on the 75<sup>th</sup> anniversary of his birth</i> ) .....	231
<b>A. V. Pashkevich, E. A. Safronova.</b> The department of international relations and pre-university training. Origin, history, modernity .....	235
<b>O. A. Porkhuntsova, N. A. Duktova.</b> Lazarevich Sviatoslav Vsevolodovich ( <i>on the 70<sup>th</sup> anniversary of his birth</i> ).....	242
<b>V. V. Velikanov, A. V. Kolmykov, Iu. N. Dubrova, V. I. Zheliazko.</b> Always in demand ( <i>on the 90<sup>th</sup> anniversary of the birth of N. N. Dobroliubov</i> ).....	244



## АГРАРНАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 631.158:658.32(44)

### ОПЛАТА ТРУДА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: ИЗ ОПЫТА ФРАНЦИИ

В. О. ЛЁВКИНА

РНУП «Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси»,  
г. Минск, Республика Беларусь, 220108, e-mail: roz-l21@mail.ru

(Поступила в редакцию 04.01.2021)

*В статье рассмотрены теоретические основы формирования цены рабочей силы в сельском хозяйстве Франции, методические аспекты и практические элементы механизма мотивации труда работников. Выявлено, что в аграрной отрасли уровень оплаты труда устанавливается не только на основе договоренности между работником и работодателем с учетом личностных факторов трудовой деятельности работника (возраста, уровня квалификации, трудового стажа, степени лояльности работника по отношению к работодателю, объема трудовых функций, затрат рабочего времени), но и норм трудового законодательства Франции (размера минимальной заработной платы как социального гаранта государства, условий обязательной оплаты сверхурочных часов работы, натуральной оплаты труда), отраслевых коллективных соглашений (минимальные «пороги» размера оплаты труда с учетом уровня образования). В ходе исследования установлено, что регулирование механизма мотивации труда через размер минимальной заработной платы позволяет стимулировать работодателей привлекать в аграрный сектор молодых работников, не имеющих опыта профессиональной работы, и тем самым снижать социальную напряженность на рынке труда. Акцентировано внимание на том, что качественные характеристики французских специалистов, привлекаемых в отрасль, играют важную роль в формировании качества производимой сельскохозяйственной продукции – главного фактора конкурентоспособности аграрного производителя на рынке сбыта. На основе проведенного анализа мотивационного механизма в аграрном секторе Франции сделан вывод о том, индивидуализация заработной платы является важным его элементом, позволяющим нивелировать уравнилельный принцип формирования оплаты труда работников с одинаковыми трудовыми функциями. В заключение подчеркнута возрастающая роль общественного мнения в совершенствовании условий труда социально уязвимых групп работников, в частности в сельском хозяйстве.*

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, механизм, оплата труда, мотивация труда, цена рабочей силы, минимальная заработная плата, уровень образования, профессиональный стаж.

*The article discusses the theoretical foundations of the formation of price of labor in agriculture in France, methodological aspects and practical elements of the mechanism of motivating workers. It was revealed that in agricultural sector, the level of remuneration is established not only on the basis of an agreement between the employee and the employer, taking into account the personal factors of the employee's labor activity (age, skill level, length of service, the degree of employee loyalty to the employer, the volume of labor functions, the cost of working time), but also the norms of French labor legislation (the size of minimum wage as a social guarantor of the state, the conditions for compulsory payment of overtime work, wages in kind), sectoral collective agreements (minimum "thresholds" for the amount of wages, taking into account the level of education). The study found that regulation of the mechanism of labor motivation through the size of minimum wage allows employers to attract young workers who have no professional work experience to agricultural sector, and thereby reduce social tension in labor market. Attention is focused on the fact that the qualitative characteristics of French specialists involved in the industry play an important role in shaping the quality of agricultural products - the main factor in the competitiveness of an agricultural producer in the sales market. Based on the analysis of motivational mechanism in the agricultural sector in France, it was concluded that the individualization of wages is an important element of it, which makes it possible to reduce the leveling principle of the formation of wages for workers with the same labor functions. In conclusion, the growing role of public opinion in improving the working conditions of socially vulnerable groups of workers, in particular in agriculture, was emphasized.*

**Key words:** agriculture, mechanism, wages, labor motivation, labor costs, minimum wages, education level, professional experience.

#### Введение

Исследования показывают, что эффективная система мотивации труда работников должна быть динамичной. Такой подход предполагает периодическое внесение обоснованных изменений в условия оплаты труда, социальной защиты работников, режима труда и отдыха, безопасности трудовой деятельности. Мотивационный механизм должен основываться на комплексном учете количественных и качественных параметров, характеризующих результаты труда работников. С этой точки зрения исследование зарубежного опыта мотивации и стимулирования труда работников в аграрной сфере в качестве базы сравнения носит актуальный характер.

## Основная часть

Организация труда работников и форма их занятости всегда тесно связаны с системой мотивации труда. Поскольку аграрная сфера имеет специфический характер в связи с использованием в производстве природных ресурсов, влиянием биологических процессов на результаты труда и продолжительность трудовых смен, вопросы разработки эффективного мотивационного механизма для сельскохозяйственных работников до сих пор актуальны не только для Беларуси, но и других развитых стран.

Рассмотрим основные элементы механизма мотивации труда в сельском хозяйстве на примере Франции.

Фундамент данного механизма составляет, в первую очередь, вознаграждение за труд в денежной и материальной форме. Следует отметить, что формирование уровня оплаты труда сельскохозяйственных наемных работников осуществляется в соответствии с принципами продолжающейся в стране либерализации трудового законодательства и рынка труда. Размер заработной платы устанавливается на договорной основе между работодателем и работником, прописывается в трудовом контракте, юридическая сила и приоритетность которого в последние годы усиливается.

Затраты, которые несет работодатель при покупке рабочей силы, включают в себя следующие три элемента (рис. 1).

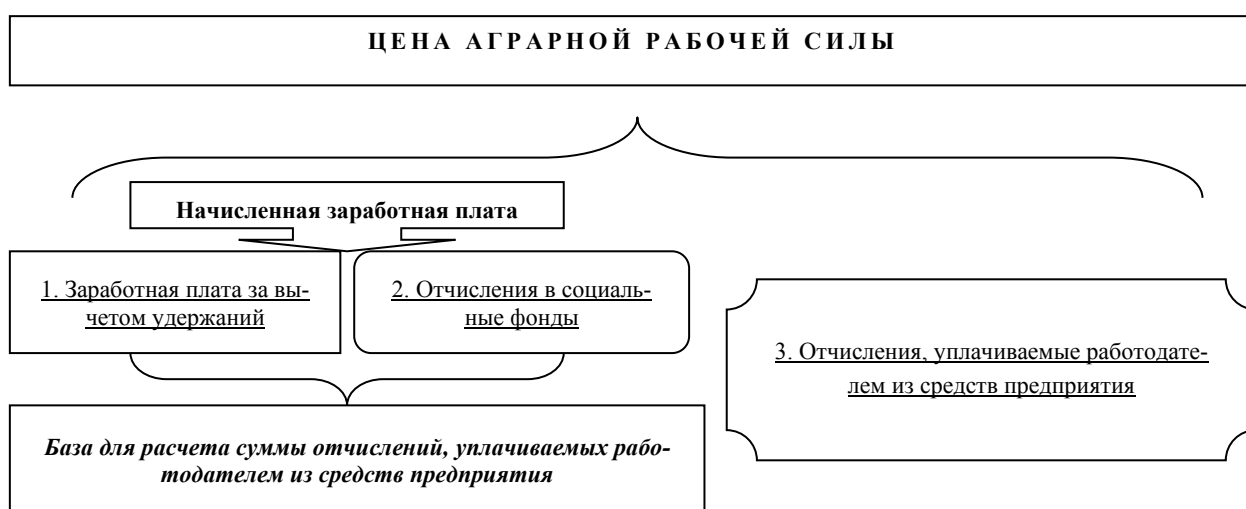


Рис. 1. Элементы цены рабочей силы на рынке аграрного труда Франции

Заработная плата за вычетом удержаний и сумма отчислений в социальные фонды представляют собой базу для расчета отчислений, уплачиваемых за счет средств предприятия. В совокупности все эти затраты составляют цену аграрной рабочей силы для работодателя.

Однако, несмотря на то, что контрактная цена рабочей силы формируется на основе договоренности между работником и работодателем, существует ряд ограничений, которые должны учитываться при ее установлении.

Во-первых, нормы трудового законодательства. Во Франции, как и во многих странах, установлена минимальная часовая заработная плата (*Salaire minimum interprofessionnel de croissance – SMIC*), которая пересматривается ежегодно 1 января. Данная норма обязательна для применения во всех отраслях экономики. Она выступает социальным гарантом от государства и направлена на оказание защиты работникам в трудовой сфере, особенно молодежи.

Использование на практике минимальной часовой заработной платы осуществляется в рамках некоторых условий. Так, вовлечение в трудовую деятельность молодежи, которая впервые выходит на рынок труда, сопровождается установлением пониженного уровня минимальной часовой заработной платы. Такой подход направлен против дискриминации молодых работников, которая возникает по причине отсутствия у них опыта работы, в связи с чем наниматель не заинтересован привлекать таких специалистов на предприятие. В данном случае пониженная минимальная часовая заработная плата выполняет роль стимула для работодателя, содействует ослаблению входных барьеров для молодежи на рынок труда [3, 4].

Следует добавить, что размер минимальной часовой заработной платы устанавливается не только с учетом возраста работника, но и его трудового стажа в дальнейшем (табл. 1).

Исследования показывают, что в 2020 г. правительством Франции данная норма была скорректирована. В настоящее время размер минимальной часовой заработной платы для несовершеннолетних работников в возрасте 16 лет должен составлять не менее 80 % и для работников в возрасте 17–18 лет не менее 90 % от установленной минимальной часовой заработной платы при условии, что их стаж работы составляет до 6 месяцев. Если же стаж работы превышает 6 месяцев, то рекомендуется устанавливать данный показатель на уровне 100 %.

Трудовой стаж выступает существенным элементом механизма мотивации труда работников. В практике французских аграрных предприятий существует традиция устанавливать денежное поощрение (премию) для работников, заключивших контракт с нанимателем на протяжении нескольких лет. Особенно такая практика наблюдается в отношении сезонных рабочих, что позволяет работодателю формировать достаточно устойчивый кадровый состав, своевременно планировать расходы на персонал, обеспечивать бесперебойность сезонных работ.

Таблица 1. Размер установленной государством минимальной заработной платы работника с учетом его возраста и стажа работы (на 01.01.2019 г.)

Возраст начинающего работника, лет	Заработная плата			Натуральная оплата труда	
	Минимальная часовая заработная плата, установленная государством, на 01.01.2019 г. = <b>10,03 евро</b>	Стаж работы, год			
		1-й	2-й	3-й	
<b>16–17</b>	% от минимальной часовой заработной платы	27,0	39,0	55,0	<p>Базовая величина для расчета натуральной оплаты труда, установленная государством, на 01.01.2019 г. = <b>3,0 евро</b></p> <p><u>Удержания из заработной платы:</u> не более 75 % от всех удержаний из аналогичной заработной платы взрослого работника</p> <p><u>Стоимость питания:</u> 1 прием пищи – не ниже 2,25 евро; в день – не ниже 5,63 евро (3-разовое питание)</p> <p><u>Стоимость жилья:</u> не ниже 0,60 евро в день</p> <p>Натуральная оплата труда может составлять максимум <u>75 %</u> от заработной платы работника</p>
	Минимальная часовая оплата, евро	2,71	3,91	5,52	
	Минимальная месячная заработная плата, евро	411,02	593,03	837,22	
<b>18–20</b>	% от минимальной часовой заработной платы	43,0	51,0	67,0	
	Минимальная часовая оплата, евро	4,11	4,91	6,52	
	Минимальная месячная заработная плата, евро	623,04	744,70	988,89	
<b>21–25</b>	% от минимальной часовой заработной платы	53,0	61,0	78,0	
	Минимальная часовая оплата, евро	5,32	6,12	7,82	
	Минимальная месячная заработная плата, евро	806,88	928,22	1186,06	
<b>26 и более</b>	% от минимальной часовой заработной платы	100			
	Минимальная часовая оплата, евро	10,03			
	Минимальная месячная заработная плата, евро	1521,25			

Примечание: Таблица составлена по данным источника [5].

Вторым существенным ограничением установления размера заработной платы выступают различного рода отраслевые коллективные соглашения. В них, как правило, оговариваются «пороги» размера оплаты труда работников с учетом степени их профессиональной подготовки (оценивается уровень и ступень квалификации работника) (табл. 2).

Работники рассматриваются в рамках трех групп с детализацией критериев оценки уровня их профессионализма:

- кадры массовых профессий;
- техники и руководители низового звена;
- руководители среднего и высшего звена, специалисты.

Особенно тщательно подлежит оценке уровень рабочих кадров как непосредственных производителей сельскохозяйственной и переработанной продукции, поскольку уровень их квалификации определяет в конечном итоге ее качество – критерий, в соответствии с которым французский аграрный производитель претендует на ту или иную нишу на рынке сбыта, уровень цены, статус, покупательский сегмент, бренд. Другими словами, именно качество производимой продукции определяет уровень эффективности деятельности французского фермера. В этой связи он максимально заинтересован в стимулировании наемного персонала на производство продукции с высоким качеством. Количественные (валовые) показатели играют в производстве сельскохозяйственной и переработанной

продукции меньшую роль, так как сбыт высококачественной продукции даже в небольших объемах обеспечивается высокой ценой на рынке.

Таким образом, с целью привлечения высококвалифицированных работников и усиления мотивации их труда в основу мотивационного механизма положен принцип индивидуализации уровня оплаты труда на основе таких факторов, как возраст, профессиональный стаж, уровень образования работника, степень его лояльности по отношению к одному и тому же работодателю. Это позволяет нивелировать уравнительный принцип формирования размера заработной платы у работников, выполняющих приблизительно одинаковые трудовые функции, что можно наблюдать на отечественных аграрных предприятиях, где учет трудового стажа и уровня квалификации кадров массовых профессий (особенно занятых на сезонных или подсобных работах) осуществляется иногда формально.

Таблица 2. Классификация категорий работников и уровня оплаты труда в сельскохозяйственных организациях, фермерских хозяйствах, аграрных кооперативах Франции (на 01.01.2019 г. и 01.05.2020 г.)

Категория работников и степень профессиональной подготовки	Часовая оплата, евро		Заработная плата в месяц (при 35-часовой рабочей неделе, 151,67 часов в месяц), евро	
	01.01.2019 г.	01.05.2020 г.	01.01.2019 г.	01.05.2020 г.
<b>Кадры массовых профессий</b>				
Уровень 1 – ступень 1	10,03	10,15	1521,25	1539,45
Уровень 2 – ступень 1	10,11	10,41	1533,38	1578,88
Уровень 2 – ступень 2	10,23	10,54	1551,58	1598,60
Уровень 3 – ступень 1	10,36	10,70	1571,30	1622,87
Уровень 3 – ступень 2	10,46	10,81	1586,47	1639,55
Уровень 4 – ступень 1	10,61	11,0	1609,22	1674,44
Уровень 4 – ступень 2	11,00	11,44	1668,37	1735,10
<b>Технические работники, мастера, бригадиры и другие руководители низового звена</b>				
<i>Технические работники</i> Уровень 1 – ступень 1	11,21	11,72	1700,22	1777,57
<i>Технические работники</i> Уровень 1 – ступень 2	11,54	12,06	1750,27	1829,14
<i>Руководители низового звена</i> Уровень 1 – ступень 2				
<i>Технические работники</i> Уровень 2	11,86	12,40	1798,81	1880,71
<i>Руководители низового звена</i> Уровень 2				
<b>Руководители среднего и высшего звена, высококвалифицированные специалисты</b>				
Уровень 1	14,56	15,67	2208,32	2376,67
Уровень 2	16,71	17,99	2534,41	2728,54
<b>Оплата дополнительно отработанного времени (на 01.05.2020 г.)</b>				
36–39-й часы в неделю	Премияльные (как надбавка к заработной плате либо в форме оплачиваемого отдыха)			25 %
40–43-й часы в неделю	Надбавка к заработной плате			25 %
44-й и более часов в неделю	Надбавка к заработной плате			50 %
<b>Натуральная оплата труда (оплата питания, жилья) (на 01.05.2020 г.)</b>				
Завтрак / обед / ужин, евро в день	1,5 / 3,0 / 3,0		<b>Итого = 7,50</b>	
Жилье (одна комната / половина), евро в месяц	24		12	

Примечание: 1 – Таблица составлена по данным источника [5]; 2 – Уровень и ступень характеризуют по возрастанию степень квалификации. Например, работник, классифицированный по уровню 1 – ступени 1, имеет только школьное образование, у него отсутствует практический опыт работы. Работник, классифицированный по уровню 2 – ступени 1, имеет школьное образование и практический опыт работы, прошел обучение на рабочем месте.

Следует отметить также, что французское трудовое законодательство достаточно жестко регламентирует оплату сверхурочных часов. В стране установлена 35-часовая рабочая неделя. Однако по согласованию с работником наниматель может его привлекать к сверхурочной работе с обязательной оплатой. При этом сверхурочная работа не должна превышать 40 часов в квартал [1, 2, 3].

Третьим ограничением в отношении устанавливаемого размера заработной платы являются условия индивидуального трудового контракта работника. Во Франции наиболее распространены два вида контрактов:

– срочный трудовой контракт (*contrat de travail à durée déterminée – CDD*). Такой контракт заключается чаще всего с сезонными работниками. Минимальный срок заключения такого контракта обычно составляет 1 месяц, практикуется в период сезонных работ, чаще всего при сборе винограда;

– бессрочный трудовой контракт (contrat de travail à durée indéterminée – CDI). Практикуется в отношении постоянного кадрового состава, высококвалифицированных специалистов. Такой контракт играет роль мощного стимула при формировании лояльности работников предприятия.

Исследования свидетельствуют, что условия, оговариваемые в срочных трудовых контрактах работников, в последние годы существенно совершенствуются. Это связано в первую очередь с давлением общественного мнения, направленного против прекаризации труда, в особенности сельскохозяйственного, где сезонные работники представляют собой группу социально уязвимых. Данная тенденция уже обусловила улучшение ряда условий труда наемного работника, например, в части натуральной оплаты труда (питания и жилья), предоставления возможности повышения уровня квалификации.

Таким образом, основу мотивационного механизма работников в аграрной сфере составляют личностные факторы трудовой деятельности работника, нормы трудового законодательства, отраслевых коллективных соглашений, условия индивидуальных трудовых контрактов.

### **Заключение**

Механизм мотивации и стимулирования труда работников в аграрной сфере Франции формируется на основе норм трудового законодательства, отраслевых коллективных соглашений, условий индивидуальных трудовых контрактов.

Существенным элементом данного механизма является оплата труда в денежном и натуральном выражении, уровень которой формируется в соответствии со степенью профессиональной подготовки работника, продолжительностью его режима труда и отдыха, трудового стажа, трудовых отношений с работодателем.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Determiner la remuneration de votre salarié [Ressource électronique] // Gestion de l'exploitation. – Mode d'accès: <https://meurthe-et-moselle.chambre-agriculture.fr/gestion-de-l'exploitation/emploi/determiner-la-remuneration-de-votre-salarie>. – Date d'accès: 01.05.2020.

2. Eleveurs: combien payez vous vos salariés agricoles? [Ressource électronique] // Economie social. – Mode d'accès: <http://www.web-agri.fr/actualite-agricole/economie-social/article/eleveurs-combien-payez-vous-vos-salaries-agricoles-1142-144636.html>. – Date d'accès: 21.05.2020.

3. La réglementation du travail agricole saisonnier [Ressource électronique] // Groupement-gea. – Mode d'accès: <https://www.groupement-gea.com/2019/03/11/la-reglementation-du-travail-agricole-saisonnier-ce-qu'il-faut-savoir>. – Date d'accès: 11.05.2020.

4. Salaire paie et travail [Ressource électronique] // Salaire. – Mode d'accès: <https://www.cnt.gouv.qc.ca/salaire-paie-et-travail/salaire/index.html>. – Date d'accès: 15.05.2020.

5. Salaires agricoles 2020 [Ressource électronique] // Gers.chambre-agriculture. – Mode d'accès: <https://gers.chambre-agriculture.fr/gerer-son-exploitation/main-doeuvre/salaires-agricoles-2020>. – Date d'accès: 26.05.2020.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦЫ УСТОЙЧИВОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Н. Н. МИНИНА

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: nnatalie@tut.by

(Поступила в редакцию 06.01.2021)

Автором статьи определена величина дополнительных доходов для получения неотрицательного конечного финансового результата (11 руб. на 1 га сельскохозяйственных земель, что составляет 9,9–12,9 % фактического объема государственной поддержки, оказанной аграрным организациям проанализированных производственных типов в 2017–2019 гг.) и обеспечения устойчивости большинства сельскохозяйственных предприятий трех основных производственных типов (в среднем 44 руб. на 1 га сельскохозяйственных земель). За счет получения рассчитанной автором статьи величины дополнительных доходов возможен рост чистой прибыли в целом по предприятиям трех основных производственных типов до 156 руб. на 1 га сельскохозяйственных земель (или на 35,7 % по сравнению с 2019 г.), при этом рентабельность производства увеличится до 14,2 % (или на 3,9 п. п.), рентабельность активов – до 4,7 % (или на 1,3 п. п.). Определена необходимая рентабельность производства, или граница перехода на устойчивое развитие – в среднем 14,2 % – по предприятиям трех выделенных для анализа производственных типов: с развитием свиноводства, производства зерна, молочно-мясного скотоводства.

В отличие от рекомендованных другими учеными границ рентабельности, рассчитываемых по прибыли от реализации, автором предложено использование для определения рентабельности конечного финансового результата по текущей, инвестиционной и финансовой деятельности.

Отличительной особенностью предложенной автором методики определения границы устойчивости является расчет такой величины конечного финансового результата, которая обеспечивает нулевой дифференциал финансового рычага, а следовательно нейтрализует финансовый риск предприятия при использовании заемных средств и не позволяет сокращать чистые активы предприятия в последующем периоде для расчета по обязательствам.

Предполагается, что предприятия должны получать равную величину дополнительных доходов на 1 га сельскохозяйственных земель, что обеспечит равенство исходных условий для организаций с учетом ограниченности данного важнейшего производственного ресурса.

**Ключевые слова:** доход, финансовый результат, устойчивость, аграрное предприятие, производственный тип.

The author of the article determined the amount of additional income to obtain a non-negative final financial result (11 rubles per hectare of agricultural land, which is 9.9–12.9 % of the actual volume of state support provided to agricultural organizations of the analyzed production types in 2017–2019) and to ensure the sustainability of most agricultural enterprises of three main production types (on average, 44 rubles per hectare of agricultural land). Due to the receipt of the amount of additional income calculated by the author of the article, an increase in net profit is possible as a whole for enterprises of the three main production types up to 156 rubles per 1 hectare of agricultural land (or by 35.7 % compared to 2019), while the profitability of production will increase to 14.2 % (or by 3.9 p.p.), the return on assets - up to 4.7 % (or by 1.3 p.p.). We have determined the necessary profitability of production, or the border of transition to sustainable development - on average 14.2 % – for enterprises of the three production types identified for analysis: with the development of pig breeding, grain production, dairy and meat cattle breeding.

Unlike the profitability limits recommended by other scientists, calculated by profit from sales, the author proposes to determine profitability using the final financial result of current, investment and financial activities.

A distinctive feature of the methodology proposed by the author for determining the boundary of sustainability is the calculation of such a value of the final financial result, which provides a zero differential of financial leverage, and therefore neutralizes the financial risk of the enterprise when using borrowed funds and does not allow reducing the company's net assets in the subsequent period for calculating obligations.

It is assumed that enterprises should receive an equal amount of additional income per 1 hectare of agricultural land, which will ensure equality of the initial conditions for organizations, taking into account the limitedness of this most important production resource.

**Key words:** income, financial result, sustainability, agricultural enterprise, production type.

### Введение

В настоящее время актуальной является проблема обеспечения устойчивости аграрных организаций. Действующие цены реализации продукции и уровень производственных затрат сдерживают устойчивое развитие отдельных белорусских сельскохозяйственных предприятий. Указанные обстоятельства свидетельствуют о необходимости повышения текущего уровня дохода аграрных производителей.

Цель исследования – определить величину дополнительных доходов для получения неотрицательного конечного финансового результата по текущей, инвестиционной и финансовой деятельности и достижения устойчивости белорусских аграрных организаций.

В современных исследованиях отечественных и зарубежных ученых используются различные методы и модели оценки устойчивости организаций. Так, М. А. Бушуева, Н. Н. Масюк и Е. С. Скарга используют матрицу областей экономической устойчивости для определения области, занимаемой предприятием, на основе потенциала и эффективности [1]. Л. Г. Долматовой и А. С. Чешевым предложена технология когнитивного моделирования для выбора путей управления ситуацией при переходе к позитивным состояниям от негативных [2]. Д. И. Козловым и П. П. Лутовиновым обосновано применение метода нечетких множеств для расчета интегральных показателей состояний организа-

ции и внешней по отношению к ней экономической системы [3]. Е. М. Горовой и С. А. Манжинским выполнен анализ степени распространения и эффективности использования концепции динамической устойчивости в процессах производства и менеджмента на основе анкетирования руководителей и специалистов организаций [4]. Е. В. Бунова, Н. А. Крепак и В. В. Мокеев рекомендуют метод собственных состояний для создания модели динамической устойчивости предприятия [5]. Е. С. Пищулиной и Т. А. Худяковой разработана экономико-математическая модель на основе интеграции равновесного состояния предприятия и его экономического роста [6]. Б. П. Рукин предлагает экономико-математическую модель динамической устойчивости организации, включающую ранговую оценку совместного движения показателей во времени [7]. Е. С. Чернова использует эконометрическую модель динамической устойчивости и др. [8]. Большинство методик являются сложными, что объясняется применением математического аппарата и наличием мультивариантности поставленных задач.

### Основная часть

Применялись общенаучные и частные методы и приемы исследования, расчетно-конструктивный метод. С учетом текущего уровня доходов аграрных предприятий с целью снижения финансовых и инвестиционных рисков во избежание уменьшения величины чистых активов инвестиции целесообразно осуществлять в основном за счет собственных источников финансирования. Отсюда возникает необходимость увеличения доходов для получения неотрицательного конечного финансового результата по текущей, инвестиционной и финансовой деятельности и достижения устойчивости большинства аграрных предприятий (таблица).

### Оценка фактической величины государственной поддержки и необходимого размера дополнительных доходов для получения неотрицательного конечного финансового результата по текущей, инвестиционной и финансовой деятельности и обеспечения устойчивости большинства аграрных производителей<sup>1)</sup>

Годы / порядок расчета	Производственный тип аграрной организации и степень ее устойчивости												В целом по совокупности организаций				Всего
	молочно-мясное скотоводство				производство зерна				свиноводство				высокий	выше среднего	ниже среднего	низкий	
	высокий	выше среднего	ниже среднего	низкий	высокий	выше среднего	ниже среднего	низкий	высокий	выше среднего	ниже среднего	низкий					
Кол-во организаций																	
2017	287	87	76	247	9	4	4	17	22	5	11	20	318	96	91	284	789
2018	364	40	36	235	12	3	2	15	21	2	3	29	397	45	41	279	762
2019	309	67	59	213	12	3	2	15	16	5	4	29	337	75	65	257	734
Фактическая величина государственной поддержки на 1 га сельскохозяйственных земель, руб.																	
2017	93	90	89	77	108	50	57	72	87	65	60	60	93	87	83	75	85
2018	99	79	89	80	102	89	104	73	84	103	74	74	98	82	89	79	90
2019	125	123	118	115	118	105	69	110	112	115	85	138	124	122	114	118	121
Необходимая величина дополнительных доходов для получения неотрицательного конечного финансового результата по текущей, инвестиционной и финансовой деятельности большинством сельскохозяйственных организаций на 1 га сельскохозяйственных земель, руб.																	
расчет	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Необходимый уровень дополнительных доходов для обеспечения устойчивости на 1 га сельскохозяйственных земель, руб.																	
расчет	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Объем господдержки на перспективу на 1 га сельскохозяйственных земель, руб.																	
Вариант 1 <sup>2)</sup>	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149
Вариант 2 <sup>3)</sup>	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182
Конечный финансовый результат работы предприятий на 1 га сельскохозяйственных земель, руб.																	
2017	228	73	43	-51	187	23	50	-18	256	42	36	58	229	69	42	-39	91
2018	158	52	39	-21	184	18	46	-24	200	-116	81	-299	162	35	43	-58	66
2019	224	92	56	-8	190	53	23	-1	257	167	72	-11	224	95	56	-8	115
Вариант 1	235	103	67	3	201	63	33	10	268	178	82	0	235	106	67	3	123
Вариант 2	268	136	100	36	234	96	66	43	301	211	115	33	268	139	100	36	156
Рентабельность (убыточность) производства, %																	
2017	17,4	8,6	6,2	-8,2	15,5	3,1	8,6	-3,8	13,9	2,9	3,7	5,2	17,0	7,8	5,7	-5,9	9,4
2018	12,9	6,0	4,6	-2,8	16,2	2,7	5,1	-5,1	12,0	-7,2	5,5	-20,5	12,9	3,9	4,7	-7,0	6,3
2019	15,9	8,8	6,6	-1,1	14,8	6,5	4,8	-0,1	12,7	9,9	4,4	-0,8	15,6	8,8	6,2	-1,0	9,9
Вариант 1	16,6	9,8	7,9	0,4	15,6	7,8	7,1	2,0	13,3	10,6	5,0	0,0	16,3	9,8	7,4	0,3	10,9
Вариант 2	19,0	13,0	11,8	5,0	18,2	11,9	14,2	8,5	14,9	12,5	7,0	2,3	18,7	12,9	11,1	4,4	13,9
Рентабельность (убыточность) активов, %																	
2017	6,5	2,7	1,7	-2,2	5,5	0,7	2,4	-0,9	5,9	0,7	1,3	1,8	6,4	2,3	1,7	-1,6	3,1
2018	4,6	1,9	1,4	-0,8	6,1	0,8	0,9	-1,1	5,1	-2,3	1,9	-7,8	4,7	1,2	1,4	-2,1	2,1
2019	5,8	2,9	1,9	-0,3	5,4	2,0	0,9	0,0	5,9	4,9	2,3	-0,3	5,8	3,0	1,9	-0,3	3,3
Вариант 1	6,0	3,2	2,2	0,1	5,7	2,4	1,4	0,4	6,1	5,2	2,7	0,0	6,0	3,3	2,3	0,1	3,6
Вариант 2	6,9	4,2	3,4	1,3	6,7	3,6	2,8	1,8	6,9	6,2	3,8	0,8	6,9	4,4	3,4	1,2	4,6

Примечание: <sup>1)</sup> Расчеты автора на базе данных ГИВЦ Минсельхозпрода Республики Беларусь.

<sup>2)</sup> Вариант 1 – для получения неотрицательного конечного финансового результата по текущей, инвестиционной и финансовой деятельности большинством аграрных предприятий.

<sup>3)</sup> Вариант 2 – для обеспечения статической и динамической устойчивости большинства аграрных предприятий.



Определенный автором необходимый объем дополнительных доходов для получения неотрицательного конечного финансового результата по текущей, инвестиционной и финансовой деятельности большинством аграрных предприятий с развитием свиноводства, молочно-мясного скотоводства, а также организаций, производящих зерно, равен 11 руб. на 1 га сельскохозяйственных земель. Указанный размер дополнительных доходов составляет 9,9 % фактического объема государственной поддержки, оказанной аграрным организациям проанализированных производственных типов в 2019 г. (12,2 % – в 2018 г., 12,9 % – в 2017 г.). Получение рассчитанной величины дополнительных доходов даст возможность обеспечить рост чистой прибыли в целом по предприятиям перечисленных выше производственных типов на 7,0 % по сравнению с 2019 г. (или со 115 до 123 руб. на 1 га сельскохозяйственных земель), рентабельности активов – на 0,3 п. п., рентабельности производства – на 0,9 п. п.

Определенный нами размер дополнительных доходов для обеспечения устойчивости большинства аграрных предприятий с развитием свиноводства, молочно-мясного скотоводства, а также организаций, производящих зерно, в среднем составляет 44 руб. на 1 га сельскохозяйственных земель.

Данная величина дополнительных равна 36,4 % объема государственной поддержки, фактически оказанной аграрным предприятиям перечисленных выше производственных типов в 2019 г. (48,9 % – в 2018 г., 51,8 % – в 2017 г.).

За счет получения рассчитанной автором статьи величины дополнительных доходов возможен рост чистой прибыли в целом по предприятиям указанных выше производственных типов до 156 руб. на 1 га сельскохозяйственных земель (или на 35,7 % по сравнению с 2019 г.), при этом рентабельность производства увеличится до 14,2 % (или на 3,9 п. п.), рентабельность активов – до 4,7 % (или на 1,3 п. п.). Следовательно, необходимая рентабельность производства (или граница перехода на устойчивое развитие) по предприятиям трех выделенных для анализа производственных типов в среднем находится на уровне 14,2 %.

### **Заключение**

Вследствие низкого уровня доходов сельскохозяйственных предприятий Республики Беларусь инвестиции в аграрную отрасль экономики связаны с существенными рисками. Уменьшения финансовых и производственных рисков можно достичь при получении неотрицательного конечного финансового результата по текущей, инвестиционной и финансовой деятельности большинством аграрных предприятий. Для этого потребуется увеличение на 7,0 % чистой прибыли аграрных организаций с развитием свиноводства, молочно-мясного скотоводства, а также предприятий, производящих зерно. Величина необходимых дополнительных доходов равна 9,9 % объема государственной поддержки, фактически выделенной в 2019 г. аграрным предприятиям трех основных производственных типов.

При имеющейся величине задолженности для достижения статической устойчивости аграрных организаций с развитием свиноводства, молочно-мясного скотоводства, а также предприятий, производящих зерно, требуется увеличение их чистой прибыли на 35,7 % по сравнению с уровнем 2019 г. На данный момент граница рентабельности производства для перехода на устойчивое развитие в среднем по предприятиям трех выделенных производственных типов составляет 14,2 %. Получение рентабельности производства, превышающей данную величину, позволит обеспечить устойчивое развитие.

В отличие от рекомендованных другими учеными границ рентабельности, рассчитываемой по прибыли от реализации, автором предложено использование для определения рентабельности конечного финансового результата по текущей, инвестиционной и финансовой деятельности. Это предложение автора обусловлено следующими обстоятельствами. Во-первых, необходимо учитывать специфику сельскохозяйственного производства, где на долю реализованной продукции приходится около 50 % от общего объема производства, а поэтому прибыль от реализации не в состоянии покрыть все производственные издержки организации. Во-вторых, необходимо учитывать особенности современного состояния расчетов организаций, когда, помимо прибыли от реализации в частности и прибыли от текущей деятельности предприятий в целом, на конечный финансовый результат существенное влияние оказывает финансовый результат от иных видов деятельности – инвестиционной и финансовой.

Отличительной особенностью предложенной автором методики определения границы устойчивости является расчет такой величины конечного финансового результата, которая обеспечивает нулевой дифференциал финансового рычага, а следовательно, нейтрализует финансовый риск предприятия при использовании заемных средств и не позволяет сокращать чистые активы предприятия в последующем периоде для расчета по обязательствам.

Предполагается, что предприятия должны получать равную величину дополнительных доходов на 1 га сельскохозяйственных земель, что обеспечит равенство исходных условий для организаций с учетом ограниченности данного важнейшего производственного ресурса.

Проведенные нами расчеты свидетельствуют о целесообразности повышения текущего уровня доходов белорусских аграрных предприятий. Таким образом, на базе данных ГИВЦ Минсельхозпрода Республики Беларусь для организаций с развитием свиноводства, молочно-мясного скотоводства и производства зерна с учетом степени их устойчивости нами был определен необходимый размер дополнительных доходов для получения неотрицательного конечного финансового результата по текущей, инвестиционной и финансовой деятельности и обеспечения динамической устойчивости большинства аграрных предприятий трех основных производственных типов.

#### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Бушуева, М. А. Оценка экономической устойчивости торговых организаций с использованием анализа функциональных составляющих и матрицы областей экономической устойчивости / М. А. Бушуева, Н. Н. Масюк, Е. С. Скарга // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2017. – Т. 6. – № 3 (20). – С. 78–82.
2. Долматова, Л. Г. Моделирование устойчивой системы улучшения качества земельных ресурсов / Л. Г. Долматова, А. С. Чешев // Агропродовольственная политика России. – 2012. – № 2. – С. 77–80.
3. Лутовинов, П. П. Иной взгляд на оценку устойчивости предприятий металлургического комплекса / П. П. Лутовинов, Д. И. Козлов // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2014. – № 33 (270). – С. 39–46.
4. Манжинский, С. А. Распространенность и эффективность применения концепции устойчивого развития на предприятиях Республики Беларусь / С. А. Манжинский, Е. М. Горова // Труды БГТУ. – 2015. – № 7. – С. 242–245.
5. Мокеев, В. В. Анализ эк. устойчивости динамической системы на основе метода собственных состояний / В. В. Мокеев, Е. В. Бунова, Н. А. Крепак // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2014. – Том 14. – № 4. – С. 116–125.
6. Пищулина, Е. С. Моделирование процесса управления факторами, определяющими экономическую устойчивость, в современных условиях развития экономики / Е. С. Пищулина, Т. А. Худякова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2017. – Т. 11. – № 2. – С. 129–134.
7. Рукин, Б. П. Управление экономически устойчивым развитием организаций и корпоративных объединений: теория, методология, практика: автореф. дис. ... докт. экон. наук: 08.00.05. – Воронеж: ГОУ ВПО «Воронежская государственная технологическая академия», 2007. – 47 с.
8. Чернова, Е. С. Построение эконометрической модели устойчивого развития региона (на примере Кемеровской области) / Е. С. Чернова // Региональная экономика: теория и практика. – 2012. – № 21 (252). – С. 60–64.

## СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ФОРМ ЗАНЯТОСТИ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ США

О. А. ПАШКЕВИЧ

РНУП «Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси»,  
г. Минск, Республика Беларусь, 220108, e-mail: volha.pashkevich@yahoo.se

(Поступила в редакцию 11.01.2021)

*В статье рассмотрены процессы становления и развития форм занятости трудовых ресурсов в сельском хозяйстве США. Особо подчеркнута роль аграрного сектора в развитии экономики страны, создании «зеленых» рабочих мест на основе ресурсосберегающих технологий, акцентировано внимание на развитии семейных ферм как основной формы занятости трудовых ресурсов и важнейшего сельскохозяйственного производителя продукции. На основе исторического среза нормативно-правовой базы установлены особенности становления фермерского движения в США, проанализированы предпосылки и условия его развития в настоящее время, изучена общая концепция создания и функционирования семейных ферм. В ходе исследования проведен анализ динамики числа сельскохозяйственных ферм, размера их землепользования, осуществлена классификация ферм в соответствии с важнейшим показателем эффективности деятельности – размером среднегодового дохода от реализации сельскохозяйственной продукции. На основе этого сделан вывод о тенденции укрупнения хозяйств с целью повышения их конкурентоспособности, рентабельности и доходности. При этом отмечается важность сегмента мелких семейных ферм в развитии аграрного бизнеса в США. В рамках исследования установлена важная роль участия государства в поддержке молодых фермеров, которая направлена на улучшение демографических характеристик занятых в сельском хозяйстве, стимулирование деловой инициативы в аграрном бизнесе, поддержания устойчивости его развития. Наряду с занятостью трудовых ресурсов в сельском хозяйстве отмечается тенденция занятости «вне фермы», то есть вовлечение фермеров в несельскохозяйственные виды деятельности с целью диверсификации источников доходов и повышения уровня благосостояния их семей. В заключении сделаны основные выводы и обобщения.*

**Ключевые слова:** занятость, сельское хозяйство, трудовые ресурсы, семейная ферма, организационная форма, оператор фермы.

*The article examines the processes of formation and development of forms of employment of labor resources in agriculture in the United States. The role of agricultural sector in the development of the country's economy, the creation of "green" jobs based on resource-saving technologies was especially emphasized, attention was focused on the development of family farms as the main form of employment of labor resources and the most important agricultural producer of products. On the basis of a historical cut of the regulatory framework, the features of formation of the farming movement in the United States were established, the prerequisites and conditions for its development at the present time are analyzed, the general concept of creation and functioning of family farms has been studied. In the course of study, the analysis of dynamics of the number of agricultural farms, the size of their land use was carried out, the classification of farms was carried out in accordance with the most important indicator of activity efficiency – the size of the average annual income from the sale of agricultural products. On the basis of this, a conclusion was made about the tendency for the enlargement of farms in order to increase their competitiveness, profitability and income. At the same time, the importance of segment of small family farms in the development of agricultural business in the United States is noted. Within the framework of study, the important role of state participation in supporting young farmers was established, which is aimed at improving the demographic characteristics of those employed in agriculture, stimulating business initiative in the agricultural business, and maintaining the sustainability of its development. Along with the employment of labor resources in agriculture, there is a tendency for "off-farm" employment, that is, the involvement of farmers in non-agricultural activities in order to diversify sources of income and improve the welfare of their families. In the end, the main conclusions and generalizations are made.*

**Key words:** employment, agriculture, labor resources, family farm, organizational form, farm operator.

### Введение

Развитие научно-технического прогресса обуславливает постоянную модернизацию форм занятости аграрных работников, механизмов мотивации и стимулирования их труда. Данная тенденция характерна не только для одной конкретной страны, но для мирового сообщества.

Изучение процессов становления и развития форм занятости трудовых ресурсов на примере зарубежных стран представляет собой важную часть комплексных научных исследований проблем занятости как в теоретическом, так и прикладном плане. В этой связи анализ зарубежного опыта в части организации труда работников сельского хозяйства с учетом нормативно-правовых, производственных, управленческих аспектов представляется целесообразным для использования результатов при формировании концепции эффективного аграрного бизнеса на национальном уровне.

### Основная часть

Сельское хозяйство, создавая продовольствие и сырье для пищевой промышленности, является одной из важных составных частей АПК экономики США. Аграрный сектор страны в животноводстве специализируется на производстве продукции выращивания КРС, молока, свиноводства, птицеводства, овцеводства, в растениеводстве – на выращивании кукурузы, хлопка, овощей и фруктов,

орехов, риса, сои, масличных культур и ряда других. Сельское, рыбное и лесное хозяйство в совокупности занимает около 1 % в структуре занятости населения.

Производство продуктов питания и переработка натурального сырья являются наиболее динамично функционирующими сферами занятости в экономике США. Аграрное образование и научное обеспечение в этом секторе входят в число наиболее популярных образовательных программ наряду со здравоохранением, информационными технологиями, производственным сектором и транспортом [1–6, 8–10].

Актуальность занятости в аграрном секторе обусловлена важностью инициативы по созданию зеленых рабочих мест. Зеленая экономика – перспективное направление в формировании аграрной и экономической науки в последние годы [2]. Эксперты считают, что экономика является зависимым компонентом окружающей среды, в рамках которой она существует. Концепция зеленой экономики реализуется через экологические мероприятия и охрану окружающей среды, развитие органического земледелия. В соответствии с данной концепцией формируется и новое направление рынка аграрного труда США: создание зеленых рабочих мест со специализацией – производство высококачественной продукции на основе ресурсосберегающих технологий.

Форма организации занятости трудовых ресурсов в сельском хозяйстве – фермерские хозяйства. Они представлены преимущественно семейными фермами.

Исследования показывают, что за историю своего становления и функционирования американское фермерство достигло высокого технико-технологического уровня. Кроме того, за время своего существования многие фермы дифференцировались структурно и организационно.

Импульс к развитию фермерского сельского хозяйства в США дало принятие в 1862 г. Закона «О хомстедах» [16]. В соответствии с данным нормативно-правовым актом, каждый гражданин страны при уплате небольшого сбора имел возможность получить земельный участок для освоения. При условии проживания, обработки земельных угодий, строительства дома в течение 5 лет законом было разрешено оформление участка в собственность. В первоначальном виде семейная ферма в США представляла собой участок земли в 65 га, на котором фермер производил различные виды сельскохозяйственной продукции для собственного потребления, и частично для продажи. При этом глава фермерского хозяйства единолично принимал управленческие решения по специализации производства, объемам и каналам реализации продукции.

По определению службы экономических исследований Министерства сельского хозяйства США, семейная ферма – это хозяйство, которое производит и реализовывает (или может продать) сельскохозяйственную продукцию на сумму 1 тыс. долл. и более в течение одного года [12]. Концептуальная основа семейной фермы состоит в том, что владение, управление и контроль осуществляет семья – один человек или группа лиц, имеющих семейные связи. В американской статистике применяется термин «оператор фермы». Это работник, который принимает оперативные управленческие решения и по правовому положению может выступать владельцем, арендатором, наемным менеджером, партнером.

Так, согласно сельскохозяйственной переписи, которая проводится в стране с 1840 г., в 1950 г. в стране насчитывалось 5,4 млн ферм [13]. В настоящее время аграрный сектор США насчитывает чуть более 2 млн ферм. Большинство американских сельскохозяйственных ферм (98 %) – это семейные фермы. Примерами несемейных ферм являются партнерские отношения не связанных собственностью партнеров, тесно связанных собственностью несемейных корпораций, ферм с наемным персоналом, и относительно небольшая численность публичных корпораций.

Так, анализ показывает, что число ферм в Соединенных Штатах в 2018 г. составляет 2029200 ед. В сравнении с 2017 г. число ферм сократилось на 12800 ед. Общая площадь земельных угодий насчитывала в 2018 г. 899,5 млн акров (1 акр=0,405 га), которая сократилась на 870000 акров в сравнении с 2017 г. Средний размер фермы по данным 2018 г. составляет 443 акра (порядка 180 га) (табл. 1).

Таблица 1. Число ферм, размер их землепользования в США, 2012–2018 гг.

Год	Показатели		
	Число ферм, ед.	Площадь земель, тыс. акров	Средний размер фермы, акров
2012	2109810	914600	433
2014	2082440	908920	436
2016	2055340	902680	439
2018	2029200	899500	443

Примечание. Таблица составлена по данным источника [13].

В табл. 2. представлена классификация и основные характеристики форм ведения агробизнеса в США. В основу классификации положен размер полученного среднего годового дохода от реализации продукции.

Таблица 2. Классификация сельскохозяйственных ферм в США

Характеристика	Средний годовой доход от реализации продукции, USD	Численность ферм, ед.		Изменение 2018 г. к 2015 г., ед.	Доля в структуре всех ферм, %		Изменение 2018 г. к 2015 г., п.п.
		2015 г.	2018 г.		2015 г.	2018 г.	
Малые семейные фермы	Менее 350000	1846955	1812428	-34527	89,7	89,7	0
владелец фермы – пенсионер	Незначительный объём сельскохозяйственной деятельности	346489	250289	-96200	16,8	12,4	-4,4
владелец фермы занят не сельскохозяйственной деятельностью	Незначительный объём сельскохозяйственной деятельности	868523	819208	-49315	42,2	40,5	-1,7
мелкие	менее 150000	521350	640223	118873	25,3	31,7	6,4
малые	150000–349999	110593	102708	-7885	5,4	5,1	-0,3
Средние семейные фермы	350000–999999	126331	111486	-14845	6,1	5,5	-0,6
Крупные семейные фермы	1000000 и более	58742	55454	-3288	2,9	2,7	-0,2
крупные	1000000–4999999	53268	50034	-3234	2,6	2,4	-0,2
крупнейшие	более 5000000	5474	5420	-54	0,3	0,3	0
Несемейные фермы	Любая ферма, где менеджеры и работники не владеют бизнесом	26973	41550	14577	1,3	2,1	0,8

Примечание. Таблица составлена по данным источника [13].

Исследования показали, что организационные формы ведения аграрного бизнеса в США имеют тенденцию к укрупнению, однако сегмент мелких семейных ферм остается существенным. Малые фермы менее рентабельны, чем крупные и члены семьи имеют дополнительное занятие и доход от несельскохозяйственной деятельности (табл. 3).

Таблица 3. Структура ферм и их земельная площадь в зависимости от дохода фермы, 2015–2018 гг.

Доход фермы, долл. США	2015 г.			2018 г.		
	Число ферм, %	Земельная площадь, %	Средний размер фермы, акров	Число ферм, %	Земельная площадь, %	Средний размер фермы, акров
1000–9999	50,1	9,6	85	51,0	9,4	81
10000–99999	30,1	21,0	307	30,5	20,8	302
100000–249999	7,0	14,3	901	6,7	14,8	987
250000–499999	4,7	13,8	1285	4,4	14,3	1450
500000–999999	4,0	17,1	1882	3,6	15,4	1925
1000000 и более	4,0	24,1	2662	3,9	25,3	2897
Итого	100,0	100,0	441	100,0	100,0	443

Примечание. Таблица составлена по данным источника [13].

Средние и крупные фермы (доход которых составляет более 350 тыс. долл. США), как правило, имеют высокий уровень рентабельности. Это является свидетельством экономических преимуществ эффекта масштаба производства. Мелкие фермы в условиях жестокой конкуренции постепенно превращаются в обычные домохозяйства. Некоторые из них диверсифицируют свою деятельность, например, за счет выращивания экологически чистой продукции. Обеспечение же собственных потребностей в продовольствии и создании преимуществ на мировом рынке продовольствия осуществляется за счет деятельности крупных семейных ферм (рис. 1).

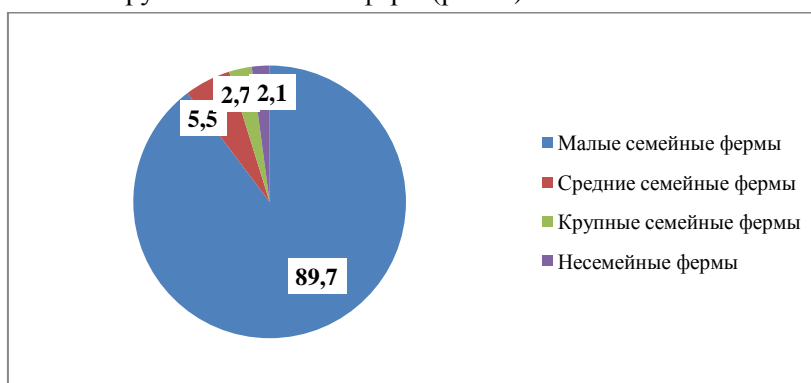


Рис. 1 а. Структура ферм в США по размеру дохода в 2018, %

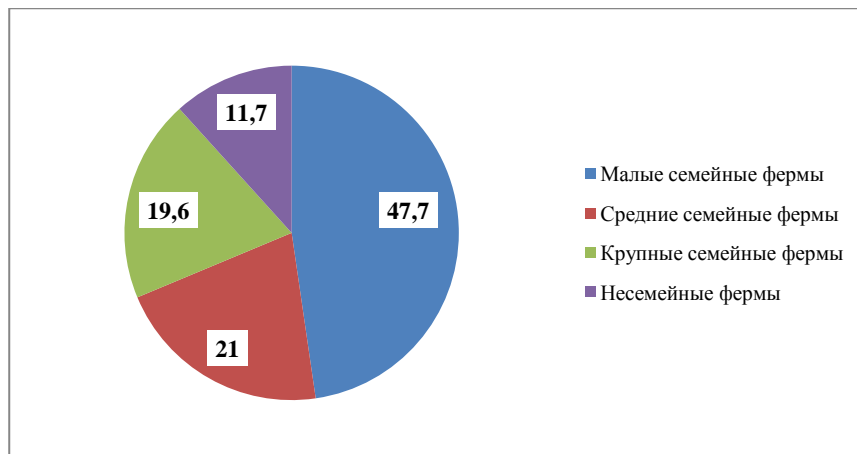


Рис. 1 б. Структура ферм в США по размеру землепользования в 2018, %

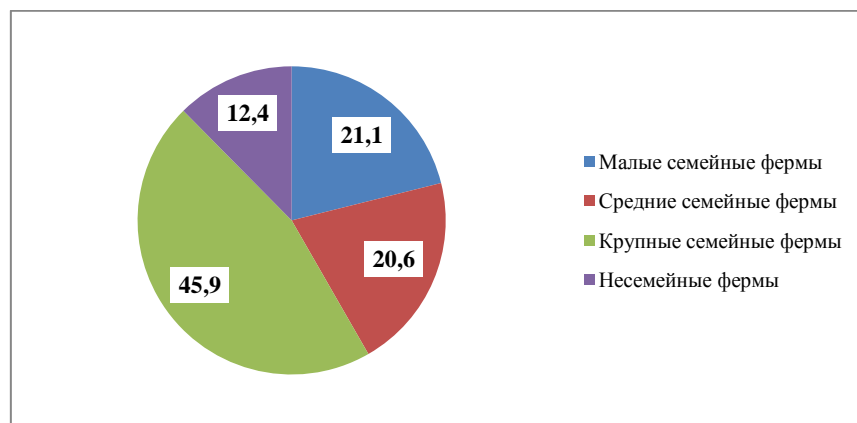


Рис. 1 в. Структура ферм в США по размеру валовой продукции в 2018, %

Наряду с этим, 3,9 % сельскохозяйственных ферм являются фермами-миллионерами (million-dollar farms) с ежегодным объемом реализации продукции на 1 млн долл. и более. Они производят до 50 % всего объема аграрной продукции. Они специализируются на производстве следующих видов продукции: высокостоймые продукты (овощи, фрукты, орехи), молочная продукция, продукция птицеводства, производство говядины и свинины.

Деятельность ферм, которые производят, но не реализуют свою продукцию, также охвачена Национальной статистикой. К ним относятся единичные, точечные фермы (point farm) – это хозяйства, которые в отчетном году не достигли минимального объема продаж в размере 1 тыс. долл. Потенциальные объемы реализации в них рассчитываются на основании данных по площади земельных угодий под определенными сельскохозяйственными культурами, а также размеру поголовья животных и птицы. По данным сельскохозяйственной переписи 2017 г. к таковым относились 471593 фермы или 23,1 % их общего числа. В большинстве это фермы с ограниченными ресурсами, функционирующие по типу «хозяйства как образ жизни».

Анализ возрастной структуры работников ферм показывает тенденцию увеличения среднего возраста фермеров (табл. 4).

Таблица 4. Распределение работников по возрасту в экономике и сельском хозяйстве США, 2011–2018 гг.

Показатели	Годы		
	2011	2015	2018
Средний возраст работников в экономике, лет	42,1	42,3	42,2
в т.ч. доля работников в возрасте до 35 лет, %	34,2	34,6	35,0
Сельское, лесное, рыбное хозяйства и охота	47,1	46,9	48,1
в т.ч. доля работников в возрасте до 35 лет, %	29,4	28,7	27,7
растениеводство	45,6	46,3	48,4
в т.ч. доля работников в возрасте до 35 лет, %	31,5	29,7	26,4
животноводство	49,8	49,0	49,4
в т.ч. доля работников в возрасте до 35 лет, %	27,2	27,9	27,4

Примечание. Таблица составлена по данным источника [13, 15].

В этой связи в 2014 г. принят Закон «О сельском хозяйстве», в котором расширены и усовершен-

ствованы программы поддержки начинающих и молодых фермеров [7, 11]. К числу таковых относятся: предоставление займов начинающим фермерам, на рациональное использование природных ресурсов, гарантированных займов на приобретение хозяйства или земельного участка, на возмещение стоимости перевозок для фермеров с невыгодным географическим положением и ряд других.

Кроме того, Управление обслуживания фермеров Министерства сельского хозяйства США предоставляет финансовые займы для сельской молодежи для разработки и реализации проектов, которые связаны с сельским хозяйством. Непременным условием их получения является участие в организации «4-Н» (head, heart, hands and health – ум, сердце, руки и здоровье) и «Будущие фермеры Америки», которые помогают молодежи реализовать свой потенциал в сельскохозяйственном секторе и агробизнесе [15, 17]. В стране функционирует профессиональная программа «Будущие фермеры Америки», основанная в 1928 г. [14]. Эта инициатива ставит основной целью развитие и совершенствование навыков лидерства у молодежи, стремящейся сделать карьеру в области сельского хозяйства и агробизнеса.

Исследование процесса занятости и трудовой деятельности показывает, что многие владельцы фермерских хозяйств и члены их семей совмещают работу на ферме и вне ее, с целью получения дополнительного дохода и других преимуществ для домашнего хозяйства. Анализ показывает, что по данным 2018 г. 45 % основных операторов работают за пределами фермы. Более 41 % семейных ферм США относятся к типу занятости «вне фермы». Владелец фермы занят несельскохозяйственной деятельностью, то есть заявляет свое основное занятие несельскохозяйственным.

Статус занятости «вне фермы» свойственен и другим типам хозяйств. Основные операторы так называемых пенсионных хозяйств, небольших фермерских хозяйств (с мелким и малым уровнем продаж) и средних фермерских хозяйств также работают вне фермы – их удельный вес составляет 17–20 %. Основные операторы крупных семейных ферм менее ориентированы на работу вне фермы, чем операторы небольших и средних семейных ферм. Только 11 % основных операторов крупных ферм и 3 % работающих на крупнейших фермах также имеют занятость за их пределами.

Изучение правового статуса показывает, что большинство семейных ферм (около 90 %) функционируют как единоличные владения, принадлежащие одному человеку или семье. На их долю приходится почти 61 % произведенной продукции. Единоличное владение является наиболее распространенной формой юридической организации: 92 % малых семейных фермерских хозяйств и 74 % средних фермерских хозяйств функционируют в форме индивидуальных предпринимателей.

Относительно небольшое количество ферм – 1 % организованы как корпорации С – корпорация с отдельным налогообложением. На их долю приходится 10 % стоимости произведенной сельскохозяйственной продукции.

Около 98 % семейных фермерских хозяйств организованы как сквозные организации (индивидуальные предприниматели, товарищества или корпорации S – корпорация с совместным налогообложением). Такие сквозные предприятия производят 88,5 % объемов производства сельскохозяйственной продукции.

### **Заключение**

Проведенные исследования позволили сделать основные выводы и обобщения.

Сельское хозяйство в США является гарантом социальной и экономической стабильности общества, благополучия нации. В этой связи семейные фермы в стране могут выступать участниками ряда программ поддержки, отдельные из них ориентированы на поддержку использования фермы в качестве места жительства и преемственность фермерских поколений.

Форма занятости в сельском хозяйстве страны – фермерское хозяйство, которое признано не только производителем аграрной продукции и субъектом агробизнеса, но важным элементом сельского социума.

Крупные фермерские хозяйства, фермы-миллионеры производят и реализовывают наибольшую часть высококачественной и дорогой продукции растениеводства и животноводства. Рост количества таких ферм продолжается, что имеет бесспорные конкурентоспособные преимущества за счет эффекта масштаба.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Овчинников, О. Г. Государственное регулирование аграрного сектора США: дисс. ...докт. эк. наук: 08.00.14 / О. Г. Овчинников, Российская академия наук, Институт США и Канады. – М., 2000. – 379 с.

2. Пашкевич, О. А. Инициатива по созданию зеленых рабочих мест в США / О. А. Пашкевич // «III Американские студии»: сб. докладов Междунар. науч. конф. (22 дек. 2014 г., г. Симферополь): научное интернет-издание / Сост. Д. В. Дорофеев. – Симферополь, 2014. – С. 51–59.



3. Пашкевич, О. А. Подготовка аграрных кадров в США: новые тенденции и перспективы / О. А. Пашкевич // Актуальные проблемы инновационного развития агропромышленного комплекса Беларуси: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. (г. Горки, 22–24 мая 2014 г.). – Горки: БГСХА, 2014. – С. 121–124.
4. Пашкевич, О. А. Роль посредников на рынке труда США / О. А. Пашкевич, Т. Ч. Титуленко // Сборник докладов международной конференции «США: история, общество, культура» (5 апреля 2013 г.): научное интернет-издание / кафедра новой и новейшей истории, Таврический национальный университет имени В.И. Вернадского. – Симферополь, 2013. – С. 22–26.
5. Пашкевич, О. А. Роль продовольственных банков в реализации социальных программ США / О. А. Пашкевич // XIX-е Никоновские чтения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Теоретико-методологические проблемы измерения, прогнозирования и управления продовольственной безопасностью России» (Москва, 25 сентября 2014 г.). – М.: ВИАПИ им. А. А. Никонова: «Энциклопедия российских деревень», 2014. – С. 358–360.
6. Пашкевич, О. А. Формирование рынка аграрного труда (на примере США) / О. А. Пашкевич // Устойчивое развитие сельского хозяйства Беларуси в новых условиях (материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. 20 сентября 2012 г.) / под ред. В. Г. Гусакова. – Минск: Инс-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2013. – С. 128–131.
7. Программы Управления обслуживания фермеров [Электронный ресурс] // Министерство сельского хозяйства США, Управление обслуживания фермеров. – Режим доступа: [https://www.fsa.usda.gov/Assets/USDA-FSA-Pulic/usdafiles/Outreach/pdfs/Translated\\_Fact\\_Sheets/FSA%20Programs%20Fact%20Sheet\\_RU.pdf](https://www.fsa.usda.gov/Assets/USDA-FSA-Pulic/usdafiles/Outreach/pdfs/Translated_Fact_Sheets/FSA%20Programs%20Fact%20Sheet_RU.pdf). – Дата доступа: 25.05.2020.
8. Современные тенденции развития сельского хозяйства США // Экономика и управление в зарубежных странах. – 2016. – № 7. – С. 29–41.
9. Черняков, Б. А. Американское фермерство: XXI век / Б. А. Черняков. – М: Художественная литература, 2002. – 400 с.
10. Черняков, Б. А. Конкурентоспособность аграрного сектора США: полезный опыт для России / Б. Черняков // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 6. – С. 6–12.
11. Agricultural Act of 2014 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/BILLS-113hr2642enr/pdf/BILLS-113hr2642enr.pdf>. – Date of access: 25.05.2020.
12. Census Agriculture 2017 United States [Electronic resource] // United States department of Agriculture. – Mode of access: [https://www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2017/Full\\_Report/Volume\\_1,\\_Chapter\\_1\\_US/usv1.pdf](https://www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2017/Full_Report/Volume_1,_Chapter_1_US/usv1.pdf). – Date of access: 25.05.2020.
13. Farms and Land in Farms 2019 Summary [Electronic resource] // United States Department of Agriculture, National Agricultural Statistics Service. – Mode of access: <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/5712m6524/k0698r168/2b88qx13z/fnlo0220.pdf>. – Date of access: 25.05.2020.
14. Future Farmers of America [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.ffa.org/about/>. – Date of access: 25.05.2020.
15. Labor Force Statistics from the Current Population Survey [Electronic resource] // U.S. Bureau of Labor Statistics – Mode of access: [https://www.bls.gov/cps/cps\\_aa2018.htm](https://www.bls.gov/cps/cps_aa2018.htm). – Date of access: 25.05.2020.
16. The Homestead Act of 1862 [Electronic resource] // National Archives. – Mode of access: <https://www.archives.gov/education/lessons/homestead-act>. – Date of access: 25.05.2020.
17. Youth Loans [Electronic resource] // United States Department of Agriculture, Farm Service Agency. – Mode of access: <https://www.fsa.usda.gov/programs-and-services/farm-loan-programs/youth-loans/index>. – Date of access: 25.05.2020.

## АНАЛИЗ ФАКТОРОВ УСТОЙЧИВОСТИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В АГРАРНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. Н. МИНИНА

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: nnatalie@tyt.by

(Поступила в редакцию 13.01.2021)

Автором статьи была изучена динамика урожайности основных сельскохозяйственных культур в аграрных организациях Могилевской области за последние 35 лет. Линии трендов выстраивались с помощью пакета прикладных программ статистической обработки данных SPSS Statistics. Выявленные тенденции изменения урожайности свидетельствуют о наличии циклов и тренда в ее изменении. Были выбраны аддитивные модели, которые, в отличие от мультипликативных моделей, не приводят к увеличению колеблемости, а следовательно, к снижению устойчивости, в динамике. В отличие от применяемых различными учеными в настоящее время линейных моделей и полиномов различных степеней формирования урожайности сельскохозяйственных культур, автором использованы смешанные модели, включающие циклический компонент, который отражает тригонометрическая функция.

Включенный в модели фактор времени объясняет вариацию урожайности сельскохозяйственных культур на 70,0 % (урожайности льноволокна) – 99,7 % (урожайности овощей открытого грунта), что свидетельствует о высоком качестве полученных моделей.

Анализ полученных регрессионных моделей формирования урожайности основных сельскохозяйственных культур свидетельствует о наличии определенной цикличности и асинхронности колебаний. Это вызывает необходимость разработки мероприятий, направленных на повышение устойчивости формирования урожая сельскохозяйственных культур в частности и отрасли растениеводства в целом.

Знание количественных оценок устойчивости урожайности кормовых и зерновых культур позволит обеспечить объективность при планировании посевных площадей, страховых запасов кормов и применении севооборотов в сельскохозяйственных организациях.

Высокое качество и устойчивость полученных моделей свидетельствуют о возможности применения их для оценки устойчивости и прогнозирования конечного результата деятельности сельскохозяйственных организаций Могилевской области.

**Ключевые слова:** устойчивость производства, урожайность сельскохозяйственных культур, цикличность динамики, регрессионная модель, эффективность.

The author of the article studied the dynamics of yield of the main agricultural crops in agricultural organizations of Mogilev region over the past 35 years. Trend lines were built using the SPSS Statistics software package for statistical data processing. The revealed trends in the yield change indicate the presence of cycles and a trend in its change. We chose additive models, which, in contrast to multiplicative models, do not lead to an increase in fluctuations, and, consequently, to a decrease in stability, in dynamics. In contrast to the linear models and polynomials of various degrees of formation of crop yields currently used by various scientists, the author used mixed models that include a cyclic component, which reflects the trigonometric function.

The time factor included in the model explains the variation in the yield of agricultural crops by 70,0 % (yield of flax fiber) – 99.7 % (yield of open ground vegetables), which indicates the high quality of obtained models.

The analysis of obtained regression models for the formation of yield of the main agricultural crops indicates the presence of a certain cyclical and asynchronous fluctuations. This necessitates the development of measures aimed at increasing the sustainability of formation of agricultural crops in particular and the crop production industry in general.

Knowledge of quantitative assessments of sustainability of the yield of forage and grain crops will ensure objectivity in the planning of sown areas, reserve feed stocks and the use of crop rotations in agricultural organizations.

The high quality and stability of the obtained models indicate the possibility of their application to assess the stability and predict the final result of activities of agricultural organizations in Mogilev region.

**Key words:** sustainability of production, crop yield, cyclical dynamics, regression model, efficiency

### Введение

Устойчивость сельского хозяйства зависит от устойчивости растениеводства и животноводства. На численность поголовья животных и их продуктивность оказывает влияние обеспеченность животных кормами, которые поставляет растениеводство. Низкая устойчивость кормовой базы оказывает негативное влияние на динамику производства продукции животноводства, хотя животноводство и обладает большей устойчивостью, чем кормопроизводство. Снижение урожайности кормовых культур в отдельные периоды времени не обязательно сопровождается снижением объемов производства животноводческой продукции благодаря взаимной заменяемости кормов, стабилизирующей роли страховых запасов, многоотраслевой структуре животноводства. Вместе с тем колебания объемов производства кормов нарушают нормальные условия воспроизводства в животноводстве, сдерживают рост уровня продуктивности скота. С другой стороны, развитие животноводства предоставляет растениеводству органические удобрения, обеспечивая его нормальное функционирование.

Устойчивость отрасли растениеводства сельскохозяйственных предприятий предполагает наличие способности минимизировать влияние погодных и иных колебаний на снабжение продовольствием населения страны.

Устойчивость производства основных видов продукции в пределах определенного региона можно оценивать по результатам статистического анализа синхронности или асинхронности колебаний их производства в условиях различий климатических характеристик во времени и пространстве.

В динамике урожайности выделяют два основных компонента: первый прослеживается в общей тенденции меняющегося уровня хозяйственной урожайности (он считается трендом), второй – в меж-годовых флуктуациях на фоне тренда, которые обусловлены внешними, преимущественно погодными, факторами).

Каждая культура индивидуальна по срокам посева и, соответственно, по требованиям к климатическим условиям вегетации.

В настоящее время не разработана методика количественной меры изменения метеорологических условий местности. Это не позволяет объективно оценить возможность сельскохозяйственных организаций данного региона формировать соответствующие технологии и организацию производства. Мы полагаем, что изменения погодных условий можно измерять через исследование динамики урожайности сельскохозяйственных культур.

Цель исследования – разработать регрессионные модели формирования урожайности основных сельскохозяйственных культур, позволяющие осуществлять оценку устойчивости и прогнозирование конечного результата деятельности сельскохозяйственных организаций Могилевской области.

В современных исследованиях отечественных и зарубежных ученых используются различные модели формирования урожайности основных сельскохозяйственных культур [1; 2; 3; 4; 5]. Используются линейные модели и полиномы различных степеней. Однако данные модели в недостаточной мере учитывают циклический характер изменений урожайности сельскохозяйственных культур. В связи с этим нами были использованы смешанные модели, включающие циклический компонент, который отражает тригонометрическая функция. Были выбраны аддитивные модели, которые, в отличие от мультипликативных моделей, не приводят к увеличению колеблемости а следовательно, к снижению устойчивости, в динамике. Для выявления долговременных тенденций применялись методы простого экспоненциального сглаживания и экспоненциального сглаживания Холта с корректировкой тренда.

#### **Основная часть**

Применялись общенаучные и частные методы и приемы исследования, корреляционно-регрессионный анализ. Использовались информация из статистических сборников и данные ГИВЦ Национального статистического комитета Республики Беларусь.

В результате проведенных нами расчетов по данным сельскохозяйственных организаций Могилевской области за последние 35 лет были получены следующие регрессионные модели формирования урожайности основных сельскохозяйственных культур.

$$Уз = 17,404 \cdot e^{0,019 \cdot t} + 5,229 \cdot \cos(0,316 \cdot t - 2,078), R^2 = 0,903, F = 306,9, \quad (1)$$

где Уз – урожайность зерновых и зернобобовых культур в целом, ц/га;  $t$  – номер периода (здесь и далее);

$$Ук = 109,769 \cdot e^{0,022 \cdot t} + 43,909 \cdot \cos(-0,258 \cdot t + 0,598), R^2 = 0,835, F = 167,4, \quad (2)$$

где Ук – урожайность картофеля, ц/га;

$$Уо = 214,720 - 5,327 \cdot t + 0,108 \cdot t^2 + 0,001 \cdot t^3 + 7,089 \cdot \cos(-0,345 \cdot t + 3,626), R^2 = 0,997, F = 11378,6, \quad (3)$$

где Уо – урожайность овощей открытого грунта, ц/га;

$$Ур = 4,540 \cdot e^{0,037 \cdot t} - 3,774 \cdot \cos(0,319 \cdot t - 5,249), R^2 = 0,939, F = 292,9, \quad (4)$$

где Ур – урожайность рапса на семена, ц/га;

$$Улв = 4,213 \cdot e^{0,024 \cdot t} + 1,088 \cdot \cos(-0,275 \cdot t + 1,925), R^2 = 0,700, F = 76,8, \quad (5)$$

где Улв – выход льноволокна, ц/га;

$$Усс = 114,081 + 7,312 \cdot t + 18,933 \cdot \cos(-0,477 \cdot t + 11,820), R^2 = 0,909, F = 258,2, \quad (6)$$

где Усс – урожайность сахарной свеклы, ц/га;

$$Уккорн = 254,936 + 1,694 \cdot t + 16,191 \cdot \cos(0,445 \cdot t - 11,820), R^2 = 0,878, F = 137,1, \quad (7)$$

где Уккорн – урожайность кормовых корнеплодов, ц/га;

$$У_{\text{кукзм}} = 43,799 + 7,550 \cdot t + 37,557 \cdot \cos(-0,442 \cdot t + 11,833), R^2 = 0,861, F = 118,2, \quad (8)$$

где  $У_{\text{кукзм}}$  – урожайность кукурузы на зеленую массу, ц/га;

$$У_{\text{однтрзм}} = 41,579 + 2,840 \cdot t + 21,769 \cdot \cos(-0,315 \cdot t + 8,362), R^2 = 0,908, F = 186,7, \quad (9)$$

где  $У_{\text{однтрзм}}$  – урожайность однолетних трав на зеленую массу, ц/га;

$$У_{\text{мнтрзм}} = 95,518 + 3,892 \cdot t + 53,238 \cdot \cos(-0,358 \cdot t + 9,365), R^2 = 0,893, F = 158,2, \quad (10)$$

где  $У_{\text{мнтрзм}}$  – урожайность многолетних трав на зеленую массу, ц/га;

$$У_{\text{гр}} = 4,867 \cdot e^{0,025 \cdot t} - 0,776 \cdot \cos(-0,197 \cdot t - 0,966), R^2 = 0,926, F = 412,9, \quad (11)$$

где  $У_{\text{гр}}$  – урожайность гречихи, ц/га;

$$У_{\text{ов}} = 11,296 \cdot t^{0,293} + 5,439 \cdot \cos(-0,285 \cdot t + 7,456), R^2 = 0,701, F = 77,3, \quad (12)$$

где  $У_{\text{ов}}$  – урожайность овса, ц/га;

$$У_{\text{пш}} = 12,657 \cdot t^{0,267} + 6,127 \cdot \cos(-0,264 \cdot t + 7,106), R^2 = 0,763, F = 106,1, \quad (13)$$

где  $У_{\text{пш}}$  – урожайность пшеницы, ц/га;

$$У_{\text{ячм}} = 13,428 \cdot t^{0,243} + 6,816 \cdot \cos(-0,274 \cdot t + 7,239), R^2 = 0,749, F = 98,6, \quad (14)$$

где  $У_{\text{ячм}}$  – урожайность ячменя, ц/га;

$$У_{\text{ккзер}} = 12,920 + 1,198 \cdot t + 3,823 \cdot \cos(-0,394 \cdot t + 10,150), R^2 = 0,956, F = 415,9, \quad (15)$$

где  $У_{\text{ккзер}}$  – урожайность кукурузы на зерно, ц/га;

$$У_{\text{зб}} = 4,227 \cdot t^{0,555} + 5,193 \cdot \cos(-0,299 \cdot t + 7,721), R^2 = 0,858, F = 198,7, \quad (16)$$

где  $У_{\text{зб}}$  – урожайность зернобобовых культур, ц/га.

Линии трендов выстраивались с помощью пакета прикладных программ статистической обработки данных SPSS Statistics с использованием метода оценивания Левенберга-Марквардта [3; 6; 7]. Метод основан на идее доверительного региона и применяется при решении задачи наименьших квадратов. Алгоритм Левенберга-Марквардта предназначен для оптимизации параметров нелинейных регрессионных моделей. В качестве критерия оптимизации используется среднеквадратичная ошибка модели на обучающей выборке. Алгоритм заключается в последовательном приближении заданных начальных значений параметров к искомому локальному оптимуму. Отличительной особенностью метода является высокая скорость сходимости в окрестности точки минимума (т. е. получение значимого результата за минимальное количество итераций).

Выбор уравнения регрессии для трендов осуществлялся с учетом коэффициента детерминации  $R^2$ , критерия Фишера  $F$ ,  $t$ -критериев Стьюдента [3; 8].

В указанных регрессионных моделях рассчитанные значения  $t$ -критерия Стьюдента превышают их критические значения при уровне значимости 0,05, что свидетельствует о статистической значимости коэффициентов регрессии. Значения коэффициента детерминации  $R^2$  показывают, что включенный в модели фактор времени объясняет вариацию урожайности сельскохозяйственных культур на 70,0 % (урожайности льноволокна) – 99,7 % (урожайности овощей открытого грунта), что свидетельствует о высоком качестве полученных моделей. Поскольку расчетные значения критерия Фишера  $F$  значительно больше табличных, корреляционные модели являются устойчивыми при выбранном уровне значимости.

### Заключение

Анализ полученных регрессионных моделей формирования урожайности основных сельскохозяйственных культур свидетельствует о наличии определенной цикличности и асинхронности колебаний. Это вызывает необходимость разработки мероприятий, направленных на повышение устойчивости формирования урожая сельскохозяйственных культур в частности и отрасли растениеводства в целом.

Так, для снижения влияния биологических факторов риска, обуславливающих неустойчивость урожайности к погодным условиям, болезням и вредителям, необходимо внедрять новые высокопродуктивные и устойчивые сорта. В то же время регулируемость сортности сельскохозяйственной культуры ограничивается перечнем сортов, адаптированных для данной территории, и финансовыми возможностями организации.

Основой для эффективного использования средств защиты растений, удобрений, высокопродуктивных сортов, техники является плодородие почв. В связи с этим риски производства продукции растениеводства связаны с риском деградации качественного состояния сельскохозяйственных зе-

мель. Повышение плодородия обеспечивается внесением требуемого количества минеральных и органических удобрений, применением севооборотов и агротехническими мероприятиями.

Случайный характер колеблемости метеорологических условий определяет особую роль погодного фактора при анализе рисков сельскохозяйственного производства. Чем выше в динамике уровень колеблемости погодных условий (среднемесячной температуры и месячной суммы осадков) в период вегетации культур, тем выше риск производства растениеводческой продукции. Случайный характер влияния метеорологических условий на условия и результаты аграрного производства в заданной климатической зоне или стране отличает данный фактор от климатического.

Метеорологические условия оказывают влияние на особенности технологических процессов конкретного года, конечные результаты производства, конъюнктуру цен, надежность работы технических средств. Применяемый производителями сельскохозяйственной продукции комплекс агротехнических мероприятий позволяет частично компенсировать неблагоприятные погодные условия, низкое качество почв, уменьшить риск снижения урожайности. В то же время отклонение от оптимальных сроков агротехнических мероприятий, невыполнение установленных приемов возделывания культур, отсутствие увязки аграрных мероприятий с научно обоснованным чередованием культур и структурой их размещения, приводят к снижению плодородия почвы и увеличивают риск производства растениеводческой продукции.

Состояние материально-технической базы и ее своевременная модернизация определяют возможность выполнения необходимого комплекса агротехнических мероприятий в установленные сроки и является одним из ключевых факторов производства растениеводческой продукции и ее конкурентоспособности. Для улучшения состояния материально-технической базы необходимо приобретать новую сельскохозяйственную технику, проводить интенсивную техническую модернизацию.

Знание количественных оценок устойчивости урожайности кормовых и зерновых культур позволит обеспечить объективность при планировании посевных площадей, страховых запасов кормов и применении севооборотов в сельскохозяйственных организациях.

Высокое качество и устойчивость полученных моделей свидетельствуют о возможности применения их для оценки устойчивости и прогнозирования конечного результата деятельности сельскохозяйственных организаций Могилевской области.

#### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Афанасьев, В. Н. Статистическое обеспечение проблемы устойчивости сельскохозяйственного производства: автореф. дис. ... д. э. н. 08.00.11 – Статистика / В. Н. Афанасьев; Санкт - Петербургский государственный аграрный университет. – СПб.; 1996. – 48 с.
2. Елисеева, И. И. Общая теория статистики: учебник / И. И. Елисеева, М. М. Юзбашев; Под ред. чл.-корр. РАН И. И. Елисеевой. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 480 с.
3. Живицкая, Е. П. Статистический анализ и обработка данных с применением SPSS: практикум / Е. П. Живицкая, А. Г. Сыса. – Минск: ИВЦ Минфина, 2018. – 54 с.
4. Сидоренко, О. В. Экономическое обоснование зонального размещения производства зерновых культур в зависимости от природно-климатических условий региона / О. В. Сидоренко // Вестник аграрной науки. – 2018. – № 1 (70). – С. 81–87.
5. Чепурко, М. Д. Устойчивость производства кормов в Причерноморье / М. Д. Чепурко // Культура народов Причерноморья. – 1998. – № 5. – С. 455–458.
6. Алгоритм Левенберга-Марквардта // Теория и практика / Искусственные нейронные сети [Электронный ресурс]. – Портал знаний об искусственном интеллекте, 2013–2020. – Режим доступа: <https://neuronus.com/theory/nn/244-algorithm-levenberga-markvardta.html>. – Дата доступа: 13.12.2020.
7. Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ с помощью программного комплекса SPSS (Статистический пакет для исследования общественных явлений)» по дисциплине «Информационные системы в управлении социально-трудовой сферой» для студентов специальности 060200 «Экономика труда» очной и заочной формы обучения; Сост.: Т. В. Плетнева, Д. Г. Максимов. – Ижевск: ИЭиУ УдГУ, 2011. – 46 с.
8. Эконометрика и экономико-математические методы и модели: учеб.-метод. пособие для студентов экономических специальностей заочной формы обучения / И. М. Борковская [и др.]. – Минск: БГТУ, 2018. – 129 с.

**БЕНЧМАРКИНГ АМЕРИКАНСКОЙ И АЗИАТСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ  
РАЗВИТИЕМ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА В АПК****Т. А. ТЕТЕРИНЕЦ***УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г Минск, Республика Беларусь, 220023, e-mail: talad79@mail.ru**(Поступила в редакцию 15.01.2021)*

*В статье проведен анализ зарубежного опыта управления развитием человеческого капитала в аграрной сфере ведущих стран на основе технологии бенчмаркинга. Обоснована необходимость применения такого подхода, как наиболее действенного инструмента изучения эффективной практики менеджмента человеческого капитала в развитых странах. Подчеркнута значимость человеческих ресурсов в обеспечении устойчивого развития агропромышленного комплекса и определена степень влияния человеческого потенциала на развитие аграрного сектора. Рассмотрена передовая практика менеджмента человеческого капитала в разрезе таких стран, как США, Япония и Китай. Выявлены отличительные особенности, преимущества и недостатки, применяемого ими, механизма управления человеческим капиталом в сельскохозяйственной отрасли. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о необходимости модернизации сферы образования, как ведущего элемента системы менеджмента человеческим капиталом в аграрном секторе. Опыт ведущих стран подтверждает действенность подхода lifelong learning, нацеленного на постоянное обновление и расширенное воспроизводства человеческого капитала в АПК. Отмечается значимость мотивационных инструментов как продуктивной практики сохранения кадрового потенциала аграрной отрасли. Анализ научных трудов отечественных и зарубежных авторов по данной теме свидетельствует о необходимости интеграции научно-образовательного и производственного секторов аграрной сферы с целью трансформации подходов управления человеческим капиталом, ориентированных на его инновационное развитие. Изучение отечественных и зарубежных источников, последних исследований в этой области позволило отметить значимость кластерного подхода управления человеческим капиталом в АПК развитых стран, в которых отмечается высокий уровень кооперации образования, науки и аграрного бизнеса. Методический инструмент бенчмаркинга позволил определить передовые практики менеджмента человеческого капитала и возможность их применения в Республике Беларусь. На основании этого были разработаны предложения по повышению эффективности управления отечественным аграрным капиталом.*

**Ключевые слова:** *человеческий капитал, управление, развитие, аграрная сфера, зарубежный опыт.*

*The article analyzes foreign experience in managing the development of human capital in the agricultural sector of the leading countries based on benchmarking technology. The necessity of using such an approach as the most effective tool for studying the effective practice of human capital management in developed countries has been substantiated. The importance of human resources in ensuring sustainable development of the agro-industrial complex is emphasized and the degree of influence of human potential on the development of agricultural sector is determined. We have considered the best practices of human capital management in the context of countries such as the United States, Japan and China. The distinctive features, advantages and disadvantages of the mechanism of human capital management in the agricultural sector are revealed. The results of the study indicate the need to modernize education sector as a leading element of human capital management system in the agricultural sector. The experience of leading countries confirms the effectiveness of lifelong learning approach, aimed at constant renewal and expanded reproduction of human capital in the agro-industrial complex. The importance of motivational tools as a productive practice of maintaining the personnel potential of the agricultural industry is noted. An analysis of the scientific works of domestic and foreign authors on this topic indicates the need to integrate scientific, educational and industrial sectors of the agricultural sector in order to transform the approaches to human capital management focused on its innovative development. The study of domestic and foreign sources, the latest research in this area made it possible to note the importance of cluster approach to human capital management in the agro-industrial complex of developed countries, in which there is a high level of cooperation between education, science and agricultural business. The methodological benchmarking toolkit made it possible to determine the best practices of human capital management and the possibility of their application in the Republic of Belarus. Based on this, proposals were developed to improve the efficiency of management of domestic agricultural capital.*

**Key words:** *human capital, management, development, agrarian sector, foreign experience.*

**Введение**

Современные концепции управления человеческим капиталом сочетают в себе новейшие технологии и процессы, методы и способы, системы и механизмы его формирования, сохранения и накопления. Многогранность и сложность данного объекта управления предопределяет необходимость изучения действующих практик и поиск новых решений, а также выявление характерных особенностей и тенденций развития человеческого капитала с целью конкретизации инструментов управленческого воздействия. Повышение результативности аграрного сектора, в первую очередь, обусловлено эффективностью системы управления [1, с.7]. Бенчмаркинг – это современный метод менеджмента, который позволяет сравнивать собственные результаты с практикой наиболее успешных компаний или секторов экономики с целью их модернизации, повышения эффективности и конкурентоспособности. Это технология поиска, сравнительного анализа и освоения передового опыта наиболее успешных

объектов-аналогов, сравнение модели развития организаций с его эталонной моделью на отраслевом, межотраслевом, национальном и межнациональном уровнях.

### Основная часть

Реализация концепции бенчмаркинга позволяет не просто констатировать то или иное преимущество, а обеспечивать достижение заданных параметров развития посредством формирования стратегии с учетом прогрессивных достижений. Эталонные ориентиры должны учитывать перспективные цели, а объектом для исходного сопоставления должны быть показатели, коррелирующие с ключевыми факторами успеха в конкурентной борьбе. Бенчмаркинг предполагает следование определенным алгоритмам действий, осуществление последовательных шагов, которые приведут к желаемому результату. Несмотря на некоторые недостатки, присущие данному методу, обусловленные трудоемкостью и затратностью данного процесса, бенчмаркинг в современных условиях является одним из наиболее эффективных способов управления человеческим капиталом в аграрном секторе [2, с. 65].

В США продовольственная безопасность и сельское хозяйство выступают одним из приоритетных направлений государственного управления. В связи с чем американская аграрная политика нацелена на развитие и поддержание устойчивой инфраструктуры сельских территорий. Подтверждением этому являются качественные характеристики американского аграрного сектора: удельный вес сельского хозяйства в ВВП страны постоянно снижается и в настоящее время составляет менее 3 %; в отрасли занято менее 4 % трудовых ресурсов; 1 человек, занятый в сельскохозяйственном производстве, обеспечивает продуктами питания более 50 человек; выход продукции на одного занятого в аграрной сфере существенно превосходит развитые западноевропейские страны; экспорт сельскохозяйственной продукции составляет 15 % его валового производства. Нормативные правовые акты, регламентирующие деятельность аграрного сектора (*FarmBill*) постоянно пересматриваются и обновляются в соответствии с направлениями общей экономической политики государства [3, с. 168].

Агропромышленный комплекс США отличается завершенностью цикла, т. е. успешно сформирован и функционален, подобно кластеру. Необходимо отметить социальный аспект развития сельского хозяйства в США основанный на общности экономических интересов сельских жителей. В связи с чем человеческий капитал в американской системе аграрного производства является одним из приоритетных факторов и конкурентных преимуществ функционирования отрасли. В целом механизм управления человеческим капиталом в аграрной сфере США характеризуется следующими отличительными признаками:

- ~ сбалансированностью спроса и предложения на аграрном рынке труда, основанной на развитой конкуренции как со стороны продавцов, так и покупателей человеческого капитала;
- ~ отлаженностью механизма трансфера знаний, технологий, инноваций;
- ~ интегрированностью научно-исследовательских и опытно-конструкторских организаций в общую систему агропромышленного производства;
- ~ высоким уровнем теоретической и практической подготовки специалистов аграрного профиля, обусловленной практико-ориентированностью системы образования на различных уровнях;
- ~ кооперацией делового, научного, культурного взаимодействия в разрезе сельских территорий территории, а также на национальном и межнациональных уровнях [4, с. 20].

Американская модель управления аграрным человеческим капиталом характеризуется наличием тесной взаимосвязи между сельским населением, учеными и специалистами аграрного профиля, представителей государственного и местного управления, а также обучающихся различных ступеней получения образования. Университеты и колледжи американских штатов сельскохозяйственной направленности выполняют функции информационно-консультационных центров (*Extension*), закрепленных на определенной территории, и являются связующим звеном в системе трансфера знаний, инноваций и технологий не только сельхозпроизводителям, но и населению [5, с. 121].

В разрезе сельских территорий агропромышленный комплекс США представляет собой региональную мезоструктуру, основанную на сложном механизме координации его участников. Подобное кооперативное объединение образуется в форме ассоциаций посредством кооперации малых и крупных аграрных предприятий, местных органов управления, представителей фермерства. Деятельность подобных кооперативов нацелена на решение вопросов, связанных с изменениями взаимоотношений между субъектами аграрного рынка. Основной функцией сельскохозяйственных ассоциаций является формирование конкурентных преимуществ аграрных предприятий посредством доступа последних к квалифицированным трудовым ресурсам, устойчивости процесса обновления человеческого капитала, расширения возможностей внедрения новых технологий и обеспечения доступности финансового капитала [6]. Их компетенции охватывают обширный спектр деятельности:



~ обеспечение непрерывной коммуникации участников ассоциации посредством предоставления актуальной информации об изменении цен на сельскохозяйственную продукцию, тенденциях развития региональной экономики, востребованности товаров и услуг, конъюнктуры рынков труда, капитала и т. д.;

~ осуществление информационной поддержки реализации совместных проектов, помощь в поиске партнеров и формировании идеи, обеспечение технической сервис поддержки с целью стимулирования взаимодействия между участниками ассоциации;

~ реализация образовательной концепции *lifelong learning*, основанной на непрерывности обучения в течение всей жизни, посредством глубокой интеграции системы образования, переобучения и повышения квалификации в агропромышленный комплекс региона;

~ протезирование интересов сельскохозяйственных организаций при освоении внешних рынков сбыта посредством усиления кооперационных связей с иностранными компаниями, обеспечение непрерывного обмена опытом, повсеместное использование бенчмаркинга, франчайзинга и аутсорсинга человеческого капитала;

~ активизация взаимодействия с сельскохозяйственными и общественными организациями, научными и инновационными центрами, фермерскими и личными хозяйствами с целью привлечения в ассоциацию новых членов, обновления человеческого капитала, формирования общности интересов, развития брендинга территорий.

В противовес американской модели, в мировой практике сформировалась японская концепция управления человеческим капиталом. Несмотря на общие ценности и приоритеты, сложившиеся подходы менеджмента человеческих ресурсов в Азиатских странах существенно отличаются от американских. Акцентируя внимание на управлении человеческим капиталом в аграрном секторе Японии, следует отметить его характерные особенности, связанные с недостаточно высоким уровнем продовольственной безопасности. Согласно официальным статистическим данным, удельный вес импорта продовольствия составляет 30 % в стоимостной оценке и 60 % по уровню калорийности. Аграрный сектор является неотъемлемой частью японской экономики, однако его удельный вес в структуре ВВП составляет около 1 %, количество занятого в нем населения чуть больше 0,5 %. Несмотря на достаточно устойчивую динамику сохранения численности японского населения и высокую продолжительность жизни, в стране отмечаются относительно высокие темпы его старения: за последние 20 лет доля трудоспособного населения снизилась до 60 % [7]. Сложившиеся обстоятельства, наряду с недостаточностью собственного природно-ресурсного потенциала, актуализируют проблему обеспеченности трудовыми ресурсами посредством совершенствования системы управления человеческим капиталом, которая характеризуется следующими отличительными особенностями:

~ гарантированная занятость с целью сохранения стабильности трудовых ресурсов и снижения уровня текучести кадров на основе системы пожизненного найма. Такой подход в его классической форме наиболее распространен в государственных учреждениях и крупных компаниях. Относительно аграрного сектора, в большей степени представленного средними и мелкими организациями, он выступает эталоном для подражания и применяется только к отдельной части работников. В настоящее время аграрные предприятия изменили вектор найма сотрудников, переориентировав его на увеличение доли наемных работников. Такой подход обусловлен существенной разницей в уровне оплаты труда, а также размером социального страхования [8, с. 132];

~ коллективная ориентация, сущность которой проявляется в групповом распределении ответственности и итоговых результатов деятельности организации. На практике такая мера реализуется посредством использования широкого набора социально-психологических инструментов, включая проведение совместных мероприятий, продвижение брендинга сельскохозяйственных организаций, коллективное обучение и т. д.;

~ «рингисе» как система принятия управленческих решений, основанная на максимальном вовлечении сотрудников в решение проблемы и ее обсуждение. Следствием такого подхода является повышение уровня информированности работников, усиление степени обмена информацией, активизация трансфера знаний и инноваций;

~ ротация кадров посредством упорядоченного перемещения работников в различные структурные подразделения, что позволяет существенно повысить квалификацию и расширить перечень компетенций, адаптируемость к различным условиям труда, развивать гибкость и творческий подход при выполнении служебных обязанностей, масштабировать практический опыт в различных сферах сельскохозяйственного производства;

~ кружки качества, как неотъемлемый элемент практикоориентированного использования человеческого капитала. Наряду со всеобщим проникновением в производственную деятельность системы переобучения и повышения квалификации, последние выступают одним из элементов трансфера знаний, опыта и инноваций;

~ кадровая политика японских организаций аграрного сектора основана на постоянстве системы переобучения и повышения квалификации работников предприятий. В среднем квалифицированный японский сотрудник расходует на эти цели в 6 раз больше времени, чем американский. Налаженный механизм переподготовки и постоянного обучения затрагивает все категории работников независимо от занимаемой должности и уровня образования;

~ оплата труда и политика в области заработной платы основаны на действующей концепции долгосрочной занятости. Суммарный доход аграрных специалистов componeется из следующих составляющих: тарифный оклад, доплаты и социальные выплаты. Первый компонент включает постоянную и переменную части, которые в совокупности формируют от 40 до 50 % итогового заработка. Изменяющаяся часть тарифного оклада представляет собой надбавку за стаж, траектория изменения которой напоминает кривую жизненного цикла человеческого капитала: ее размер увеличивается примерно до 50–55 летнего возраста, а затем постепенно снижается. Вторая часть зарплаты представлена различными доплатами за сверхурочную работу, особые и напряженные условия труда, периодичность которых составляет 2 раза в год, что соответствует аграрному циклу. Величина доплат устанавливается в процентах и зависит от эффективности деятельности организации, а не результативности труда работника. Размер выплат на социальные нужды и социальное положение обусловлен инструментарием внутрифирменного менеджмента и никоим образом не регулируется государством [9, с. 115];

~ система образования в Японии выступает основой формирования человеческого капитала и тесным образом связана с кадровой политикой аграрных предприятий, что обусловлено ее проникновением в действующую структуру постоянного переобучения и повышения квалификации. Следует отметить, высокую практикоориентированность системы образования, что обусловлено тесной взаимосвязью образовательных учреждений и агропромышленных компаний. Несмотря на то, что профессиональная подготовка регламентируется государством, степень влияния производственных предприятий на содержательность и ориентированность учебного процесса достаточно велика. Последние принимают активное участие в разработке типовых учебных программ, оказывают непосредственное содействие прохождению производственной практики, способствуют улучшению материально-технической базы учреждений образования;

~ система здравоохранения является одной из наиболее прогрессивных и нацелена на устойчивое воспроизводство человеческого капитала, подтверждением чего является продолжительность жизни японцев. Ее отличительной особенностью выступает обязательное медицинское страхование, предоставляемое как постоянным, так и временным жителям страны Восходящего Солнца. Наибольшая часть затрат финансируется предприятиями как государственной формы собственности, так и частной. Японские граждане затрачивают на покрытие медицинских услуг не более 4 % своего совокупного дохода. Следует отметить ярко выраженную социальную дифференциацию системы медицинского страхования: работникам трудоспособного возраста, имеющим постоянный доход, страховка покрывает в среднем 70 % затрат на медицинское обслуживание. Если же житель Японии входит в состав наиболее уязвимых групп населения (пенсионеры, инвалиды), размер медицинской страховки финансирует до 90 % расходов [10, с. 627].

Активное развитие стран Азии, увеличение их экономического потенциала во многом обусловлено сложившейся системой подготовки кадров. Существенной особенностью институциональной модели управления человеческим капиталом в этих странах является «донорский» подход к формированию человеческого потенциала, обусловленный заимствованием знаний, опыта, кадров и инноваций у стран Западной и Восточной Европы, Северной Америки. Наиболее ярким представителем такой политики является Китай. Несмотря на то, что физическая масса человеческого капитала в Китае, обусловленная численностью населения, является одной из наиболее емких, его качественный состав остается сравнительно низким. Это подтверждается невысоким удельным весом управленческих кадров, соотношение которых не коррелирует с региональными пропорциями аграрных секторов. Правительство Китая проводит активную политику в области развития аграрного человеческого капитала, ориентированную на инновационные подходы управления этим процессом и механизм закрепления кадров. Результатом такого подхода явился существенный рост образовательного уровня сельских жителей: в настоящее время доля неграмотного населения снизилась с 20 до 5 % [11, с. 93].

Система управления человеческого капитала основана на достаточно устойчивых и стабильных мотивационных механизмах, что подтверждается увеличением доли студентов, приехавших обратно, и реализовавших свой экономический потенциал в родной стране. Активное поглощение и внедрение в практическую деятельность импортных разработок способствовало устойчивому развитию сектора *R&D*, т. е. приращению человеческого капитала.

Одним из основных направлений развития аграрной политики Китая является рост доходов сельскохозяйственных производителей и развитие социальной инфраструктуры села. Приоритетной задачей этой страны остается решение проблем крестьянства, аграрного производства и сельских регионов. Управление аграрной экономикой и, вместе с ней, направлениями развития человеческого капитала, осуществляется посредством достаточно жесткого административно-экономического регулирования. Сельское хозяйство развивается на основании утвержденных пятилетних программ и ежегодных планов, устанавливаемых Госсоветом Китайской Народной Республики. Перечень преобразований, направленных на развитие сельского хозяйства, местными территориями и крестьянством, отражен в Документе № 1 и включает следующие основные задачи:

~ урегулирование процесса урбанизации, посредством ускорения миграции сельского населения в городское с целью улучшения доступа к образовательным и медицинским услугам, повышения уровня трудоустройства;

~ стимулирование увеличения фермерских доходов, снижения уровня бедности сельского населения посредством реструктуризации аграрного сектора и диверсификации направлений его деятельности с целью развития сельскохозяйственных и перерабатывающих подотраслей, обеспечивающих получение более высокой добавленной стоимости;

~ совершенствование механизмов государственной поддержки специализированных хозяйств, семейных ферм, крестьянских кооперативов на основе всеобщей системы государственных гарантий, аграрного страхования, продвижения аутсорсинга финансовых и юридических услуг с целью модернизации сельскохозяйственной сферы;

~ рационализация социальной и коммунальной инфраструктуры села на основе научно-технических инноваций, кластеризации учреждений аграрного образования и региональных научно-исследовательских центров, обеспечивающих формирование и накопление человеческого капитала [12, с. 99].

Таким образом, бенчмаркинг зарубежного опыта управления развитием человеческого капитала в аграрной сфере позволяет выделить наиболее эффективные подходы и определить основные направления совершенствования данного механизма, в числе которых можно отметить следующие:

~ кластеризация аграрного сектора, основанная на вертикально-интегрированной модели взаимодействия научных и образовательных учреждений, органов государственного управления, представителей мелкого, среднего и крупного аграрного бизнеса, социальной инфраструктуры села посредством формирования территориально-отраслевых ассоциаций с целью усиления взаимодействия участников аграрного рынка;

~ циркуляризация сотрудничества сельскохозяйственных предприятий и учреждений аграрного образования, направленная на обеспечение непрерывности системы обучения, адаптации образовательных стандартов к реалиям современного мира, повышение практикоориентированности полученных знаний и опыта. Возможным вариантом ее практической реализации выступает система взаимного обмена обучающимися для прохождения практики на предприятии и работниками организации, направляемыми на переобучение или повышение квалификации. Учитывая ограниченность материально-технической базы учреждений образования, предоставление сельхозорганизациями производственных площадок позволит существенно повысить практикоориентированность полученных знаний и обеспечить приращение человеческого капитала;

~ трансформация системы финансирования аграрной образовательной сферы посредством модификации источников инвестирования с привлечением капитала агропромышленных организаций. Обеспечение доступа представителей аграрного бизнес-сообщества к формированию учебных программ и планов, созданию востребованных специальностей, наполняемости образовательных дисциплин и направлений повышения квалификации будет способствовать усилению инвестиционной заинтересованности субъектов хозяйствования в приращении эффективного человеческого капитала;

~ совершенствование механизма трансфера человеческого капитала посредством создания региональных научно-консультативных аграрных центров, обеспечивающих устойчивость процесса передачи наиболее успешных практик, научных разработок, оказания консультационных услуг. Кроме

вышеперечисленного, подобные формирования могут выступать проводником в сферу международного сотрудничества, способствуя поиску партнеров, программ и направлений международной технической помощи, научного обмена и т.д.;

~ модернизация социальной инфраструктуры села на основе механизма государственно-частного партнерства как исходного направления развития аграрного человеческого капитала;

~ цифровизация сельского хозяйства с целью повышения доступности образовательных, консультационных услуг, информационного обеспечения всех участников аграрного сектора посредством формирования интегрированных интернет-платформ, единой базы данных субъектов аграрного рынка, актуальной статистической и аналитической информации с учетом территориально-отраслевой спецификации.

Реализация предложенных мероприятий будет способствовать приращению человеческого капитала в аграрном секторе, его своевременному обновлению и расширенному воспроизводству. Кластеризация и циркуляризация научно-производственного сотрудничества, направленная на капитализацию человеческого потенциала, позволит существенно повысить эффективность его использования и на этой основе обеспечить устойчивое развитие отечественного агропромышленного комплекса.

### **Заключение**

Опыт США свидетельствует о приоритетности развития аграрного сектора, существенное внимание в котором уделяется формированию и постоянному обновлению человеческого капитала посредством системы *lifelong learning*. Данный подход является одним из определяющих элементов механизма формирования человеческого капитала в аграрном секторе. В широком смысле представляет собой процесс постоянного и непрерывного увеличения общего и профессионального человеческого потенциала в соответствии с потребностями личности и общества. Необходимость данной концепции образования обусловлена прогрессивными изменениями в науке, технологиях и обществе. Внедрение кластерного механизма, основанного на вертикальной кооперации различных субъектов аграрного рынка, способствует росту производительности труда сельскохозяйственных организаций и фермерских хозяйств, повышению уровня их конкурентоспособности. Функционирование сельскохозяйственных ассоциаций способствует устойчивости аграрного сектора и его сбалансированного развития, основанного на инновационных преобразованиях, организации производства и управления человеческого капитала.

Японская модель управления человеческим капиталом основана на корпоративной философии, ядром которой выступает сотрудничество, гармония, коллективный вклад в развитие организации. Отличительными особенностями механизма управления человеческим потенциалом являются система пожизненного найма как элемент управления занятостью; ротация сотрудников и эффективное распределение полномочий как способ расширения навыков и компетенций; дифференцированная система оплаты труда, способствующая закреплению человеческого потенциала в аграрном секторе; непрерывность системы образования и ее тесная взаимосвязь с производственным сектором, выступающая инструментом повышения практикоориентированности обучения и профессиональной подготовки; повсеместная работа кружков качества как компонент механизма трансфера знаний, опыта и инноваций в аграрной сфере, содействующий приращению и капитализации человеческого потенциала.

Бенчмаркинг китайского опыта формирования и развития аграрного человеческого капитала свидетельствует о высокой степени партнерства аграрного сектора и научно-производственной сферы, приоритетности инвестиционного обеспечения социальной инфраструктуры сельских регионов, необходимости внедрения инноваций в сельское хозяйство страны. Эффективность кредитных и снабженческо-сбытовых сельских кооперативов, государственно-частное сотрудничество в научно-образовательной среде, активное развитие агротуризма, традиционных ремесел и промыслов, переработка дикорастущего сырья, а также целевая экспансия инвестиционной политики КНР в агропромышленное производство иностранных государств формируют устойчивую платформу прогрессивного развития человеческого потенциала и создают условия его капитализации в аграрной сфере.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Пашкевич, О. А. Новое качество трудового потенциала аграрной отрасли: предпосылки формирования / О. А. Пашкевич, В. О. Лёвкина // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020.– №1.– С. 5–10.

2. Тетеринец, Т. А., Бенчмаркинг как форма управления сельскохозяйственными организациями / Т. А. Тетеринец // Збірник тез доповідей VII Міжнародної наукової конференції «Актуальні питання забезпечення стійкого розвитку національного господарства», (24–25 листопада 2017 р.), Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського: Кременчук: Пресс-Лайн. – 2017.– С. 64–66.

3. Володина, Н. С. Зарубежный опыт управления персоналом / Н. С. Володина // Вестник науки. – 2019.– Т.5.– № 6 (15). – С. 166–170.
4. Яшин, А. С. Практика управления персоналом в России и США / А. С. Яшин // Кадровая служба и управление персоналом предприятия. – 2016. – №2. – С. 20–21.
5. Королькова, А. П. Формирование научно-образовательных кластеров в АПК / А. П. Королькова // материалы Международной научно-практической конференции «Аграрная политика союзного государства: опыт, проблемы, перспективы (в рамках V Форума регионов Беларуси и России)», (6–7 сентября 2018 г.); редкол.: П. А. Саскевич [и др.]– Горки: БГСХА, 2018. – С. 120–124.
6. Армстронг, М. Практика управления человеческими ресурсами / М. Армстронг. – СПб.: Питер. – 2018.– 1040 с.
7. Статистический ежегодник МАФФ // Министерство сельского хозяйства, лесных угодий и рыбного промысла Японии (MAFF) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.maff.go.jp/e/index.html>. – Дата обращения: 09.11.2020.
8. Лебедева, И. П. Идеология пожизненного найма и её влияние на современное японское общество / И. П. Лебедева // Ежегодник «Япония». – 2018.– Т. 47.– С. 126–148.
9. Рахимова, Д. Н. Принципы управления персоналом в Японии / Д. Н. Рахимов, Н. Касимова // Потенциал современной науки. – 2016. – № 4 (21). – С. 111–117.
10. Kasaeva, T. V., Kiseleva, N. N., Rud, N. Y. Human capital contribution into innovation progress // Word Experience Life Science Journal. – 2014. – Т. 11. – № 11. – С. 626–629.
11. Зарубежные модели формирования человеческого капитала аграрной сферы и их использование / А. Л. Пустуев [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2017. – № 04 (158). – С. 92–96.
12. Черкасова, О. В. Аграрная политика Китая: современное состояние и тенденции развития / О. В. Черкасова // Экономика сельского хозяйства России. – 2017. – № 6.– С. 98–102.

**ДЕЛОВАЯ АКТИВНОСТЬ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ  
В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ (РЕГИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТ)****С. В. БАЛЫКИН**

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: balykin@mail.ru

(Поступила в редакцию 15.01.2021)

*В статье рассматриваются экономические и законодательные аспекты деятельности индивидуальных предпринимателей в Республике Беларусь в разрезе регионов, проанализирована социальная и экономическая роль индивидуальных предпринимателей в области формирования бюджета и обеспечения занятости, выполнен анализ нормативно-правовых актов Республики Беларусь, а также данных Национального статистического комитета Республики Беларусь и сведений Министерства по налогам и сборам Республики Беларусь. Дан подробный теоретический обзор современных представлений об экономической категории «предпринимательство». Приведены определения предпринимательства, предпринимательской деятельности и ее целей с правовых позиций, а также мнения авторитетных ученых-экономистов, таких как, доктор экономических наук Александр Лученок, английский профессор Алан Хоскинг и др. Подтверждена роль предпринимательства, как двигателя рыночной экономики. Проанализирована динамика налоговых поступлений индивидуальных предпринимателей по областям Республики Беларусь и г. Минску. Сделана оценка социального эффекта роста деловой активности предпринимательства на основе показателя изменения численности работников в региональном разрезе. Проведенный анализ в свою очередь послужил базой проведения сравнения вклада предпринимателей в формирование валового внутреннего продукта, что сделано в областном разрезе и столичного предпринимательства. В результате проведенного качественного и количественного экономического анализа выявлена прямая связь между ростом деловой активности и упрощением административных процедур. При этом наблюдается рост бюджетной эффективности за счет увеличения налоговых поступлений, увеличение занятости и самозанятости, вклада предпринимателей в формирование валового внутреннего продукта. Статья может быть полезна экономистам-теоретикам и практикам.*

**Ключевые слова:** предпринимательство, Республика Беларусь, индивидуальные предприниматели, налоги, занятость.

*The article examines the economic and legislative aspects of activities of individual entrepreneurs in the Republic of Belarus in the context of regions, analyzes the social and economic role of individual entrepreneurs in the field of budgeting and employment, analyzes the regulatory legal acts of the Republic of Belarus, as well as data from the National Statistical Committee of the Republic of Belarus and information of the Ministry of Taxes and Duties of the Republic of Belarus. A detailed theoretical review of modern ideas about the economic category of "entrepreneurship" is given. The definitions of entrepreneurship, entrepreneurial activity and its goals from a legal standpoint, as well as the opinions of authoritative economists, such as Doctor of Economics Alexander Luchенок, English professor Alan Hosking, and others are given. The role of entrepreneurship as an engine of the market economy is confirmed. The dynamics of tax revenues of individual entrepreneurs in the regions of the Republic of Belarus and the city of Minsk is analyzed. The assessment of social effect of the growth of business activity of entrepreneurship is made on the basis of indicator of changes in the number of employees in the regional context. The analysis, in turn, served as a basis for comparing the contribution of entrepreneurs to the formation of gross domestic product, which was done in the regional context and in the capital's business. As a result of the conducted qualitative and quantitative economic analysis, a direct link was revealed between the growth of business activity and the simplification of administrative procedures. At the same time, there is an increase in budgetary efficiency due to an increase in tax revenues, an increase in employment and self-employment, and the contribution of entrepreneurs to the formation of gross domestic product. The article can be useful to economists-theoreticians and practitioners.*

**Key words:** entrepreneurship, the Republic of Belarus, individual entrepreneurs, taxes, employment.

**Введение**

Переход экономики к рыночным отношениям неизбежно связан со становлением и развитием предпринимательства. Так что, говоря об экономике вообще и о рыночной экономике в частности, неизбежно приходится концентрировать внимание на предпринимательстве как неотъемлемой составной части экономической деятельности. Частное предпринимательство есть форма осуществления экономической активности от имени предприятия (если оно зарегистрировано в качестве такового) или индивидуального предпринимателя [1, с. 31].

Поворот к формированию социально-ориентированной рыночной экономики дал простор предпринимательству. Необходимо исходить из того, что предпринимательство является главной движущей силой рыночной экономики, а его всемерное развитие, использование присущей ему инициативы станут одним из ведущих факторов будущего экономического подъема.

В данной статье рассмотрена одна из возможных форм предпринимательства – индивидуальное предпринимательство, поскольку именно эта форма наиболее подходит для организации самого малого бизнеса, прежде всего в регионах Беларуси.

Цель статьи – оценка деловой активности индивидуального предпринимательства Республики Беларусь в региональном разрезе и преломлении через динамику показателей экономического и социального эффекта.

Основными источниками информации являлись информационные материалы, статистические данные и нормативные правовые акты Республики Беларусь, отечественные и зарубежные литератур-

ные источники, такие авторы, как доктор экономических наук Александр Лученок, английский профессор Алан Хоскинг и др. Что же такое по сути «предпринимательство»? В русском языке слово «предпринимательство» употребляется в двух общих значениях: характеризуя определенный вид деятельности и обозначая определенную общественную группу, занимающуюся этой деятельностью.

На сегодняшний день в мире не существует общепринятого определения предпринимательства. Легальное определение предпринимательской деятельности содержится в ч.2 п.1 ст. 1 Гражданского кодекса Республики Беларусь. Предпринимательская деятельность – это самостоятельная деятельность юридических и физических лиц, осуществляемая ими в гражданском обороте от своего имени, на свой риск и под свою имущественную ответственность и направленная на систематическое получение прибыли от пользования имуществом, продажи вещей, произведенных, переработанных или приобретенных указанными лицами для продажи, а также от выполнения работ или оказания услуг, если эти работы или услуги предназначаются для реализации другим лицам и не используются для собственного потребления [2, с. 40].

Целью предпринимательской активности является извлечение прибыли от производства и реализации товаров, оказания услуг и от других, не запрещенных видов деятельности. Доктор экономических наук А. Лученок отметил, что «только прибыль позволяет предпринимателю обеспечивать существование его предприятия, идти на коммерческий риск, обеспечивать удовлетворение личных потребностей, платить налоги и тем самым содействовать удовлетворению потребностей общества» [3, с.130].

В Республике Беларусь наибольшее количество субъектов хозяйствования составляют индивидуальные предприниматели. Как отмечается в литературе, зарегистрироваться в качестве индивидуального предпринимателя – наиболее простой способ начать собственное дело [4, с.25]. Именно поэтому эту возможность чаще всего используют мелкие предприниматели. Гражданский кодекс Республики Беларусь устанавливает, что граждане вправе заниматься предпринимательской деятельностью без образования юридического лица с момента государственной регистрации в качестве индивидуального предпринимателя (п.1 ст. 22 ГК РБ) [2, с.51].

Английский профессор Алан Хоскинг утверждает: «Индивидуальным предпринимателем является лицо, которое ведет дело за свой счет, лично занимается управлением бизнесом и несет личную ответственность за обеспечение необходимыми средствами, самостоятельно принимает решения. Его вознаграждением является полученная в результате предпринимательской деятельности прибыль и чувство удовлетворения, которое он испытывает от занятия свободным предпринимательством. Но наряду с этим он должен принять на себя весь риск потерь в случае банкротства» [5, с. 28].

В странах рыночной экономики индивидуальные предприниматели составляют подавляющую долю среди всех форм организации предпринимательства, хотя их доля в обороте не столь значима. Единоличное предпринимательство – самая простая форма предпринимательства. Тем не менее, распространенность ее обусловлена не только простотой организации и оформления, но и в силу ряда имеющихся у нее преимуществ, – сильной мотивацией, оперативностью и гибкостью.

Например, в США еще в прошлом веке индивидуальные предприниматели составляли более 70 % всех субъектов хозяйствования [6, 291 с.]. В Республике Беларусь на 1 января 2019 года число индивидуальных предпринимателей составило 243,2 тыс., что более чем в два раза превышает число коммерческих организаций [7, 35 с.]. Отметим, что такое соотношение существует уже на протяжении длительного времени.

Итак, предпринимательство есть некая деятельность, вид деятельности. Предпринимательство – это особый вид экономической активности (под которой мы понимаем целесообразную деятельность, направленную на извлечение прибыли), которая основана на самостоятельной инициативе, ответственности и инновационной предпринимательской идее.

#### **Основная часть**

В процессе исследований применялись монографический и абстрактно-логический методы, а также методы сравнительного анализа и экспертных оценок.

По данным Министерства по налогам и сборам Республики Беларусь, на 1 января 2020 года число индивидуальных предпринимателей составило 257,0 тыс., а на 1 сентября 2020 – 266,8 тыс. [8]. По данным Единого государственного регистра юридических лиц и индивидуальных предпринимателей за первый квартал 2020 года в Республике Беларусь было зарегистрировано 12942 субъекта хозяйствования из них 2995 юридических лиц и 9947 индивидуальных предпринимателей. При этом в отношении 7499 субъектов хозяйствования (2250 юридических лиц и 5249 индивидуальных предпринимателей) в Единый государственный регистр юридических лиц и индивидуальных предпринимателей внесена запись о начале процедуры ликвидации (прекращения деятельности) [9]. Таким образом очевидно, что индивидуальные предприниматели не только составляют самую большую группу субъектов хозяйствования, но и их число растет опережающими темпами.



Отметим, что, будучи самой многочисленной группой субъектов хозяйствования, индивидуальные предприниматели вносят самый малый вклад в наполнение бюджета, даже по сравнению с другими субъектами малого предпринимательства. По данным Министерства по налогам и сборам Республики Беларусь, удельный вес поступлений в бюджет субъектов малого предпринимательства Республики Беларусь составил за 2019 год 26,3 %, за январь – август 2020 г – 29,2 %. Если же взять собственно индивидуальных предпринимателей, то их вклад в наполнение бюджета составил за 2019 год 2,2 %, за январь – февраль 2020 г. – 2,4 % [8].

Тем самым подтверждается, что форму индивидуального предпринимателя выбирают наиболее мелкие субъекты хозяйствования и с наименьшим оборотом и капиталом. Кроме того подтверждается, что индивидуальные предприниматели в наименьшей степени выполняют фискальную функцию.

Однако, нами уже отмечалось, что основная функция малого бизнеса, скорее, – социальная. Она заключается в создании рабочих мест, прежде всего, для самих малых предпринимателей и членов их семей. И если человек, ничего не получая от государства, решает свои проблемы самостоятельно, да еще и создает некую услугу или поставяет на рынок товар, то он, безусловно, полезен для общества [10].

Если проанализировать региональный аспект распределения индивидуальных предпринимателей на основании данных Министерства по налогам и сборам, приведенных в табл. 1, то можно заметить, что большинство индивидуальных предпринимателей сосредоточено в Минске и Минской области, наименьшее количество индивидуальных предпринимателей находится в Витебской и Могилевской областях, при этом наибольший удельный вес в наполнении региональных бюджетов имеют индивидуальные предприниматели Могилевской и Брестской областей.

Таблица 1. Распределение налоговых поступлений индивидуальных предпринимателей по областям Республики Беларусь и г. Минску

	Количество, единиц		Поступление платежей в бюджет, млн. рублей		Уд. вес в поступлениях региона	
	на 1.01.2020	на 01.09.2020	2019 г.	январь – август 2020 г.	2019 г.	январь – август 2020 г.
<b>индивидуальные предприниматели</b>	<b>257 000</b>	<b>266 774</b>	<b>599,2</b>	<b>429,9</b>	<b>2,2%</b>	<b>2,4%</b>
г. Минск	78 394	81 308	230,4	171,3	1,8%	2,0%
Брестская область	34 461	35 464	71,1	50,0	4,3%	4,8%
Витебская область	22 716	23 393	44,8	29,2	2,4%	2,3%
Гомельская область	28 803	29 933	61,4	42,7	2,3%	2,8%
Гродненская область	26 241	27 249	49,9	35,5	2,0%	1,9%
Минская область	41 654	43 811	87,3	65,7	2,2%	2,8%
Могилевская область	24 731	25 616	54,2	35,4	4,2%	3,7%

Вместе с тем не стоит сбрасывать со счетов и потенциал индивидуальных в деле создания рабочих мест. При численности индивидуальных предпринимателей на 1 января 2020 года в 257, 0 тыс. в 2019 году ими было привлечено по трудовым и гражданско-правовым договорам 69,6 тыс. физических лиц, что составило 5,9 % от численности работников в целом по экономике Беларуси. Для сравнения в 2010 году число привлеченных индивидуальными предпринимателями физических лиц составило 20,0 тыс. Таким образом, за период 2010–2019 годов число работников индивидуальных предпринимателей выросло более чем в три раза [11, с. 26].

Если проанализировать данные Национального статистического комитета Республики Беларусь, приведенные в табл. 2, о численности работников индивидуальных предпринимателей по областям Республики Беларусь и г. Минску, то можно выяснить интересную закономерность.

Таблица 2. Распределение численности работников индивидуальных предпринимателей по областям Республики Беларусь и г. Минску

	Количество, единиц	Число рабочих мест
<b>Индивидуальные предприниматели</b>	<b>257 000</b>	<b>69613</b>
г. Минск	78 394	12 211
Брестская область	34 461	11 929
Витебская область	22 716	7 362
Гомельская область	28 803	11 617
Гродненская область	26 241	8 952
Минская область	41 654	9 623
Могилевская область	24 731	7859

Если в абсолютных цифрах наибольшее число наемных работников наблюдается у индивидуальных предпринимателей из Минска, то в процентном выражении индивидуальные предприниматели из регионов явно лидируют в создании рабочих мест.

При анализе данных Национального статистического комитета Республики Беларусь, приведенных в таблице 3, о величине вклада индивидуальных предпринимателей в валовый региональный продукт по областям Республики Беларусь и г. Минску, то становится очевидным, что при доле индивидуальных предпринимателей в доле республиканского ВВП равной 3,2% в большинстве регионов Беларуси это показатель выше. Так в Минске он составляет 4,5%, в Могилевской области – 4,0%, в Брестской области – 3,8%, в Минской области – 3,5%.

**Таблица 3. Распределение вклада индивидуальных предпринимателей в валовый региональный продукт по областям Республики Беларусь и г. Минску**

	Количество, единиц	Вклад в валовый региональный продукт %
<b>Индивидуальные предприниматели</b>	<b>257 000</b>	<b>3,2 (ВВП)</b>
г. Минск	78 394	4,5
Брестская область	34 461	3,8
Витебская область	22 716	2,9
Гомельская область	28 803	2,9
Гродненская область	26 241	3,2
Минская область	41 654	3,5
Могилевская область	24 731	4,0

На наш взгляд изложенные факты свидетельствуют о наличии потенциала развития индивидуального предпринимательства в регионах как с точки зрения роста численности этих субъектов хозяйствования, так и с точек зрения потенциала увеличения доли поступлений налогов с них в бюджет регионов и создания индивидуальными предпринимателями рабочих мест.

#### **Заключение**

Увеличение количества индивидуальных предпринимателей и свидетельствует об усилении экономической активности белорусских граждан за счет проявления деловой инициативы.

Существует прямая зависимость между увеличением числа индивидуальных предпринимателей и простотой административных процедур, связанных с регистрацией и налогообложением этих экономических субъектов.

Индивидуальные предприниматели выполняют, прежде всего, социальную функцию, которая заключается в обеспечении собственной занятости, занятости членов их семей и в некоторой степени – иных граждан.

На основании изложенного исследования можно сделать вывод о наличии в белорусской экономике нереализованного потенциала развития индивидуального предпринимательства в регионах как с точки зрения роста численности этих субъектов хозяйствования, так и с точек зрения потенциала увеличения доли поступлений налогов с них в бюджет регионов и создания индивидуальными предпринимателями рабочих мест.

#### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Акимов, О. Ю. Малый и средний бизнес: эволюция понятий, рыночная среда, проблемы развития / О. Ю. Акимов. – М.: Финансы и статистика, 230 с., 2019 г.
2. Гражданский кодекс Республики Беларусь. С изменениями и дополнениями по состоянию на 10 февраля 2018 года. Официальное издание. Мн. НЦПИ 2018.
3. Лученок, А. И. Институты права экономики / А. И. Лученок. – Минск, 2018.
4. Богомолов, Г. Как зарегистрироваться индивидуальным предпринимателем // DE JURE 2002 №10.
5. Хоскинг, А. Курс предпринимательства: пер с англ. / А. Хоскинг. – М. Международные отношения, 1993.
6. Эдвин Дж. Доллан, Дейвид Е. Линдсей Рынок. Микроэкономическая модель. – С.-Пб.1992.
7. Беларусь в цифрах. Статистический справочник. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Мн. 2019.
8. Министерство по налогам и сборам Республики Беларусь [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.nalog.gov.by/ru/svedeniya-predprinimatelstvo/>. – Дата доступа 18.10.2020.
9. Единый государственный регистр юридических лиц и индивидуальных предпринимателей [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://egr.gov.by/egrn/index.jsp?content=News84>. – Дата доступа 27.04.2020.
10. Балыкин, С. В. ИП: маленькие, но многочисленные // Наше мнение [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://nmnby.eu/news/analytics/7098.html>. – Дата доступа 08.10.2020.
11. Малое и среднее предпринимательство в Республике Беларусь. Статистический буклет. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2020.

## ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 631.16:658.155:633.36/37:631.674.5

### ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

**В. А. ВОЛЫНЦЕВА, В. И. БУШУЕВА, Т. Л. ХРОМЕНКОВА**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407*

*(Поступила в редакцию 04.01.2021)*

*В статье представлены результаты исследований по изучению различных режимов орошения галеги восточной сорта Нестерка при возделывании на кормовые цели и семена и оценки энергетической и экономической эффективности возделывания культуры в условиях орошения. Галега восточная отличается долголетием жизни в травостое и может произрастать на одном месте свыше 10 лет, а в случае полного соблюдения агротехнических мероприятий и до 30 лет. При этом она ежегодно формирует от 60–70 т/га зеленой массы и как бобовая культура не нуждается в дорогостоящих азотных удобрениях. Положительной особенностью галеги восточной является способность формировать более высокую по сравнению с клевером луговым и тем более люцерной урожайность семян, которая варьирует в зависимости от условий выращивания от 2, 0 до 16,0 ц/га.*

*Одним из факторов, сдерживающих внедрение галеги восточной в производство, является высокая ее потребность во влаге в период прорастания семян и особенно на начальном этапе роста и развития всходов, когда корневая система находится в стадии формирования. В последующие годы посевы галеги восточной в период формирования первого укоса меньше страдают от недостатка влаги, так как лучше, чем другие бобовые используют осенне-зимние осадки, но при последующих укосах также в значительной степени зависит от влагообеспеченности в период их формирования и при недостатке влаги урожайность бывает очень низкой в связи с чем орошение галеги восточной является целесообразным. Актуальной является оценка энергетической и экономической эффективности возделывания ее в условиях орошения.*

*Опыты по изучению возделывания галеги восточной в условиях орошения проводились в 2015–2019 гг. в УНЦ «Опытные поля БГСХА» «Тушиково-1», расположенном в северо-восточной части Республики Беларусь.*

*Схема опыта включала следующие варианты:*

- 1. Без орошения (контроль);*
- 2. Орошение галеги восточной при снижении предполивной влажности почвы до уровня 80 % НВ, в слое 0–40 см (в дальнейшем «80 % НВ»);*
- 3. Орошение галеги восточной при снижении предполивной влажности почвы до уровня 70 % НВ, в слое 0–40 см (в дальнейшем «70 % НВ»).*

*Затраты энергии рассчитывались с учетом применяемой для возделывания галеги восточной технологии и энергонасыщенности используемой сельскохозяйственной техники. Результаты расчета энергетической эффективности возделывания галеги восточной свидетельствуют о целесообразности заготовки сенажа (АК=16,04) первые годы жизни травостоя в варианте 70% НВ, на зеленую массу – без орошения (АК=18,93). Возделывание посевов галеги восточной на зеленую массу является выгодным без орошения - уровень рентабельности 139,9 %. Дополнительное увлажнение способствует росту урожайности, повышая величину чистого дохода на 84,42-180,97 руб./га. Однако более высокие темпы роста производственных затрат по сравнению с темпами роста чистого дохода ведут к снижению рентабельности производства до 89,64 – 90,67 % в зависимости от варианта опыта. Максимальная стоимость продукции (2065,73 руб./га) получена при использовании травостоя для получения семян в варианте 70 % НВ. В данном варианте опыта величина чистого дохода достигала 1431,85 руб./га, окупаемость производственных затрат – 3,11руб., рентабельность производства 215,67 %.*

**Ключевые слова:** *галега восточная, орошение, чистый доход, эффективность, рентабельность производства.*

*The article presents results of research into various irrigation regimes for Galega orientalis variety Nesterka when cultivated for fodder and seeds and assessing the energy and economic efficiency of this crop cultivation under irrigation conditions. Galega orientalis is distinguished by its longevity in the herbage and can grow in one place for over 10 years, and in the case of full compliance with agrotechnical measures, up to 30 years. At the same time, it annually forms 60–70 t / ha of green mass and, as a legume crop, does not need expensive nitrogen fertilizers. A positive feature of Galega orientalis is the ability to form a higher seed yield compared to meadow clover and especially alfalfa, which varies depending on growing conditions from 0.2 to 1.6 t / ha.*

*One of the factors restraining the introduction of Galega orientalis into production is its high need for moisture during the period of seed germination and especially at the initial stage of growth and development of seedlings, when the root system is in the stage of formation. In subsequent years, the crops of Galega orientalis during the formation of the first harvest suffer less from a lack of*

moisture, since they use autumn-winter precipitation better than other legumes, but with subsequent harvesting it also largely depends on moisture supply during the period of their formation, and with a lack of moisture the yield can be very low, and therefore irrigation of *Galega orientalis* is advisable. An assessment of energetic and economic efficiency of its cultivation under irrigation conditions is relevant.

Experimental cultivation of *Galega orientalis* under irrigation conditions was carried out in 2015–2019 at the «Experimental field Tushkovo-1 of Belarusian State Agricultural Academy», located in the north-eastern part of the Republic of Belarus.

The experiment scheme included the following options:

1. Without irrigation (control);

2. Irrigation of *Galega orientalis* with a decrease in pre-irrigation soil moisture to a level of 80 % of minimum moisture capacity, in a layer of 0–40 cm (hereinafter “80 % of minimum moisture capacity”);

3. Irrigation of *Galega orientalis* with a decrease in pre-irrigation soil moisture to a level of 70 % of minimum moisture capacity, in a layer of 0–40 cm (hereinafter “70 % of minimum moisture capacity”).

Energy costs were calculated taking into account the technology and energetic capacity of agricultural machinery used for the cultivation of *Galega orientalis*. The results of calculating the energy efficiency of cultivation of *Galega orientalis* indicate the feasibility of harvesting haylage (AK = 16.04) in the first years of herbage life in the option of 70 % of minimum moisture capacity, for green mass – without irrigation (AK = 18.93). Cultivation of *Galega orientalis* crops for green mass is profitable without irrigation – the level of profitability is 139.9%. Additional moistening contributes to an increase in yield, increasing the amount of net income by 84.42–180.97 rubles / ha. However, higher rates of growth of production costs compared to net income growth rates lead to a decrease in the profitability of production to 89.64–90.67%, depending on the variant of experiment. The maximum cost of production (2065.73 rubles / ha) was obtained when using herbage to obtain seeds in the option of 70 % of minimum moisture capacity. In this variant of the experiment, net income reached 1,431.85 rubles / ha, the return on production costs was 3.11 rubles, and the profitability of production was 215.67 %.

**Key words:** *galega orientalis*, irrigation, net income, efficiency, profitability of production.

## Введение

Основой адаптивного кормопроизводства Республики Беларусь являются многолетние бобовые травы. Они являются источником дешевых кормов, хорошо сбалансированных как по питательным веществам, так и по содержанию в них обменной энергии. Низкая себестоимость кормов, заготавливаемых из многолетних бобовых трав, обусловлена их биологической особенностью, а именно способностью усваивать азот из окружающего их воздуха, что полностью исключает необходимость применения дорогостоящих азотных удобрений.

В последнем выпуске государственного реестра сортов зарегистрировано более 9 видов многолетних бобовых трав, среди которых особое место занимает галега восточная. Она отличается долголетием жизни в травостое и может произрастать на одном месте свыше 10 лет, а в случае полного соблюдения агротехнических мероприятий и до 30 лет. При этом она ежегодно формирует от 60–70 т/га зеленой массы и как бобовая культура не нуждается в дорогостоящих азотных удобрениях [1, 2]. Сравнение клевера лугового сорта ГПТТ- ранний с галегой восточной сортом Нестерка по выходу сухого вещества показывает превосходство последнего [9]. Галега восточная является универсальной кормовой культурой, так как ее зеленая масса охотно поедается крупным рогатым скотом и пригодна для получения сена, сенажа, силоса и других видов кормов.

Положительной особенностью галеги восточной является способность формировать более высокую по сравнению с клевером луговым и тем более люцерной урожайность семян, которая варьирует в зависимости от условий выращивания от 2, 0 до 16,0 ц/га. В условиях производства реальная урожайность семян в среднем составляет 3–8 ц/га. Поэтому для организации эффективного семеноводства в Республике Беларусь можно успешно производить семена галеги восточной с высокими сортовыми, посевными качествами и расширять посевные площади под культурой отечественными сортами, включая сорт Нестерка, селекции УО БГСХА [8].

Успешное внедрение галеги восточной в производство и расширение посевных площадей возможно только при строгом соблюдении технологии возделывания. Но есть отдельные приемы технологии возделывания, которые следует соблюдать неукоснительно. Среди них правильный подбор поля, которое должно быть выравненным, максимально очищенным от сорняков с рН в КС1 – 5,8–6,8. Уровень залегания грунтовых вод должен быть не менее 1,0–1,5 м. Посев следует проводить на почвах, соответствующих требованиям культуры, лучшими из которых являются дерново-подзолистые и дерново-карбонатные, развивающиеся на любых породах. Хорошо произрастает галега восточная на осушенных мелиорированных торфяниках и пойменных землях. Не следует возделывать культуру на тяжелосуглинистых, переувлажненных, песчаных, подстилаемых песками и заболоченных почвах.

Перед посевом необходимо провести скарификацию семян и обязательную предпосевную их инокуляцию специфичными для галеги микробными препаратами Вогал и Ризофос марки галега, которые производят в НИУ микробиологии НАН Беларуси.

Одним из факторов, сдерживающих внедрение галеги восточной в производство, является высокая ее потребность во влаге в период прорастания семян, так как они имеют плотную, трудно проницаемую для воды оболочку. Весьма чувствительными к недостатку влаги являются растения первого года жизни, особенно на начальном этапе роста и развития всходов, когда корневая система находится в стадии формирования. В последующие годы посевы галеги восточной в период формирования первого укоса меньше страдают от недостатка влаги, так как лучше, чем другие бобовые используют осенне-зимние осадки. Урожайность при последующих укосах также в значительной степени зависит от влагообеспеченности в период их формирования и при недостатке влаги бывает очень низкой. В связи с этим целесообразно проводить орошение галеги восточной.

Высокая кормовая ценность галеги восточной, большая продолжительность хозяйственного использования и полное отсутствие в Республике Беларусь сведений о влиянии орошения на рост и развитие галеги восточной в различных условиях почвенной влагообеспеченности, делает вопрос оценки энергетической и экономической эффективности возделывания культуры в условиях орошения актуальным.

### **Основная часть**

Опыты по изучению возделывания галеги восточной в условиях орошения проводились в 2015–2019 гг. в УНЦ «Опытные поля БГСХА» «Гушково-1», расположенном в северо-восточной части Республики Беларусь.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, легкосуглинистая, подстилаемая с глубины 1 м моренным суглинком. Глубина пахотного слоя почвы 17–22 см. Почва характеризовалась следующими агрохимическими и водно-физическими показателями: гумус – 1,54 %,  $P_2O_5$  – 283,9 мг/кг,  $K_2O$  – 239,0 мг/кг,  $pH_{KCl}$  – 6,43, средняя за весь период наблюдений плотность сложения – 1,38 г/см<sup>3</sup>, средняя наименьшая влагоемкость (НВ) – 22,67 % от массы сухой почвы [3].

Объектом исследований служил сорт галеги восточной Нестерка.

Посев проводился беспокровно с нормой высева семян 12 кг/га при 100 % посевной годности. Глубина заделки семян 1,5 см, ширина междурядий 15,0 см. Семена перед посевом инокулировали микробным препаратом Ризофос марки галега из расчета 200 мл на гектарную норму семян [4]. Подкормка посевов минеральными удобрениями в дозе  $P_{60}K_{90}$  с последующим боронованием травостоя проводилась в ранневесенний период.

Схема опыта включала следующие варианты:

1. Без орошения (контроль);
2. Орошение галеги восточной при снижении предполивной влажности почвы до уровня 80 % НВ, в слое 0–40 см (в дальнейшем «80 % НВ»);
3. Орошение галеги восточной при снижении предполивной влажности почвы до уровня 70 % НВ, в слое 0–40 см (в дальнейшем «70 % НВ»).

Поддержание почвенной влажности на требуемом уровне для каждого из вариантов увлажнения выполнялось барабанно-шланговой дождевальной установкой итальянского производства Irriland Raptor. Нормы полива рассчитывались на основании водно-физических показателей почвы и составили 25 мм для варианта 80 % НВ и 30 мм для варианта 70 % НВ [5].

Затраты энергии рассчитывались с учетом применяемой для возделывания галеги восточной технологии, энергонасыщенности используемой сельскохозяйственной техники и определялись в следующей последовательности.

Для определения энергетических и производственных затрат на возделывание культуры составлена технологическая карта, позволяющая рассчитать потребность в материально-денежных ресурсах (горюче-смазочных материалах (ГСМ), средствах защиты растений, электроэнергии и др.). Перевод фактических затрат ГСМ, пестицидов, гербицидов и других видов материальных ресурсов в энергию выполнялся произведением энергетических эквивалентов на фактический расход материальных ресурсов [6].

Для сельскохозяйственной техники, определялась величина энергоемкости, которая позволила установить затраты энергии за 1 час непрерывной работы сельскохозяйственной машины или агрегата. Энергоемкость зависела от массы используемого энергетического средства, его производительности при выполнении данного вида работ, а также нормативной годовой загрузки в часах и норм отчислений на амортизацию и техническое обслуживание.

Суммированием отдельных видов затрат энергии получены полные затраты энергии на возделывание и уборку галеги восточной.

Энергетическая эффективность применяемой технологии галеги восточной характеризуется агроэнергетическим коэффициентом (АК), который определяется отношением обменной энергии в валовом сборе продукции по культуре к суммарным затратам энергии, израсходованным в процессе ее получения. Если АК больше 1, то технология считается эффективной.

Оценка энергетической эффективности проводилась нами при возделывании галеги восточной на кормовые цели (зеленая масса и сенаж) при различных режимах орошения. Для получения кормов с 1 га посевов галеги восточной потребовалось от 5,47 до 10,23 ГДж совокупной энергии, величина которой варьировала в зависимости от типа заготавливаемого корма и режима орошения (табл.1).

Таблица 1. Энергетическая эффективность возделывания галеги восточной в различных условиях обеспеченности почвенной влагой

Показатели	Тип продукции	Зеленая масса			Сенаж		
		Варианты орошения			Варианты орошения		
		Контроль (без орошения)	80 % НВ	70 % НВ	Контроль (без орошения)	80 % НВ	70 % НВ
Урожайность, т/га	сухое вещество	12,14	17,15	19,19	12,14	17,15	19,19
Сбор обменной энергии, ГДж/га	сухое вещество	103,54	145,90	164,12	103,54	145,90	164,12
Совокупные затраты энергии, ГДж/га	сухое вещество	5,47	8,31	9,02	6,75	9,56	10,23
Удельные затраты энергии, МДж на 1 ГДж ОЭ	сухое вещество	53	57	55	65	65	62
Агроэнергетический коэффициент (АК)	сухое вещество	18,93	17,56	18,20	15,34	15,26	16,04

Данные табл. 1 показывают, что орошение позволяет значительно повысить выход сухого вещества с каждого гектара травостоя галеги восточной. Наибольший выход сухого вещества с каждого гектара культура обеспечивает в варианте 70 % НВ. Здесь в сравнении с контролем рост составил 58 %. В варианте 80 % НВ прирост по сухому веществу по отношению к контролю равен 41 %.

Однако получение дополнительной продукции в условиях орошения сопряжено с ростом совокупных затрат энергии. Это обусловлено как ростом затрат, связанных непосредственно с орошением, так и дополнительными затратами на уборку дополнительной продукции. При использовании травостоя на зеленую массу в варианте 70 % НВ прирост затрат по сравнению с контролем составил 3,55 ГДж/га (64,9 %), в варианте 80 % НВ – 2,84 ГДж/га (51,9 %). Однако, следует отметить, что в варианте 80 % НВ прирост затрат энергии на 57,9 % обусловлен ростом затрат, связанных с уборкой дополнительного урожая и на 42,1 % – с дополнительными затратами на полив. В варианте 70% НВ более высокий прирост затрат энергии (63,4 %) обусловлен ростом затрат, связанных с уборкой дополнительного урожая и меньший (36,6 %) – с дополнительными затратами на полив.

Высокой потребностью в энергии (6,75–10,23 ГДж/га) выделались все варианты с орошением при заготовке сенажа, что обусловлено технологическими особенностями его производства. При использовании травостоя на сенаж в варианте 70 % НВ прирост затрат по сравнению с контролем составил 3,48 ГДж/га (51,6 %), в варианте 80 % НВ – 2,81 ГДж/га (41,6 %). При этом около 82 % прироста энергетических затрат обусловлено ростом затрат, связанных с уборкой дополнительного урожая.

В связи с разными темпами роста урожайности и совокупных энергетических затрат по вариантам опыта меняется и уровень энергетической эффективности при возделывании галеги восточной на кормовые цели. Несколько выше энергетическая эффективность была в варианте без орошения при заготовке зеленой массы из травостоя галеги восточной, где агроэнергетический коэффициент составил 18,93. Но высоким он был и в вариантах с орошением. Из двух орошаемых вариантов наиболее эффективным оказался вариант 70 % НВ в первый год жизни травостоя как при использовании для заготовки зеленой массы (АК-18,2), так и для производства сенажа (АК-16,04). При этом эффективность энергозатрат при использовании травостоя галеги восточной на зеленую массу оказался на 2,16 пункта выше, чем при производстве сенажа.

Экономическая оценка результатов опыта проводилась по ряду показателей, характеризующих эффект (чистый доход) и эффективность производства (себестоимость единицы продукции, окупаемость производственных затрат, уровень рентабельности). В производственные затраты на выращивание культуры включены оплата труда с начислениями, стоимость использованных удобрений, средств защиты растений, стоимость горюче-смазочных материалов, сумма затрат на содержание используемых основных средств, прочие затраты, а также затраты по организации производства и управлению [7].

Затраты по выращиванию многолетних трав в определенный год складываются из затрат прошлых лет (незавершенное производство) и текущего года. Затраты прошлых лет распределяются по годам использования пропорционально числу лет эксплуатации посевов. К ним относятся затраты, связанные с созданием травостоя (подготовка почвы, внесение удобрений и их стоимость, посев и стоимость семян, полив). К затратам текущего периода отнесены затраты по внесению удобрений и их стоимость, затраты на полив травостоя, на уборку и транспортировку продукции к местам хранения. Суммирование всех видов затрат позволило установить производственные затраты на возделывание галеги восточной. При этом определенный интерес представляет рассмотрение вариантов получения продукции по годам использования травостоя, включающие: 1) видом продукции в течение периода вегетации является только зеленая масса; 2) видом продукции в течение периода вегетации является только сенаж (второй год использования), 3) использование травостоя для получения в период вегетации семян и зеленой массы (начиная с третьего года использования), 4) использование травостоя для получения семян и сенажа (табл. 2).

Таблица 2. Экономическая эффективность возделывания галеги восточной в различных условиях обеспеченности почвенной влагой

Показатели	Тип продукции	Варианты орошения					
		Контроль (без орошения)	0,8 НВ	0,7 НВ	Контроль (без орошения)	0,8 НВ	0,7 НВ
Производство зеленой массы, сенажа							
		Зеленая масса			Сенаж		
Урожайность, т/га	сухое вещество	12,14	17,15	19,19	12,14	17,15	19,19
Содержание к. ед., т к. ед./га	сухое вещество	7,40	10,43	11,86	7,40	10,43	11,86
Содержание ЭКЕ, тыс. ед./га	сухое вещество	10,36	14,59	16,41	10,36	14,59	16,41
Производственные затраты, руб./га		420,74	750,60	848,53	653,91	1005,68	1110,27
Себестоимость 1 т СВ, руб.	–	34,65	43,76	44,21	53,86	58,64	57,86
Себестоимость 1 т к. ед., руб.	–	56,85	71,96	71,54	88,36	96,42	93,61
Себестоимость 1 тыс. ЭКЕ, руб.	–	40,61	51,44	51,70	63,11	68,96	67,66
Стоимость продукции, руб./га		1009,19	1423,47	1617,95	1009,19	1423,47	1617,95
Окупаемость производственных затрат, руб/руб		2,36	1,89	1,90	1,54	1,42	1,46
Чистый доход, руб./га		588,45	672,87	769,42	355,28	467,94	507,62
Уровень рентабельности, %		139,9	89,64	90,67	54,33	48,97	45,72
Производство семян, зеленой массы, сенажа							
		Семена + зеленая масса			Семена + сенаж		
Урожайность, т/га	семена	0,408	0,676	0,875	0,408	0,676	0,875
	сухое вещество	1,99	2,24	2,66	1,99	2,24	2,66
Стоимость продукции, руб./га		1076,64	1617,87	2065,73	1076,64	1617,87	2065,73
Производственные затраты, руб./га		290,20	579,78	663,88	689,36	632,08	710,40
Себестоимость семян, руб./т	–	647,76	802,42	712,62	647,76	802,42	712,62
Окупаемость производственных затрат, руб/руб		3,71	2,79	3,11	1,56	2,56	2,90
Чистый доход, руб./га		786,44	1038,00	1431,85	387,28	985,79	1355,33
Уровень рентабельности, %		270,99	179,03	215,67	56,17	155,95	190,78

Результаты опыта показывают, что орошение обеспечило прибавку сбора сухого вещества в размере 5,01–7,05 т/га (41,3–58,1 %) при использовании галеги восточной на зеленую массу и сенаж. Однако более быстрые темпы роста производственных затрат при использовании орошения по сравнению с темпами роста стоимости произведенной продукции не позволили обеспечить такие же темпы прироста суммы чистого дохода в расчете на гектар. Так, при производстве зеленой массы максимальный прирост чистого дохода составил 30,8 %, при производстве сенажа – 42,9 %. Следует отметить, что при производстве сенажа сумма чистого дохода на гектар, окупаемость производственных затрат и уровень

рентабельности значительно ниже их уровня при использовании травостоя для производства зеленой массы. Это обусловлено ростом затрат на дополнительные технологические операции, выполняемые при заготовке сенажа.

Рост производственных затрат оказал влияние на изменение себестоимости овсяных и энергетических кормовых единиц. Использование орошения приводит к росту себестоимости названных показателей. Так, себестоимость 1 т к. ед. возрастает по зеленой массе на 25,83 и 26,57 % в зависимости от варианта орошения, по сенажу – на 5,9 % и 8,9 %, соответственно, при более высоком ее уровне при производстве сенажа. Аналогичная тенденция отмечается при изменении себестоимости энергетической кормовой единицы, при изменении себестоимости сухого вещества.

Начиная с третьего года жизни, травостой галеги восточной можно использовать не только для получения зеленого корма и его производных, но и для производства семян. В этот же вегетационный период достаточно времени, чтобы дополнительно получить один укос зеленой массы или использовать ее для получения сенажа. При этом производственные затраты на гектар галеги восточной по сравнению с таковыми при получении только зеленой массы практически по всем вариантам опыта ниже.

Орошение положительно влияет и на производство семян галеги восточной. В результате орошения производство семян возросло на 65,7–214,5 %, прирост дополнительно произведенного сухого вещества в этот же год составил 12,6–33,7 %. В целом стоимость произведенной продукции возросла по сравнению с контролем на 50,3 % в варианте 80 % НВ и на 91,9 % в варианте 70 % НВ.

Расчеты показывают, что наиболее доходным является вариант использования галеги восточной для получения семян и зеленой массы. В данном варианте высокий уровень окупаемости производственных затрат 2,79–3,71 руб. Размер чистого дохода в расчете на каждый гектар в данном варианте использования травостоя значительно выше аналогичных показателей по всем рассматриваемым вариантам.

Максимальная его сумма отмечается в варианте 70 % НВ – 1431,85 руб./га. Для данного варианта характерна также наивысшая окупаемость производственных затрат (3,11 руб.) по сравнению с другими вариантами с использованием полива. Однако вследствие более высокого уровня производственных затрат – в 2,2 раза выше по сравнению с контрольным вариантом при данном характере использования травостоя, уровень рентабельности в варианте 70 % НВ на 55,32 п.п. ниже контрольного варианта. Этот вариант при использовании травостоя для производства семян и зеленого корма на 36,64 п.п. рентабельнее варианта 80 % НВ.

### **Заключение**

В результате расчета показателей энергетической эффективности установлено, что возделывание галеги восточной на зеленый корм является более выгодным. В условиях орошения высокий агроэнергетический коэффициент ( $AK=18,20$ ) отмечается в варианте 70 % НВ при заготовке зеленой массы. Высокой энергетической эффективностью ( $AK=18,93$ ) при получении кормов естественной влажности, характеризовались посевы, произрастающие без орошения.

Орошаемые травостой галеги восточной обеспечивают прибавку урожайности от 5,01 до 7,05 т/га сухого вещества, что в пересчете на денежный эквивалент составляет от 414,28 до 608,76 руб./га.

Использование варианта 70 % НВ при выращивании зеленой массы галеги восточной позволяет получить чистый доход в размере 769,42 руб./га, при производстве семян – 1431,85 руб./га, что значительно выше аналогичных показателей по другим вариантам. При этом окупаемость производственных затрат составит 1,90 руб. и 3,11 руб., соответственно.

Использование галеги восточной для производства зеленой массы без орошения позволяет получать 12,14 т/га сухого вещества, приносящих землепользователю 588,45 руб./га чистого дохода, обеспечивая высокий уровень окупаемости производственных затрат 2,36 руб. и уровень рентабельности около 140 %.

При использовании посевов галеги восточной на семенные цели, вариант 70 % НВ позволяет повысить урожайность семян на 467 кг/га, обеспечить уровень окупаемости производственных затрат 3,11 руб., чистый доход в размере 1431,85 руб./га.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. О Государственной программе развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы и внесении изменений в постановление Совета Министров Республики Беларусь от 16 июня 2014 г. № 585 [электронный ресурс]: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 11 марта 2016 г., № 196 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.
2. Шпургалова, В. А. Особенности формирования урожайности галеги восточной сорта Нестерка при различных режимах орошения / В. А. Шпургалова, В. И. Бушуева // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2017. – № 2. – С. 71–75.
3. Ганжара, Н. Ф. Почвоведение. Практикум: учеб. пособие / Н. Ф. Ганжара, Б. А. Борисов, Р. Ф. Байбеков. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 256 с.



4. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: рекомендации / К. В. Коледа [и др]; под ред. К. В. Коледа, А. А. Дудука. – Гродно: ГГАУ, 2010. – 340 с.
5. Лихацевич, А. П. Сельскохозяйственные мелиорации / А. П. Лихацевич, М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов; под ред. А. П. Лихацевича. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 464 с.
6. Кутузова, А. А. Методика оценки потоков энергии в луговых агроэкосистемах: метод. указ. / А. А. Кутузова, Л. С. Трофимова, Е. Е. Проворная. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Угрешская типография, 2015. – 32 с.
7. Письмо Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 14.01.2016 № 04-2-1-32/178 «О применении Методических рекомендаций по учету затрат и калькулированию себестоимости сельскохозяйственной продукции (работ, услуг)». [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://etalonline.by/document/?regnum=U81601873> – Дата доступа: 03.02.2021.
8. Бушуева, В. И. Галега восточная: монография. 2-е изд., доп. / В. И. Бушуева, Г. И. Тарануха. – Минск: Экоперспектива, 2009. – 204 с.
9. Ковалевская Л. И. Энергетическая и экономическая эффективность возделывания нового сорта клевера лугового ГПТТ-ранний / Л. И. Ковалевская, В. И. Бушуева // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2018. - №1. – С. 33–37.

## О СОРТОВЫХ ОСОБЕННОСТЯХ РЕАКЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Л. А. БУЛАВИН, Т. М. БУЛАВИНА, А. Ч. СКИРУХА, Р. В. МЕЛЬНИКОВ,  
А. П. ГВОЗДОВ, Ю. К. ШАШКО

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,  
г. Жодино, Республика Беларусь, e-mail: izis@tut.by, sevooborot@tut.by

(Поступила в редакцию 06.01.2021)

*На современном этапе развития агропромышленного комплекса важнейшее значение имеет производство высококачественной конкурентоспособной продукции. В решении этой проблемы несомненный интерес представляет рациональное использование средств интенсификации земледелия (минеральные и органические удобрения, химические средства защиты растений, регуляторы роста и т. д.), которые занимают значительный удельный вес в производственных затратах при возделывании сельскохозяйственных культур. Поэтому в настоящей статье представлены результаты исследований по изучению влияния средств интенсификации земледелия на продуктивность различных сортов сельскохозяйственных культур, возделываемых в почвенно-климатических условиях Беларуси. Установлено, что изучаемые сорта существенно различались по отзывчивости на применение азотных удобрений, фунгицидов, ретардантов. Это позволяет подобрать такие сорта возделываемых культур, которые формируют высокую урожайность при наименьших затратах средств интенсификации земледелия, что имеет важное ресурсосберегающее природоохранное значение.*

**Ключевые слова:** сорт, урожайность, азотные удобрения, фунгициды, ретарданты, ресурсосбережение.

*At the present stage of development of agro-industrial complex, the production of high-quality competitive products is of paramount importance. In solving this problem, the rational use of means of agriculture intensification (mineral and organic fertilizers, chemical plant protection agents, growth regulators, etc.), which occupy a significant share in production costs during the cultivation of crops, is of undoubted interest. Therefore, this article presents results of research into the influence of means of intensification of agriculture on the productivity of various varieties of agricultural crops cultivated in the soil and climatic conditions of Belarus. It was found that the studied varieties differed significantly in their responsiveness to the use of nitrogen fertilizers, fungicides, and retardants. This makes it possible to select such varieties of cultivated crops that form a high yield at the lowest cost of means of agriculture intensification, which is of great resource-saving and nature-conservation value.*

**Key words:** variety, productivity, nitrogen fertilizers, fungicides, retardants, resource conservation.

### Введение

Рыночная экономика требует производства высококачественной конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции, поэтому ресурсосберегающие технологии приобретают особое значение. Многие страны уже перешли на технологии, которые позволяют сокращать производственные затраты на 30–80 %, получать высокие стабильные урожаи и сохранять окружающую среду [1].

Важное значение для ресурсосбережения и экологизации земледелия имеют сорта сельскохозяйственных культур, которые в наибольшей степени соответствуют указанным выше требованиям по отзывчивости на уровень применения средств интенсификации. Поэтому подбор таких сортов применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям будет способствовать успешному решению проблемы снижения потребления энергоресурсов в агропромышленном комплексе.

### Основная часть

Изучение продуктивности различных сортов сельскохозяйственных культур и их реакции на основные элементы технологии возделывания проводили на преобладающих в Беларуси дерново-подзолистых супесчаных и легкосуглинистых почвах в соответствии с общепринятыми методиками. Технология возделывания культур при проведении исследований за исключением изучаемых факторов осуществлялась в соответствии с отраслевыми регламентами. Оценка сортов зерновых культур на устойчивость к болезням проводилась на стационарном инфекционно-провокационном фоне с использованием искусственного заражения чистыми культурами фитопатогенов.

Важнейшим фактором, определяющим уровень урожайности сельскохозяйственных культур на преобладающих в Беларуси дерново-подзолистых почвах, является азот. Результаты исследований свидетельствуют о том, что различные сорта существенно отличаются по реакции на применение азотных удобрений. Так, в условиях Центральной зоны республики было установлено, что при возделывании яровой пшеницы на окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве наиболее продуктивными являются сорта Сударыня и Чайка. Однако, если сорт Чайка обеспечил наибольшую урожайность зерна (52,0 ц/га) при внесении азота в дозе  $N_{100+60}$ , то у сорта Сударыня практически такой же уровень урожайности (52,1 ц/га) был получен при использовании  $N_{60+40}$ , т. е. доза азота в этом случае

была ниже на 60кг/га д. в. или в 1,6 раза (табл. 1). Следовательно, сорт Сударыня в значительно большей степени отвечает требованиям ресурсосберегающего и природоохранного земледелия, чем сорт Чайка.

Таблица 1. Влияние азотных удобрений на урожайность различных сортов яровой пшеницы

Сорт	Доза минеральных удобрений, кг/га д. в.		
	Р <sub>60</sub> К <sub>120</sub> -фон	Фон+N <sub>60+40</sub>	Фон+N <sub>100+60</sub>
Рассвет	31,7	42,0	47,6
Ласка	34,6	43,0	48,4
Любава	34,3	40,2	43,8
Сударыня	37,0	52,1	54,8
Весточка	34,8	46,2	50,0
Ласточка	31,4	40,6	45,8
Чайка	37,5	45,8	52,0

Сортовая специфичность в реакции на применение азотных удобрений отмечается и у других зерновых культур, в т. ч. у пивоваренного ячменя, который характеризуется значительно меньшей потребностью в азоте по сравнению с пшеницей. На среднекультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве урожайность сортов пивоваренного ячменя Талер и Сильфид при внесении N<sub>60</sub> составила соответственно 52,1 и 53,9, а N<sub>90</sub> 55,6 и 55,4 ц/га. У сорта Бровар урожайность зерна 55,9 ц/га была получена при использовании N<sub>60</sub>, т.е. в этом случае практически равная продуктивность с указанными выше сортами отмечалась при снижении дозы азота в 1,5 раза. При дальнейшем увеличении дозы азота до N<sub>90</sub> прибавка урожайности зерна у сорта Бровар, как правило, не являлась достоверной (табл. 2).

Таблица 2. Влияние азотных удобрений на урожайность различных сортов пивоваренного ячменя

Сорт	Доза минеральных удобрений, кг/га д. в.	
	N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub>
Талер	52,1	55,6
Бровар	55,9	58,6
Сильфид	53,9	55,4

Разная реакция сортов на применение азотных удобрений отмечается также у картофеля [4], рапса [5] и других сельскохозяйственных культур [6]. Все вышеизложенное убедительно свидетельствует о том, что для максимальной реализации потенциала ресурсосберегающего и природоохранного земледелия важнейшим фактором является возделывание сортов, которые отвечают его требованиям по реакции на уровень азотного питания растений. Для этого представляется целесообразным проведение на преобладающих в республике типах почв дополнительных исследований по изучению влияния возрастающих доз азота на урожайность наиболее распространенных высокопродуктивных районированных сортов основных сельскохозяйственных культур. Это позволит выявить те сорта, которые в наибольшей степени пригодны по этому элементу технологии возделывания для ресурсосберегающего и природоохранного земледелия.

Важным условием для полной реализации генетического потенциала сельскохозяйственных культур является наличие у растений здорового листового аппарата и генеративных органов в течение всего периода вегетации. Установлено, что в условиях Беларуси в годы с эпифитотийным развитием болезней при отказе от проведения защитных мероприятий потери урожая у зерновых достигают 30,0–40,0 % [7]. Существенное снижение продуктивности под влиянием болезней в таких условиях отмечается и у других культур [6]. Поэтому защита растений от болезней является одним из основных элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

Сорта сельскохозяйственных культур существенно различаются по устойчивости к болезням. Установлено, что в условиях западной лесостепи Украины различия между сортами озимой пшеницы по поражению растений корневыми гнилями достигали 3,3, мучнистой росой и септориозом 2,4, темной бурой пятнистостью 2,2 раза. [8] Еще более существенными эти сортовые различия были в условиях Беларуси: по пораженности озимой пшеницы мучнистой росой и септориозом листьев в зависимости от фазы развития культуры они составили 2,6–8,0 раза, а по септориозу колоса – 1,6 раза [9]. Аналогичные результаты получены при оценке впоследствии районированных образцов озимой пшеницы из конкурсного и предварительного испытания на устойчивость к болезням в условиях инфекционно-провокационного фона (табл. 3). Это свидетельствует о том, что фитосанитарный контроль посевов в определенной степени может осуществляться за счет возделывания устойчивых к болезням сортов сельскохозяйственных культур.

Таблица 3. Оценка потенциальных сортов озимой пшеницы на устойчивость к болезням на комплексном инфекционно-провокационном фоне

Сорт	Год испытания	Поражение болезнями			
		Снежная плесень, балл*	Мучнистая роса, балл	Септориоз колоса, балл	Корневые гнили, %
Легенда	2002	5	3	5	78,5
Фантазия	2002-2003	3	0-3	1-3	61,7-68,2
Спектр	2003	9	1-3	3	63,0
Узлет	2003	7	1	1-3	58,5
Элегия	2007	3	3	3	60,0
Сюита	2010-2012	1,5-8	0	3-4,5	31,4-55,6
Августина	2011	7	3	4,5	47,6

\* – 0 баллов – отсутствие болезни, 9 – максимальное развитие болезни.

По мнению специалистов, сорта зерновых культур можно условно разделить на две группы: рано и интенсивно поражаемые и менее поражаемые болезнями. Для первой группы сортов требуется две фунгицидные обработки. Одна проводится в период трубкования для защиты листьев, вторая – колоса. Для другой группы сортов достаточно одной фунгицидной обработки в период цветения. Установлено, что применение фунгицидов является рентабельным при умеренном и эпифитотийном развитии болезней и с благоприятными для формирования урожая погодными условиями с учетом порога вредоносности [9]. Ниже представлены пороги вредоносности основных болезней озимой пшеницы, которая, как правило, поражается ими в большей степени, чем другие зерновые культуры (табл. 4).

Таблица 4. Перечень основных болезней озимой пшеницы и их биологические пороги вредоносности

Вредный объект	Фаза развития культуры	Биологический порог вредоносности
Корневая гниль	Конец кушения–начало трубкования	14,0–16,0 % пораженных растений
Мучнистая роса	Начало трубкования	До 10 % поверхности растений при распространенности болезни не менее 50%
	Трубкование–цветение	Развитие 1,0–5,0 %, что соответствует наличию поражения болезнью на 3-м сверху листе
Септориоз листьев	Начало трубкования	Поражения болезнью (распространенность) встречаются на 20,0–30,0 % растений
	Трубкование–цветение	Развитие 1,0–5,0 %, что соответствует наличию поражения болезнью на 3-м сверху листе
Бурая ржавчина	Конец трубкования–цветение	Развитие 1,0–5,0 %, что соответствует наличию поражения болезнью на 3-м сверху листе
Желтая ржавчина	Конец трубкования–цветение	Наличие единичного поражения болезнью вне зависимости от яруса листового аппарата
Фузариоз колоса	Цветение	Отсутствует т. к. период инфицирования растянут во времени, а признаки развития болезни проявляются в период молочно-восковой спелости. Фунгициды применяются в начале–середине цветения, так как этот период наиболее уязвим для заражения растений возбудителем болезни
Септориоз колоса	Колошение	Отсутствует т. к. период инфицирования растянут во времени, а признаки развития болезни проявляются в период молочно-восковой спелости. Фунгициды применяются в середина-конец колошения, так как этот период наиболее уязвим для заражения растений возбудителем болезни

Расчеты показывают, что в результате расширения в Беларуси на 7,3 % посевных площадей сортов озимой пшеницы, требующих для защиты от болезней однократной обработки фунгицидами за счет снижения посевных площадей сортов, нуждающихся в двукратной обработке, можно снизить расходы на защиту от болезней на 584,5–1802,9 тыс. долл. в зависимости от стоимости применяемых фунгицидов и существенно повысить рентабельность возделывания этой культуры [9].

Существенному снижению объемов применения фунгицидов способствует также возделывание устойчивых к болезням сортов других сельскохозяйственных культур. Наиболее убедительно это проявляется у сахарной свеклы. Установлено, что гибриды сахарной свеклы, устойчивые к церкоспорозу, который в условиях республики является наиболее вредоносной болезнью этой культуры, не нуждаются в обработке фунгицидами даже в годы эпифитотийного развития указанной выше болезни [11].

В Национальном центре зерна им. П. П. Лукьяненко Российской Федерации была предложена концепция «мозаики» сортов как метода управления и контроля фитопатологической ситуацией в агроценозах пшеницы [10]. Согласно данной концепции, любой сорт не должен превышать 10–15 % от общей посевной площади культуры, даже при отличных показателях урожайности и качества. Это связано с

тем, что наличие больших площадей под одним сортом (а значит и одних генов устойчивости) способствует эпифитотийному развитию болезней, создает предпосылки для быстрого размножения и накопления инфекций. «Мозаичное» размещение сортов, различающихся по генам устойчивости к болезням, не допускает эпифитотий, позволяет контролировать фитопатологическую ситуацию путем количественного и качественного изменения видового и расового состава доминирующего комплекса патогенов. Быстрая сортосмена позволяет опережать процессы микроэволюции возбудителей болезней.

Существенное снижение продуктивности сельскохозяйственных культур вызывает полегание посевов, которое является одним из недостатков многих сортов. Полегание приводит к резкому снижению интенсивности фотосинтеза и других биохимических процессов из-за затенения растений. Под влиянием полегания нарушается прохождение фаз колошения, цветения и налива зерна в результате сокращения оттока питательных веществ в зерно из-за повреждения механических тканей и вместе с ними проводящих сосудов стебля. При этом уменьшается количество зерен в колосе, масса 1000 зерен. Размер потерь урожая от полегания зависит от того, в какой фазе развития оно происходит. Если растения полегли в фазе колошения, то это наиболее сильно сказывается на их урожайности. В меньшей степени на этот показатель влияет полегание посевов в период созревания зерна. Установлено, что недобор урожая от полегания зерновых может составлять от 25–30 до 50 % и более. При этом ухудшается качество зерна, увеличивается его прорастание на корню и травмирование при уборке, возрастают затраты ГСМ на уборку и доработку зерна [12, 13].

Для предотвращения полегания посевов следует применять ретарданты. Этот прием позволяет снизить высоту растений за счет замедления роста междоузлий, а также стимулировать развитие механических тканей, что приводит к увеличению толщины и диаметра соломины, снижению ее ломкости. Целесообразность, нормы расхода и экономическая эффективность применения ретардантов определяются следующими факторами: устойчивость сорта к полеганию, обеспеченность растений азотом, плотность стеблестоя, стадия развития растений, погодные условия во время применения ретардантов, тип почвы и т.д. [6]. В наибольшей степени склонны к полеганию длинностебельные высокопродуктивные сорта зерновых культур при их возделывании на плодородных почвах по интенсивной технологии [14]. Поэтому в таких условиях целесообразно возделывать короткостебельные сорта, которые характеризуются высокой продуктивностью и повышенной устойчивостью к полеганию.

Сорта зерновых культур различаются по типу полегания, которое может быть прикорневым или стеблевым. Для предотвращения прикорневого полегания ретарданты рекомендуется использовать в фазу выхода в трубку (ДК 31-32) для укрепления первого и второго междоузлия. Их применение возможно так же в фазу флагового листа (ДК 37-39) с целью уменьшения позднего стеблевого полегания для укрепления последнего подколосного междоузлия. Для получения гарантированного эффекта ретарданты можно применять двукратно в указанные выше фазы развития растений в половинных нормах расхода [6, 15]. При этом оптимальная норма расхода ретардантов должна определяться с учетом складывающихся погодных условий во время их внесения. Чем ниже температура воздуха, тем выше должна быть норма внесения ретарданта. Так, например, эффект от применения 1,5 л/га ЦеЦеЦе 750 при среднесуточной температуре воздуха 5–7 °С был примерно равным действию 0,9 л/га этого препарата, внесенного при 10–12 °С [15].

Различия в реакции на применение ретардантов между сортами зерновых культур связаны не только с длиной их стебля, но и с другими морфофизиологическими особенностями. Установлено, что на фоне  $N_{90+30}$  прибавка урожайности зерна от применения ретарданта хлормекватхлорид (1,0 +1,0 л/га) у сортов озимого тритикале, которые существенно не различались по длине стебля, изменялась от 6,6 до 10,3 ц/га, т.е. в 1,5 раза [14]. Если у одних сортов этой культуры указанный выше ретардант обеспечивал при внесении в фазу выхода в трубку максимальную прибавку урожайности зерна при норме расхода 1,25 л/га, то у других – 1,0 л/га, т.е. на 20 % ниже, что имеет существенное экономическое и экологическое значение [16]. Все выше изложенное свидетельствует о том, что сортовая специфичность реакции зерновых культур на применение ретардантов, особенно нового поколения, требует в условиях Беларуси дальнейшего изучения с целью получения максимального эффекта от этого элемента технологии возделывания.

Полученные ранее результаты исследований дают основания считать, что при планируемой урожайности зерна до 40 ц/га, оптимальном сроке сева, научно обоснованном применении минеральных удобрений, норме высева не более 4,5 млн/га всхожих семян, использовании устойчивых к полеганию сортов от внесения ретардантов можно отказаться. Их применение оправдано при формировании урожайности зерна 40,0 ц/га и более в условиях достаточного или избыточного увлажнения почвы в фазу

выхода в трубку. Обработка посевов ретардантами в условиях дефицита влаги и недостатка минерального питания независимо от срока их применения может привести к усилению стресса и снижению урожайности [6].

В настоящее время в Беларуси около половины пахотных земель занимают зерновые. Поэтому адаптация сортового состава и технологии возделывания применительно к требованиям ресурсосберегающего и природоохранного земледелия должна касаться, прежде всего, этой группы культур. Известно, что зарубежные сорта зерновых рассчитаны на высокий уровень минерального питания – 35–400 кг/га NPK, в т. ч. 160 кг азота, вносимого в 3–4 приема за период вегетации. Для формирования высокой урожайности эти сорта требуют также 2–3-кратной обработки посевов фунгицидами, 1–2-кратной обработки ретардантами, использование дорогостоящих гербицидов, микроэлементов и т.д. По мнению отечественных специалистов, в Беларуси необходимы сорта зерновых культур, способные обеспечить в условиях производства стабильную урожайность 35–40 ц/га при использовании 220–250 кг/га NPK, протравливании семян, защиты посевов от сорняков с помощью гербицидов и однократном применении фунгицидов. В максимально комфортных условиях выращивания генетический потенциал современных сортов должен достигать 80–90 ц/га [17].

Значительная часть озимых и яровых зерновых используется в качестве покровных культур для многолетних бобовых трав, которые вносят существенный вклад в решение проблемы ресурсосбережения и экологизации земледелия, т.к. накапливают в почве симбиотический азот и улучшают фитосанитарное состояние посевов последующих культур севооборота [18]. Для уменьшения угнетающего действия на подсеваемые бобовые травы покровной культуры ее возделывают с низкой нормой высева при невысоком уровне азотного питания растений, что не позволяет в полной мере реализовать потенциал продуктивности. По мнению специалистов, для получения максимальной отдачи от использования многолетних бобовых трав необходимо в республике усилить работу по созданию новых сортов, которые смогут выдерживать более высокую урожайность покровной культуры. Такие сорта должны обладать более высокой интенсивностью ростовых процессов в начальный период роста, быстро достигать фазы 3–4 тройчатых листьев, в которой у клевера значительно увеличивается устойчивость к затенению, засухе и появляется более высокая вероятность сохранения под покровом зерновых культур. Важно также иметь разные по созреванию сорта клевера, что позволит снизить потери урожайности от несвоевременной уборки. Наличие в сельскохозяйственном предприятии 50 % раннеспелых сортов клевера, 25 % среднеспелых и 25 % позднеспелых дает возможность удлинить оптимальный срок уборки этой культуры с 10–12 до 30–35 дней. При этом значительно сокращается потребность в кормоуборочной технике и снижаются затраты на ее приобретение [17, 19].

С помощью селекции можно не только создать сорта и гибриды различной группы спелости, характеризующиеся более эффективным использованием элементов минерального питания. По мнению специалистов, возможно также создание сортов сельскохозяйственных культур устойчивых к кислым почвам, высокому уровню стояния грунтовых вод, временному затоплению, засухе и другим стрессовым факторам. Одна из задач селекции состоит в повышении способности растений к биологической фиксации атмосферного азота и устойчивости к патогенам, усилению аллелопатической активности сортов по отношению к сорным растениям и вредителям [20], что будет способствовать снижению потребления техногенных средств интенсификации земледелия.

### **Заключение**

Важнейшей задачей агропромышленного комплекса в настоящее время является производство в требуемом объеме высококачественной конкурентоспособной продукции. В решении этой проблемы несомненный интерес представляет рациональное использование минеральных и органических удобрений, пестицидов, регуляторов роста и других средств интенсификации земледелия, которые занимают значительный удельный вес в производственных затратах при возделывании сельскохозяйственных культур. Установлено, что сорта зерновых культур существенно различаются по отзывчивости на применение азотных удобрений и для формирования равной урожайности потребность в этом элементе минерального питания у них может отличаться в 1,5–1,6 раза. Эффективная защита посевов зерновых от болезней у одних сортов достигается однократным применением фунгицидов, а у других – двукратным. Устойчивые к полеганию короткостебельные сорта зерновых не требуют применения ретардантов, в то время как при возделывании длинностебельных сортов их использование является обязательным элементом технологии, особенно при повышенном уровне азотного питания и избыточном увлажнении почвы. Все вышеизложенное свидетельствует о необходимости принимать во внимание при вы-

боре сорта особенностей его реакции на применение средств интенсификации земледелия, что позволит сформировать высокую урожайность при наименьших затратах. Поэтому оптимизация сортового состава сельскохозяйственных культур имеет важное ресурсосберегающее природоохранное значение, так как будет способствовать повышению эффективности использования пахотных земель, улучшению качества выращиваемой продукции и охране окружающей среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Данкверт, С. А. Внедрение ресурсосберегающих технологий – стратегия развития зернового хозяйства / С. А. Данкверт, Л. В. Орлова // Земледелие. – 2003. – №1. – С. 4–5.
2. Гриб, С. И. Урожайность и вынос азота яровой мягкой пшеницей в зависимости от сорта и уровня применения азотного удобрения / С. И. Гриб, И. И. Берестов, Р. В. Мельников // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф. И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск «ИВЦ Минфина», 2016. – Вып. 52. – С. 28–35.
3. Роль различных факторов в формировании урожайности и качества зерна пивоваренного ячменя / Л. А. Булавин [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 4. – С. 3–7.
4. Влияние различных уровней питания на продуктивность сортов картофеля разных сроков спелости и целевого назначения и их устойчивость к клубневым гнилям во время хранения / Д. Д. Фицура [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2011. – Т. 19. – С. 456–473.
5. Ключкова, О. С. Сравнительная оценка сорта и гибрида ярового рапса при различных фонах азотного питания и нормах высева / О. С. Ключкова, О. Б. Соломка // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – №1. – С. 54–59.
6. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», редкол.: Ф. И. Привалов (гл. ред.) [и др.]. – 3-е изд., доп. и перераб. Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 688 с.
7. Современное фитосанитарное состояние агроценозов пшеницы озимой в Республике Беларусь / А. Г. Жуковский [и др.] // Земледелие и защита растений – 2019. – № 3 – С. 16–26.
8. Билувус, Г. Я. Влияние агроэкологических факторов на развитие болезней пшеницы озимой в условиях Западной Лесостепи Украины / Г. Я. Билувус, И. С. Волошук // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3 – С. 122–125.
9. Буга, С. Ф. Тактика и экономика защиты озимой пшеницы и ярового ячменя от болезней / С. Ф. Буга, А. Г. Жуковский, А. Г. Ильюк, А. А. Радына // Защита и карантин растений. – 2012. – № 8 – С. 18–22.
10. Беспалова, Л. А. «Мозаика» сортов как метод управления и контроля за фитопатологической ситуацией в агроценозах пшеницы / Л. А. Беспалова, И. Б. Аблова // Защита растений от вредных организмов: матер. IX Меж. научн.-практ. конф. (17–21 июня 2019 г.). – Краснодар, 2019. – С. 28–31.
11. Лукьянюк, Н. А. Стратегия применения фунгицидов на сахарной свекле в зависимости от устойчивости гибридов к церкоспорозу / Н. А. Лукьянюк, Е. В. Гринашкевич // Земляробства і ахова раслін. – 2008. – № 3. – С. 36–39.
12. Семененко, Н. Н. Азот в земледелии Беларуси / Н. Н. Семененко, Н. В. Невмержицкий; под ред. Н. Н. Семененко. – Минск: Бел. изд. тов-во «Хата», 1997. – 196 с.
13. Кочурко, В. И. Регуляторы роста в системе защиты различных сортов тритикале от полегания / В. И. Кочурко, Е. М. Ритвинская // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф. И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: «ИВЦ Минфина», 2016. – Вып. 52. – С. 66–73.
14. Кочурко, В. И. Ретарданты на озимой тритикале / В. И. Кочурко, Е. А. Павловская // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: М. А. Кадыров (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2006. – Вып. 42. – С. 77–84.
15. Бруй, И. Г. Мягкая зима – предпосылка для применения регуляторов роста / И. Г. Бруй, В. В. Холодинский // Белорусское сельское хозяйство. – 2020. – № 2 – С. 92–94.
16. Булавина, Т. М. Агротехнологические основы повышения эффективности производства зерна тритикале на дерново-подзолистых почвах: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.09 / Т. М. Булавина. – Жодино, 2009. – 287 с.
17. Привалов, Ф. И. О состоянии и приоритетных направлениях научных исследований в земледелии и растениеводстве в Беларуси / Ф. И. Привалов // Земляробства і ахова раслін. – 2007. – № 1. – С. 3–12.
18. Никончик, П. И. Агрэоэканамічныя асновы сістэм існавання зямлі / П. И. Никончик. – Минск: Белорус. наука, 2007. – 532 с.
19. Привалов, Ф. И. Резервы ресурсосбережения в растениеводстве / Ф. И. Привалов // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: М. А. Кадыров (гл. ред.) [и др.]; РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Несвиж: Несвижская укрупн. тип., 2007. – Вып. 43. – С. 3–13.
20. Жученко, А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы): монография / А. А. Жученко. В двух томах. Т.1. – Москва: Изд-во РУДН, 2001. – 780 с.

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПРОСА НА ЗЕЛЕНУЮ МАССУ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ СЕВА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

И. М. НЕСТЕРОВА

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: nesterova2233@mail.ru

(Поступила в редакцию 11.01.2021)

*Несмотря на то, что просо в Беларуси возделывается достаточно давно, до сих пор отсутствует научное обеспечение выращивания данной культуры на кормовые цели. А необходимость его выращивания в качестве кормовой культуры, в силу участвовавших в республике засух, будет возрастать, поскольку по кормовой ценности зеленая масса проса не уступает, а по некоторым показателям превосходит кукурузу и лучшие однолетние и многолетние злаковые травы.*

*В статье представлены результаты энергетической и экономической оценки эффективности возделывания проса на зеленую массу в зависимости от сроков его сева в условиях северо-восточной части Беларуси. Установлено, что в зависимости от сроков сева не только повышается урожайность зеленой массы, но и повышается эффективность ее производства. Оптимальным сроком сева проса сорта Галинка на зеленую массу следует считать посев с третьей декады мая (третий срок) по первую декаду июня (четвертый срок). В данные сроки обеспечивается: более высокая урожайность зеленой массы – 19,0–19,3 т/га, сухой массы 3,90–3,94 т/га; кормовых единиц – 3,44–3,47 т к. ед./га; больший сбор обменной энергии – 37,83–38,22 ГДж/га; наивысшее значение агроэкологического коэффициента – 4,1–4,2, которые превышают аналогичные показатели, полученные при посеве в первый (первая декада мая) и второй сроки (вторая декада мая). Также в третий и четвертый сроки сева получены лучшие показатели экономической эффективности: самая высокая стоимость продукции – 498,42–502,77 тыс. руб./га; более низкая себестоимость кормовых единиц – 120,89–119,92 тыс. руб./т; больший размер чистого дохода – 82,63–86,65 тыс. руб./га; выше уровень рентабельности – 15,17–16,38 %.*

**Ключевые слова:** сорт, экономическая и энергетическая эффективность, зеленая масса, окупаемость, затраты.

*Despite the fact that millet has been cultivated in Belarus for a long time, there is still no scientific support for growing this crop for fodder purposes. And the need for its cultivation as a fodder crop, due to the frequent droughts in the republic, will increase, since in terms of fodder value the green mass of millet is not inferior, and in some respects surpasses corn and the best annual and perennial grasses.*

*The article presents results of estimation of energetic and economic efficiency of cultivation of millet for green mass, depending on the timing of its sowing in the north-eastern part of Belarus. It has been established that, depending on the sowing time, not only the yield of green mass increases, but also the efficiency of its production increases. The optimal time for sowing millet of the Galinka variety for green mass should be from May 21–31 (third term) to June 1–10 (fourth term). In these terms, the following is ensured: higher yield of green mass – 19.0–19.3 t / ha, of dry matter – 3.90–3.94 t / ha; fodder units – 3.44–3.47 ton of fodder units / ha; greater collection of exchangeable energy – 37.83–38.22 GJ / ha; the highest value of agroecological coefficient is 4.1–4.2, which exceed the same indicators obtained during sowing in the first term (May 1–10) and second term (May 11–20). Also, in the third and fourth sowing periods, the best indicators of economic efficiency were obtained: the highest cost of production – 498.42–502.77 thousand rubles / ha; lower prime cost of feed units – 120.89–119.92 thousand rubles / ton; a larger amount of net income – 82.63–86.65 thousand rubles / ha; higher level of profitability – 15.17–16.38 %.*

**Key words:** variety, economic and energy efficiency, green mass, payback, costs.

### Введение

Просо – одна из важнейших культур мирового земледелия, но не получившая до настоящего времени должного внимания в сельском хозяйстве Беларуси. В большей мере оно возделывается как крупяная культура, в меньшей – как кормовая с высокими кормовыми достоинствами зеленой массы [1].

Особого внимания заслуживает питательность и хорошая поедаемость не только зеленой массы, но и соломы в виде грубого корма, при этом его можно возделывать при весенних и летних сроках сева. Помимо скороспелости просо посевное имеет ряд свойств и особенностей, выделяющих его среди культур ярового сева. Это отсутствие специфических вредителей и болезней в условиях Беларуси, высокая засухоустойчивость, мелкосемянность, скороспелость, длительность хранения семян. К достоинствам проса следует также отнести и растянутость периода сроков сева, что позволяет ей выполнять функции страховой культуры, которой можно пересевать погибшие на поздних этапах онтогенеза посева озимых и яровых зерновых культур [2, 3, 4].

Поэтому в последние годы в республике больше внимания стали уделять селекции и выращиванию именно кормовых сортов проса. К таким сортам можно отнести сорта белорусской селекции Галинка, Днепровское, Довское, включенные в Государственный реестр сортов в 2004, 2009, 2012 годах. Эти сорта могут обеспечивать от 60,5 ц/га (сорт Галинка), до 79,3 ц/га (сорт Днепровское) и до 89,6 ц/га (сорт Довское) урожайности сухого вещества в зеленой массе [5].



Вследствие этого необходим поиск сочетаний параметров агротехнических приемов возделывания, обеспечивающих, наряду с сортом, стабильность формирования урожайности зеленой массы. Выявление наиболее энергетически и экономически эффективных элементов в технологии возделывания культуры представляет научный и практический интерес, так как способствует экономии ресурсного потенциала за счет внедрения соответствующего приема в технологию возделывания культуры.

Одним из таких агроприемов является срок сева культуры, который можно считать, как свидетельствуют результаты исследований, одним из наиболее эффективных [6].

Чтобы провести энергетическую и экономическую оценку возделывания проса на зеленую массу в зависимости от одного из элементов технологии возделывания – сроков сева, нами были проведены исследования в условиях северо-восточной части Беларуси.

### Основная часть

Научные исследования проводились в 2018–2020 гг. на территории УНЦ «Опытные поля УО БГСХА» Горецкого района Могилевской области. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м. Содержание гумуса в пахотном слое 1,58–1,7 %, рН – 5,6–6,1, подвижного фосфора 185–199 мг/кг, обменного калия 160–200 мг/кг. В качестве объекта исследований использовался сорт проса Галинка, внесенный в Государственный реестр сортов Республики Беларусь.

*Характеристика сорта:* Скороспелый холодостойкий сорт. Период вегетации 79–98 дней. Пригоден для возделывания как на зерно, так и на зеленую массу. Максимальная урожайность сухого вещества зеленой массы 85,2 ц/га. Масса 1000 семян 6,0–6,7 г. Отличается хорошим отращиванием, что позволяет получать два укоса зеленой массы – 47–50 ц/га в первый укос и 22–25 ц/га в пересчете на сухое вещество – во второй укос.

Схема опыта. Влияние сроков сева на урожайность зеленой массы проса сорта Галинка (1 декада мая – 1 декада июня), интервал 10 дней.

Сроки сева. 1. Первый срок сева (5 мая) (контроль); 2. Второй срок сева (15 мая); 3. Третий срок сева (25 мая); 4. Четвёртый срок сева (5 июня).

Общая площадь делянки 30 м<sup>2</sup>, учетная – 25 м<sup>2</sup>. Повторность опыта четырехкратная. Агротехника опыта общепринятая, согласно отраслевому регламенту [7]. Норма высева семян 4,0 млн/га всхожих семян. Способ посева сплошной рядовой, глубина заделки семян 2–3 см. Предшественник – озимая пшеница. Под основную обработку почвы перед закладкой опытов вносились минеральные удобрения в дозе N<sub>60</sub> P<sub>60</sub> K<sub>90</sub>. Уборку проводили в фазу выметывания, так как именно в эту фазу энергетическая и протеиновая питательность однолетних трав, в том числе и проса, на зеленую массу, является наивысшей. В течение периода вегетации проводились необходимые учеты и наблюдения согласно общепринятым методикам. Технологическая карта возделывания проса на зеленую массу была составлена с учетом отраслевых регламентов по возделыванию сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь и на ее основе были рассчитаны эксплуатационные и производственные затраты. Стоимость семян, удобрений, пестицидов, горюче-смазочных материалов была взята на уровне фактически сложившихся на период проведения исследований (за 2018–2020 гг.). Стоимость урожая зеленой массы определялась с учетом фактических закупочных цен по фуражному овсу – 144,89 руб./т).

Для определения целесообразности возделывания проса на зеленую массу с учетом сроков его сева, как одного из элементов технологии возделывания культуры, были рассчитаны энергетические и экономические показатели, так как именно они позволяют объективно оценить как отдельные агроприемы, так и новые технологии возделывания культуры.

Энергетическую эффективность возделывания проса на зеленую массу определяли по содержанию в полученном урожае сухой массы, совокупной и обменной энергии, выраженных в энергетических показателях (джоулях). Для оценки концентрации обменной энергии использовали формулу Аксельсона в модификации Н. Г. Григорьева и Н. П. Волкова [8].

Рассчитав выход валовой, обменной, совокупной энергии, была определена энергетическая эффективность возделывания данной культуры на зеленую массу в зависимости от сроков сева (табл. 1).

Таблица 1. Энергетическая эффективность возделывания проса сорта Галинка на зеленую массу в зависимости от сроков сева, среднее за 2018–2020 гг.

Показатели	Вариант (сроки сева)			
	1 срок сева	2 срок сева	3 срок сева	4 срок сева
Урожайность зеленой массы, т/га	18,0	18,4	19,1	19,3
Урожайность, т/га в сухой массе	3,67	3,75	3,90	3,94
Сбор обменной энергии, ГДж/га	35,60	36,38	37,83	38,22
Затраты совокупной энергии, ГДж/га	9,62	9,33	9,23	9,10
Удельные затраты энергии, МДж на 1 ГДж/га ОЭ	270	256	244	238
Агроэнергетический коэффициент (АК)	3,7	3,9	4,1	4,2

Данные расчетов показали, что с изменением сроков сева менялись все показатели энергетической эффективности возделывания проса сорта Галинка на зеленую массу в сторону их улучшения. Минимальными значениями анализируемых показателей характеризовались два первых срока сева, третий и четвертый сроки уже имели более высокие показатели. Так, выход сухой массы в третий и четвертый срок на 6,3 и 7,4 % превышал аналогичный показатель, полученный при первом сроке сева. Аналогичная тенденция наблюдалась и по сбору обменной энергии, когда в третий и четвертый сроки сева сбор обменной энергии, полученной с урожаем, повышался с 35,60 ГДЖ/га – при первом сроке сева, до 37,83 ГДЖ/га – при третьем, и до 38,22 ГДЖ/га – при четвертом.

С увеличением количества обменной энергии от первого до четвертого варианта сокращаются удельные затраты, приходящиеся в расчете на 1 ГДж/га Обменной энергии с 270 (первый срок сева), до 238 МДж (четвертый срок сева), или на 12,0 %. Агроэнергетический коэффициент возрастал: от 3,7 – при первом, до 4,2 – при четвертом сроке посева.

Для расчета экономической эффективности возделывания и уборки проса на зеленую массу на основании составленной технологической карты с использованием нормативно-справочных материалов были рассчитаны производственные затраты, определен их состав и структура (табл. 2).

Таблица 2. Состав и структура затрат при возделывании проса сорта Галинка на зеленую массу в зависимости от сроков сева, среднее за 2018–2020 гг.

Вид затрат	Вариант (сроки сева)							
	1 срок сева		2 срок сева		3 срок сева		4 срок сева	
	тыс. руб./га	%	тыс. руб./га	%	тыс. руб./га	%	тыс. руб./га	%
Оплата труда с начислениями	56,90	14,3	58,81	14,5	61,12	14,7	62,00	14,9
Семена	11,14	2,8	11,36	2,8	11,64	2,8	11,65	2,8
Удобрения	127,72	32,1	130,19	32,1	133,47	32,1	133,57	32,1
Пестициды	9,95	2,5	10,14	2,5	10,39	2,5	10,40	2,5
ГСМ	60,48	15,2	62,46	15,4	65,28	15,7	67,41	16,2
Затраты на содержание основных средств	83,55	21,0	86,79	21,4	89,81	21,6	90,30	21,7
Накладные расходы	48,14	12,1	45,83	11,3	44,07	10,6	40,78	9,8
<b>Всего затрат</b>	<b>397,88</b>	<b>100,0</b>	<b>405,58</b>	<b>100,0</b>	<b>415,79</b>	<b>100,0</b>	<b>416,12</b>	<b>100,0</b>

Полученные данные показывают, что самыми высокими производственными затратами на возделывание проса на зеленый корм, убираемого в фазу выметывания, отличается четвертый срок сева (416,12 тыс. руб./га.), где была получена более высокая урожайность и где на уборку большего количества продукции было затрачено больше денежных средств. Наибольший удельный вес в структуре производственных затрат занимали затраты на содержание и эксплуатацию основных средств (включая стоимость израсходованных ГСМ) (36,2–37,9 %), на удобрения (32,1 %), на оплату труда работников, занятых на возделывании данной культуры (14,3–14,9 %). Удельный вес остальных статей затрат был менее существенен.

Рассчитав сумму производственных затрат и определив стоимость полученного после уборки на зеленую массу урожая в стадии выметывания, были рассчитаны (по средним данным за 2018–2020 гг.) показатели экономической эффективности возделывания проса на зеленую массу сорта Галинка в зависимости от сроков сева (табл. 3).

Таблица 3. Экономическая эффективность возделывания проса сорта Галинка на зеленую массу в зависимости от сроков сева, среднее за 2018–2020 гг.

Показатели	Вариант (сроки сева)			
	1 срок сева	2 срок сева	3 срок сева	4 срок сева
Выход т. к. ед./га	3,24	3,31	3,44	3,47
Стоимость продукции с 1 га, тыс. руб.	469,44	479,59	498,42	502,77
Себестоимость, тыс. руб./га	397,88	405,58	415,79	416,12
Себестоимость 1 т к. ед., тыс. руб.	122,80	122,53	120,89	119,92
Условно чистый доход с 1 га, тыс. руб.	71,56	74,01	82,63	86,65
Рентабельность, %	14,24	14,43	15,70	16,38

Сопоставив стоимость полученной с одного гектара продукции, с суммой пошедших на ее производство затрат, следует отметить, что с изменением сроков сева, размер чистого дохода увеличивается, так как стоимость продукции растет быстрее, чем затраты на ее производство. Наибольшая стоимость продукции получена при посеве в четвертый срок (502,77 тыс. руб./га), наименьшая – в первый срок (469,44 тыс. руб./га). При проведении сева проса сорта Галинка в третий и четвертый сроки отмечается самая низкая себестоимость 1 т кормовых единиц (120,89 и 119,92 тыс. руб.), содержащихся в зеленой массе в период ее уборки в фазу выметывания, более высокая окупаемость производственных затрат

(1,20 и 1,22 тыс. руб. на 1 тыс. руб., вложенных в производство продукции), и самый высокий по вариантам опыта уровень рентабельности (15,17 и 16,38 %).

### **Заключение**

В результате проведенной энергетической и экономической оценки возделывания проса на зеленую массу, убираемую в фазу выметывания, в зависимости от сроков его сева в почвенно-климатических условиях северо-восточной части Беларуси установлено, что в зависимости от сроков сева не только повышается урожайность зеленой массы, но и повышается энергетическая и экономическая эффективность от данного агрономического приема.

Оптимальным сроком сева проса сорта Галинка на зеленую массу в почвенно-климатических условиях северо-восточной части Беларуси следует считать посев с третьей декады мая (третий срок) по первую декаду июня (четвертый срок), когда обеспечивается более высокая урожайность зеленой массы – 19,0–19,3 т/га, сухой массы 3,90 – 3,94 т/га; кормовых единиц –3,44–3,47 т к. ед./га; больший сбор обменной энергии – 37,83–38,22 ГДж/га; наивысшее значение агроэкологического коэффициента – 4,1–4,2, которые превышают аналогичные показатели, полученные при посеве в первый (первая декада мая) и второй сроки (вторая декада мая). Также в третий и четвертый сроки сева получены лучшие показатели экономической эффективности: самая высокая стоимость продукции – 498,42–502,77 тыс. руб./га; более низкая себестоимость кормовых единиц – 120,89–119,92 тыс. руб./т; больший размер чистого дохода – 82,63–86,65 тыс. руб./га; выше уровень рентабельности – 15,17–16,38 %.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Никифорова, И. Ю. Просо – высокодоходная культура / И. Ю. Никифорова, М. Г. Хамитов // Слагаемые эффективного агробизнеса: обобщение и рекомендации. – Казань, 2005. – Ч. 1: Земледелие и растениеводство. – 281 с.
2. Анохина, Т. А. О целесообразности использования проса в качестве страховой культуры / Т. А. Анохина // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 1. – С. 6.
3. Особенности возделывания многоукосных однолетних ценозов и сорговых культур / Н.П. Лукашевич [и др.]. – Витебск: ВГАВМ, 2008. – 44 с.
4. Возделывание проса / Р. М. Кадыров [и др.] // Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отрасл. регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию; под общ. Ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – Минск: Беларус. Навука, 2012. С. 138–145.
5. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – 3-е изд., доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 688 с.
6. Тарасенко, П. Л. Экономическая эффективность зерновых и пожнивных культур в звене севооборота / П. Л. Тарасенко // Сельское хозяйство-проблемы и перспективы: сб. науч. тр.: Т.1 / под ред. В. К. Пестиса. – Гродно: ГГАУ, 2006. – С. 305–308.
7. Возделывание проса: типовые технологические процессы: отраслевой регламент введ. 02.06.2005. – Минск, 2005. – С. 91–98.
8. Шелюто, А. А. Оценка энергетической эффективности технологий в кормопроизводстве / А. А. Шелюто: метод. пособие. – Горки: ред.-издат. отдел БГСХА, 2003. – 48 с.

## ВЛИЯНИЕ МАКРО-, МИКРО-, КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРА РОСТА ЭКОСИЛ НА УРОЖАЙНОСТЬ КОРНЕПЛОДОВ МОРКОВИ И ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ

Н. Э. ХИЗАНЕЙШВИЛИ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 11.01.2021)

Известно, что с помощью удобрений можно управлять как количественными, так и качественными показателями урожая сельскохозяйственных культур. Овощные культуры, в том числе и морковь, являются незаменимыми и важными продуктами питания человека. Оптимизация минерального питания растений требует определения доз удобрений под планируемый урожай, создания оптимальных уровней и соотношения элементов питания в почве.

В статье представлены результаты исследований по применению отечественных жидких микроудобрений с регулятором роста МикроСтим, регулятора роста Экосил, ЖКУ Агрикола вегета аква, комплексного удобрения для некорневых подкормок Лифдрил и комплексного АФК удобрения с микроэлементами для предпосевного внесения при возделывании моркови на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Отмечена высокая эффективность некорневых подкормок изучаемыми комплексными и микроудобрениями. Наибольшая урожайность моркови и значение окупаемости 1 кг NPK кг корнеплодов была в варианте с применением МикроСтим Бор, Медь на фоне минеральных удобрений в дозе  $N_{100}P_{80}K_{130}$  – 65,3 т/га и 117 кг соответственно. Применение регулятора роста, комплексных и микроудобрений повышало урожайность моркови, а вместе с тем и общий вынос элементов питания. При этом значения удельного выноса элементов питания по вариантам опыта существенно не изменялись. Наибольший общий вынос азота (167 кг/га), фосфора (97 кг/га) и калия (456 кг/га) был в варианте с применением МикроСтим Бор, Медь на фоне минеральных удобрений. Также в этом варианте был отмечен наибольший общий вынос меди (57,1 г/га), цинка (121,4 г/га) и марганца (359,2 г/га). В результате исследований отмечено, что значения удельного выноса макро- и микроэлементов существенно не отличались по вариантам опыта.

**Ключевые слова:** морковь, урожайность, удобрения, вынос элементов питания, микроэлементы.

It is known that with the help of fertilizers it is possible to control both quantitative and qualitative indicators of agricultural crops. Vegetable crops, including carrots, are irreplaceable and important human food products. Optimization of the mineral nutrition of plants requires determining the doses of fertilizers for the planned harvest, creating optimal levels and ratio of nutrients in the soil.

The article presents results of studies on the use of domestic liquid micronutrient fertilizers with the growth regulator MicroStim, growth regulator Ecosil, liquid complex fertilizer Agricola vegeta aqua, complex fertilizer for foliar dressing Leafdrip and complex NPK fertilizer with microelements for pre-sowing application when cultivating carrots on soddy-podzolic soil. High efficiency of foliar dressing with the studied complex and micronutrient fertilizers was noted. The highest yield of carrots and the payback value of 1 kg of NPK per 1 kg of root crops was in the variant with the use of MicroStim Boron, Copper against the background of mineral fertilizers at a dose of  $N_{100}P_{80}K_{130}$  – 65.3 t / ha and 117 kg, respectively. The use of a growth regulator, complex and micronutrient fertilizers increased the yield of carrots, and at the same time, the overall removal of nutrients. At the same time, the values of specific removal of nutrients according to the variants of the experiment did not change significantly. The largest total removal of nitrogen (167 kg / ha), phosphorus (97 kg / ha) and potassium (456 kg / ha) was in the variant with MicroStim Boron, Copper against the background of  $N_{100}P_{80}K_{130}$ . Also in this variant, the highest total removal of copper (57.1 g / ha), zinc (121.4 g / ha) and manganese (359.2 g / ha) was noted. As a result of the research, it was noted that the values of specific removal of macro- and microelements did not differ significantly according to the variants of the experiment.

**Key words:** carrots, productivity, fertilizers, removal of nutrients, microelements.

### Введение

При решении задачи обеспечения населения и перерабатывающих предприятий овощной продукцией важное место занимают интенсификация технологий возделывания овощных культур со снижением себестоимости продукции, сокращением ручного труда, а также оптимизацией питания растений, которое тесно связано с наличием в почве подвижных форм элементов и доступностью их для растений [1]. Сбалансированное питание растений имеет важное значение для обеспечения высокой продуктивности сельскохозяйственных культур и в получении продукции высокого качества. Поэтому для построения эффективной системы удобрения важно определять химический состав продукции и вынос растениями элементов питания [2].

Морковь занимает важное место в овощеводстве Беларуси. В структуре посевных площадей овощных культур морковь вместе со свеклой столовой занимают около 15 % [3]. Пользу моркови для организма человека сложно переоценить. Корнеплоды содержат в себе все известные витамины, минеральные соли, обладает широким спектром лечебных свойств [4]. Известно, что часть потребности в моркови покрывается за счет импорта – на прилавках магазинов всегда можно встретить морковь из Нидерландов, Польши и других стран. Республика Беларусь, располагая почвенно-климатическими условиями, которые пригодны для возделывания моркови, в состоянии полностью обеспечить население и перерабатывающие предприятия свежими корнеплодами. Следовательно, актуальным является стремление к повышению урожайности моркови путем совершенствования и оптимизации систем удобрения. Исследования по изучению влияния комплексных, макро-, микроудобрений и регуляторов роста

на урожайность, качество и вынос элементов питания при возделывании моркови, проводившиеся Г. В. Пироговской, М. В. Раком, Д. Г. Мысливец, М. Ф. Степура, А. А. Аутко, показали высокую эффективность их применения [3, 5, 6]. Однако на данный момент не имеется данных по аналогичным исследованиям на дерново-подзолистых почвах северо-восточной части Беларуси.

Цель исследований – изучить влияние минеральных удобрений в сочетании с некорневыми подкормками жидкими микроудобрениями с регулятором роста МикроСтим, а также комплексных удобрений для основного внесения и некорневых подкормок на урожайность корнеплодов моркови, оценить содержание в основной и побочной продукции элементов питания, а также общий и удельный вынос макро- и микроэлементов на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в условиях северо-восточной части Беларуси.

### Основная часть

Полевой опыт с морковью сорта Самсон закладывался в 2018 и 2020 гг. на опытном поле УНЦ «Опытные поля УО БГСХА». Почва опытного участка дерново-подзолистая, по гранулометрическому составу легкосуглинистая, подстилаемая моренным суглинком с глубины около 1 м. Содержание гумуса в годы исследований было средним –1,8 %, pH=5,9–6,1, содержание подвижных форм фосфора и калия – повышенное (202–209 и 275–295 мг/кг почвы соответственно). Содержание подвижных форм меди было средним (1,51–1,57 мг/кг почвы), цинка – низким (1,53–1,63 мг/кг почвы).

Общая площадь делянки составляла 19,6 м<sup>2</sup>, учетная – 12,6 м<sup>2</sup>, повторность опыта четырехкратная. Предшественник – картофель. Посев моркови осуществлялся в 1 декаде мая на гребне по схеме 10+60 см с шириной междурядий 70 см. В период вегетации моркови проводились фенологические наблюдения, осуществлялась химическая защита посевов от сорной растительности. Уборку урожая корнеплодов и ботвы проводили в конце сентября вручную сплошным поделяночным методом.

Из минеральных удобрений применялись карбамид (46 % N), аммонизированный суперфосфат (45 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 10 % N), хлористый калий (60 % K<sub>2</sub>O), которые вносили перед посевом. Микроудобрения вносили двукратно путем некорневых подкормок в фазу начала формирования корнеплода, и через месяц после первой обработки. В качестве микроудобрений использовались отечественные микроудобрения с регулятором роста МикроСтим В (150 г/л бора, 0,6–8,0 г/л гуматов, 50 г/л N), МикроСтим Cu (78 г/л меди, 0,6–5,0 г/л гуматов, 65 г/л N), МикроСтим В, Cu (40 г/л бора, 40 г/л меди, 0,6–6,0 г/л гуматов, 65 г/л N) и польское микроудобрение Эколист В (150 г/л бора). Комплексное азотно-фосфорно-калийное удобрение марки 16:12:20 с S<sub>7</sub>V<sub>0,15</sub>Cu<sub>0,10</sub> вносили перед посевом под культивацию, ЖКУ Агрикола вегета аква вносили трижды путем некорневой подкормки: по 3 л/га через месяц после всходов, через 15 дней после 1-й обработки и через 15 дней после 2-й обработки. Некорневую подкормку комплексным удобрением Лифдрил проводили дважды: по 5 кг/а в фазу 3–4 листьев, и в фазу начала образования корнеплода.

Статистическая обработка полученных данных проводилась по методикам Б. А. Доспехова [8] и М. Дембицкого [9].

За годы исследований наименьшая урожайность корнеплодов моркови была в варианте без удобрений – 28,9 т/га (табл. 1). Внесение минеральных удобрений в дозах N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>, N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>100</sub> и N<sub>100</sub>P<sub>80</sub>K<sub>130</sub> повышало урожайность корнеплодов на 16,7, 20,9 и 36,4 т/га, а окупаемость 1 кг NPK кг корнеплодов в этих вариантах составляла 80, 87 и 102 кг соответственно.

Таблица 1. Урожайность моркови и содержание макроэлементов в ботве и корнеплодах в зависимости от применяемых макро- и микроудобрений, среднее за 2018 и 2020 гг.

Вариант	Урожайность, т/га	Окупаемость 1 кг NPK, кг корнеплодов	Содержание в корнеплодах, %			Содержание в ботве, %		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Контроль (без удобрений)	28,9	–	1,14	0,86	4,65	1,93	0,68	4,50
2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	45,6	80	1,31	0,85	4,09	1,85	0,70	4,96
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub> – фон 1	49,8	87	1,43	0,93	4,43	1,77	0,69	4,37
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub> (NPK с S <sub>7</sub> V <sub>0,15</sub> Cu <sub>0,10</sub> )	56,6	115	1,25	0,92	4,29	1,74	0,64	4,61
5. Фон 1 + Эколист В	54,8	108	1,25	0,86	4,24	1,98	0,65	4,28
6. Фон 1 + МикроСтим В	54,5	107	1,42	0,90	4,30	2,29	0,70	4,06
7. Фон 1 + Экосил	52,3	98	1,34	0,94	4,16	2,19	0,73	4,86
8. Фон 1 + МикроСтимCu	55,4	110	1,37	0,92	4,14	1,97	0,73	4,54
9. Фон 1 + МикроСтим В, Cu	57,4	119	1,48	1,02	4,07	1,95	0,69	4,70
10. Фон 1 + Лифдрил	58,6	124	1,41	1,08	4,26	2,02	0,80	4,63
11. Фон 1 + Агрикола вегета аква	52,9	100	1,58	0,98	4,26	1,95	0,76	4,98
12. N <sub>100</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub> – фон 2	60,5	102	1,43	0,90	4,54	2,09	0,68	4,88
13. Фон 2 + МикроСтим В, Cu	65,3	117	1,42	1,00	4,29	1,94	0,63	4,23
НСР <sub>05</sub>	1,35	–	0,07	0,06	0,18	0,09	0,04	0,17

Комплексное удобрение для основного внесения марки 16:12:20 с  $S_7V_{0,15}Cu_{0,10}$  в дозе  $N_{80}P_{60}K_{100}$  по сравнению с вариантом 3, где вносили в таких же дозах карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлорид калия, повышало урожайность корнеплодов моркови на 6,8 т/га, а окупаемость 1 кг NPK кг корнеплодов при этом составила 115 кг.

Двукратная некорневая подкормка посевов моркови микроудобрениями Эколист В и МикроСтим В на фоне  $N_{80}P_{60}K_{100}$  увеличивала урожайность моркови на 5,0 и 4,7 т/га соответственно с окупаемостью 1 кг NPK кг корнеплодов 108 и 107 кг.

Прибавка урожайности корнеплодов от применения регулятора роста Экосил, а также комплексных удобрений для некорневых подкормок Лифдрип и Агрикола вегета аква на фоне  $N_{80}P_{60}K_{100}$  составила 2,5, 8,8 и 3,1 т/га. Окупаемость 1 кг NPK кг корнеплодов в этих вариантах была 98, 124 и 100 кг соответственно.

На фоне  $N_{100}P_{80}K_{130}$  двукратное применение микроудобрения МикроСтим В, Cu увеличивало урожайность корнеплодов моркови на 4,8 т/га, а на фоне  $N_{80}P_{60}K_{100}$  – на 7,6 т/га при окупаемости 1 кг NPK 117 и 119 кг корнеплодов.

Применение удобрений оказывало наиболее существенное влияние на содержание в корнеплодах и ботве моркови азота. Внесение минеральных удобрений в дозах  $N_{60}P_{60}K_{90}$  и  $N_{80}P_{60}K_{100}$  в сравнении с контрольным вариантом без удобрений повышало содержание азота в корнеплодах в среднем за три года на 0,17 и 0,29 % соответственно.

Наиболее существенное влияние на содержание азота в корнеплодах моркови оказало применение комплексного АФК удобрения с серой, бором и медью в дозе, эквивалентной варианту 3, где использовались карбамид, суперфосфат аммонизированный и хлорид калия, и применение Эколист В на фоне  $N_{80}P_{60}K_{100}$  – в этих вариантах содержание азота в корнеплодах снижалось на 0,18 % соответственно.

В ботве содержание азота при применении микроудобрений и регулятора роста повышалось на 0,18–0,52 %, а на фоне повышенных доз минеральных удобрений  $N_{100}P_{80}K_{130}$  двукратная некорневая подкормка микроудобрением МикроСтим В, Cu снижала содержание азота в ботве на 0,15 %.

Наибольшее содержание азота в корнеплодах моркови было отмечено в варианте  $N_{90}P_{80}K_{130}$  + Агрикола вегета аква – 1,58 %, в ботве – в варианте  $N_{80}P_{60}K_{100}$  + МикроСтим В (2,29 %).

Содержание фосфора в корнеплодах и ботве по вариантам опыта значительно не изменялось.

Содержание калия в корнеплодах моркови, в отличие от его содержания в ботве, было более стабильным и не имело существенных изменений при применении удобрений и регуляторов роста. Наиболее значительно содержание калия в ботве моркови возрастало в вариантах, где на фоне  $N_{80}P_{60}K_{100}$  применяли регулятор роста Экосил (+ 0,49 %) и ЖКУ Агрикола вегета аква (+ 0,61 %).

На фоне повышенных доз удобрений  $N_{100}P_{80}K_{130}$  обработка посевов моркови МикроСтим В, Cu наоборот – способствовала снижению содержания калия в ботве на 0,65 %, а в корнеплодах – на 0,25 %.

Отмечено, что в ботве моркови содержание меди было почти в 2, а марганца – в 3,5–6 раз больше, чем в корнеплодах (табл. 2). Накопление цинка было практически одинаковым как в корнеплодах, так и в ботве моркови. Наибольшим содержанием меди и цинка отличались корнеплоды моркови в варианте с комплексным удобрением с серой, бором и медью – 4,89 мг/кг сухой массы, марганца – в варианте с  $N_{100}P_{80}K_{130}$ +МикроСтим В, Cu – 20,03 мг/кг.

Таблица 2. Влияние макро- и микроудобрений и регуляторов роста на содержание микроэлементов в корнеплодах и ботве моркови, среднее за 2018 и 2020 гг.

Вариант опыта	Содержание в корнеплодах, %			Содержание в ботве, %		
	Cu	Zn	Mn	Cu	Zn	Mn
1. Контроль (без удобрений)	3,50	8,18	13,32	5,98	8,70	72,54
2. $N_{60}P_{60}K_{90}$	3,04	8,39	15,07	6,10	8,97	78,76
3. $N_{80}P_{60}K_{100}$ – фон 1	3,65	9,28	15,67	6,36	7,96	83,10
4. $N_{80}P_{60}K_{100}$ (NPK с $S_7V_{0,15}Cu_{0,10}$ )	4,89	11,35	15,48	7,52	8,19	96,24
5. Фон 1 + Эколист В	3,99	10,40	17,41	6,83	8,74	81,90
6. Фон 1 + МикроСтим В	3,51	10,12	17,57	6,80	9,09	93,86
7. Фон 1 + Экосил	3,92	9,89	18,59	6,54	9,62	73,34
8. Фон 1 + МикроСтимCu	4,80	9,47	18,96	8,15	8,60	82,93
9. Фон 1 + МикроСтим В, Cu	4,13	9,37	19,33	7,25	8,83	78,04
10. Фон 1 + Лифдрип	4,48	10,70	18,91	7,47	10,01	76,28
11. Фон 1 + Агрикола вегета аква	3,86	10,00	17,34	6,73	10,31	71,97
12. $N_{100}P_{80}K_{130}$ – фон 2	4,31	12,96	19,43	7,44	11,19	65,79
13. Фон 2 + МикроСтим В, Cu	4,65	10,97	20,03	7,41	12,58	73,51
НСР <sub>05</sub>	0,228	0,445	0,751	0,356	0,422	2,789

Практически во всех вариантах опыта, где применялись комплексные и микроудобрения, происходило повышение содержания исследуемых микроэлементов как в основной, так и в побочной продукции. Это можно объяснить, скорее всего, усилением метаболизма в растениях и активным вовлечением микроэлементов в биохимические реакции в растениях, что, в свою очередь и приводило к повышению урожайности моркови.

Значения общего выноса макро- и микроэлементов зависели от урожайности моркови и их содержания в основной и побочной продукции. Значительное влияние на увеличение выноса элементов питания оказывали комплексные, макро-, микроудобрения и регулятор роста, что связано с увеличением урожайности (табл. 3, табл. 4).

Таблица 3. **Общий и удельный вынос макроэлементов растениями моркови в зависимости от применения удобрений и регуляторов роста, среднее за 2018 и 2020 гг.**

Вариант опыта	Общий вынос, кг/га			Удельный вынос, кг/т		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Контроль (без удобрений)	56	33	187	1,9	1,1	6,5
2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	90	50	268	2,0	1,1	5,8
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub> – фон 1	100	57	291	2,0	1,1	5,8
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub> (НРК с S7B <sub>0,15</sub> Cu <sub>0,10</sub> )	122	74	393	2,2	1,3	6,9
5. Фон 1 + Эколист В	126	71	373	2,3	1,3	6,8
6. Фон 1 + МикроСтим В	139	72	360	2,6	1,3	6,6
7. Фон 1 + Экосил	126	71	351	2,4	1,4	6,7
8. Фон 1 + МикроСтимCu	123	71	353	2,2	1,3	6,3
9. Фон 1 + МикроСтим В, Cu	139	82	377	2,4	1,4	6,5
10. Фон 1 + Лифдрип	145	94	404	2,5	1,6	6,9
11. Фон 1 + Агрикола вегета аква	124	69	331	2,4	1,3	6,2
12. N <sub>100</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub> – фон 2	147	77	420	2,4	1,3	6,9
13. Фон 2 + МикроСтим В, Cu	167	97	456	2,5	1,5	7,0

С увеличением доз минеральных удобрений по сравнению с неудобренным контрольным вариантом увеличивался общий вынос элементов питания. При внесении N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>, N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>100</sub> и N<sub>100</sub>P<sub>80</sub>K<sub>130</sub> вынос азота возрастал в 1,6, 1,8 и 2,6 раза, фосфора – в 1,5, 1,7 и 2,3 раза, калия – в 1,4, 1,6 и 2,2 раза соответственно. При этом вынос меди, цинка и марганца повышался в зависимости от доз минеральных удобрений в 1,4–2,7, 1,6–3,4, и 1,6–2,3 раз соответственно.

Таблица 4. **Общий и удельный вынос микроэлементов растениями моркови в зависимости от применения удобрений и регуляторов роста, среднее за 2018 и 2020 гг.**

Вариант опыта	Общий вынос, кг/га			Удельный вынос, кг/т		
	Cu	Zn	Mn	Cu	Zn	Mn
1. Контроль (без удобрений)	17,1	33,9	122,9	0,6	1,2	4,3
2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	24,0	52,6	200,7	0,5	1,2	4,4
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub> – фон 1	28,9	58,7	223,2	0,6	1,2	4,5
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub> (НРК с S7B <sub>0,15</sub> Cu <sub>0,10</sub> )	51,0	94,3	329,5	0,9	1,7	5,8
5. Фон 1 + Эколист В	41,8	87,1	301,5	0,8	1,6	5,5
6. Фон 1 + МикроСтим В	37,4	83,4	318,2	0,7	1,5	5,8
7. Фон 1 + Экосил	37,4	79,2	269,4	0,7	1,5	5,1
8. Фон 1 + МикроСтимCu	47,8	76,6	298,4	0,9	1,4	5,4
9. Фон 1 + МикроСтим В, Cu	44,8	82,6	310,8	0,8	1,4	5,4
10. Фон 1 + Лифдрип	48,7	97,6	311,3	0,8	1,7	5,3
11. Фон 1 + Агрикола вегета аква	34,4	74,9	236,9	0,6	1,4	4,5
12. N <sub>100</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub> – фон 2	46,7	114,8	281,6	0,8	1,9	4,7
13. Фон 2 + МикроСтим В, Cu	57,1	121,4	359,2	0,9	1,9	5,6

Изучаемые микро-, комплексные удобрения и регуляторы роста способствовали увеличению выноса азота, фосфора и калия. Максимальный общий вынос азота, фосфора и калия был при применении МикроСтим В, Cu на фоне N<sub>100</sub>P<sub>80</sub>K<sub>130</sub> – 167, 97 и 456 кг/га соответственно. В этом же варианте был отмечен наибольший вынос меди (57,1 г/га), цинка (121,4 г/га) и марганца (359,2 г/га).

Удельный вынос азота и фосфора, калия и микроэлементов на 1 т основной и соответствующее количество побочной продукции моркови существенно не изменялся.

### **Заключение**

1. Наибольшая урожайность корнеплодов моркови и окупаемость 1 кг НРК кг корнеплодов за годы исследований была в вариантах с применением микроудобрения МикроСтим Бор, Медь на фоне минеральных удобрений N<sub>100</sub>P<sub>80</sub>K<sub>130</sub>, которая составила 65,3 т/га и 117 кг соответственно.

2. По влиянию на урожайность моркови и окупаемость 1 кг НРК кг корнеплодов белорусское микроудобрение МикроСтим Бор не уступает польскому Эколист Бор, поэтому его можно использовать для импортозамещения.

3. Общий вынос элементов питания растениями моркови возрастал при применении макро- и микроудобрений, и наибольших значений достигал в варианте  $N_{100}P_{80}K_{130}$ +МикроСтим Бор, Медь: 167 кг/га по азоту, 97 кг/га по фосфору и 456 кг/га по калию. Максимальным был в этом варианте и вынос микроэлементов: 57,1 г/га меди, 121,4 г/га цинка и 359,2 г/га марганца.

4. Значения удельного выноса макро- и микроэлементов существенно не различались по вариантам опыта и составляли по азоту от 1,9 до 2,6 кг/т, по фосфору – 1,1–1,6 кг/т, по калию – 5,8–7 кг/т. Удельный вынос меди составлял 0,5–0,9 г/т, цинка – 1,2–1,9 г/т марганца – 4,3–5,8 г/т.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Современные технологические приемы возделывания овощных культур: научный обзор / Г. Т. Балакай [и др.]; ФГНОУ РосНИИПМ. – Новочеркасск, 2011. – 102 С.

2. Вынос и баланс элементов питания в зернотравяном севообороте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / В. В. Лапа [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2 (51). – С. 143–150.

3. Степуро, М. Ф. Комплексная оценка агроприемов возделывания столовых корнеплодов по биопродуктивным и качественным показателям / М. Ф. Степуро, А. А. Аутко // Природопользование. – 2011. – № 11. – С. 111–116.

4. Рынок овощей «борщового набора» / Т. Кучеренко // Овощеводство. – 2011. – № 12 (84). – С. 34–40.

5. Влияние минеральных удобрений с добавками микроэлементов и регуляторов роста растений на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции / Г. В. Пироговская // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2 (51). – С. 177–191.

6. Влияние комплексных удобрений с микроэлементами и орошения на урожайность и качество моркови на дерново-подзолистой супесчаной почве: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Д. Г. Мысливец; РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2015. – 21 С.

7. Эффективность жидких удобрений МикроСтим при возделывании пропашных, овощных и плодово-ягодных культур на дерново-подзолистых почвах / М. В. Рак [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1 (48). – С. 109–116.

8. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 235 с.

9. Дзямбіцкі, М. Ф. Асаблівасці дысперсійнага аналізу вынікаў шматгадовага палявога доследу / М. Ф. Дзямбіцкі // Весці Акадэміі аграрных навук Беларусі. – 1994. – № 3 – С. 60–64.



## УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ

**А. Л. НОВИК, В. П. ДУКТОВ, Н. А. ДУКТОВА**

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: duktov@tut.by

(Поступила в редакцию 15.01.2021)

*В условиях северо-восточной части Беларуси проведен сравнительный анализ урожайности и качества зерна районированных сортов яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) различных морфотипов: Розалия (среднерослый), Ириде (низкорослый). Установлены достоверные отличия изучаемых сортов по отзывчивости на применение средств защиты и регуляторов роста растений, как по уровню прибавки урожайности, так и по показателям качества зерна. Большей отзывчивостью на применение агрохимикатов отличался сорт Розалия, который обеспечил повышение урожайности в среднем по вариантам +3,5...+8,3 ц/га, при +3,3...+6,9 ц/га у сорта Ириде. На фоне увеличения урожайности у обоих сортов отмечено снижение содержания белка и клейковины по блокам исследований. В вариантах с протравливанием семян – на 0,4–1,1 % и на 1,0–1,3 % соответственно; с регуляторами роста – 0,8–0,9 % и 1,6 %. В вариантах с применением фунгицидов по вегетирующим растениям снижение составило 1,0–1,5 % и 3,1 %, но при этом отмечено увеличение натуре зерна в среднем на 22–26 г/л за счет повышения его крупности и выполненности. Двукратное внесение фунгицидов в период вегетации способствовало формированию наибольшего содержания белка в зерне обоих сортов (14,0–14,8 %).*

*На основании анализа сортовой отзывчивости на изучаемые средства защиты и регуляторы роста растений рекомендованы оптимальные схемы применения агрохимикатов, которые обеспечат при возделывании сорта Розалия получение урожайности зерна 47–52 ц/га, с содержанием клейковины 29–32 %, белка 14 %, стекловидностью 77–80 % и натуре 750–817 г/л; при возделывании сорта Ириде – соответственно 42–47 ц/га, с содержанием клейковины 29–33 % и белка 14–15 %, стекловидностью 73–78 % и натуре 750–790 г/л, что в полной мере отвечает требованиям ГОСТ пищевой промышленности для выработки качественных макаронных изделий и круп.*

**Ключевые слова:** яровая твердая пшеница, сорт, клейковина, белок, стекловидность, натура зерна, урожайность, протравители семян, регуляторы роста растений, фунгициды.

*In the conditions of the northeastern part of Belarus, a comparative analysis was carried out of yield and quality of grain of zoned varieties of spring durum wheat (*Triticum durum* Desf.) of various morphotypes: Rozaliia (medium-sized), Iride (undersized). Significant differences were established between the studied varieties in responsiveness to the use of plant protection agents and plant growth regulators, both in terms of the increase in yield and in terms of grain quality. The variety Rozaliia was more responsive to the use of agrochemicals, which provided an increase in yield on average for options +0.35 ... +0.83 t/ha, with +0.33 ... +0.69 t/ha for variety Iride. Against the background of an increase in yield, both varieties showed a decrease in the content of protein and gluten in the blocks of studies. In variants with seed dressing – by 0.4–1.1 % and by 1.0–1.3 %, respectively; with growth regulators – 0.8–0.9 % and 1.6 %. In variants with the use of fungicides for vegetative plants, the decrease was 1.0–1.5 % and 3.1 %, but at the same time, an increase in the nature of grain by an average of 22–26 g/l was noted due to an increase in its size and fulfillment. Double application of fungicides during the growing season contributed to the formation of the highest protein content in the grain of both varieties (14.0–14.8 %).*

*Based on the analysis of varietal responsiveness to the studied means of protection and plant growth regulators, optimal schemes for the use of agrochemicals are recommended, which will ensure, when cultivating the Rozaliia variety, a grain yield of 4.7–5.2 t/ha, with a gluten content of 29–32 %, a protein content of 14 %, a glassiness of 77–80 % and the nature of 750–817 g/l; when cultivating the Iride variety – 4.2–4.7 t/ha, respectively, with a gluten content of 29–33 % and a protein content of 14–15 %, a glassiness of 73–78 % and a nature value of 750–790 g/l, which fully meets the GOST requirements of food industry for the production of high-quality pasta and cereals.*

**Key words:** spring durum wheat, variety, gluten, protein, vitreousness, grain nature, productivity, seed dressing agents, plant growth regulators, fungicides.

### Введение

Зерно твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) – это ценное сырье для получения разного вида макаронных и крупяных изделий, которые являются продуктами для здорового и диетического питания благодаря находящимся в зерне витаминам (В<sub>1</sub> – 24,7 %; В<sub>3</sub> – 24,0 %; В<sub>6</sub> – 30,0 %; РР – 36,5 %), минералам и пищевым волокнам. Посевные площади, занимаемые твердой пшеницей, в мире в последние десятилетия варьируют в пределах 12–15 млн га. По данным аналитического агентства Международного совета по зерну (МСЗ) – International Grains Council (IGC), мировое производство твердой пшеницы варьирует от 30 до 40 млн т, что составляет около 5 % в общемировом производстве пшеницы (757 млн т) [1]. Основное направление использования зерна *durum* – это выработка высококачественных макаронных изделий и круп, которые обладают высокой питательностью, богаты витаминами и относятся к диетическим продуктам благодаря содержанию так называемых «медленных» углеводов. Отличие зерна пшеницы твердой от зерна хлебопекарной мягкой пшеницы заключается в физико-химических свойствах, структуре и содержании клейковинных белков и особенностях микроструктуры эндосперма, обладающего монолитной высокостекловидной структурой. Качество зерна – главный критерий, по которому твердая пшеница оценивается на мировом рынке. В производстве качество

зерна нормируется по следующим показателям: стекловидность, натура, содержание белка и сырой клейковины, а также её упруго-вязкие свойства. [2, 3, 4].

В настоящее время в Республике Беларусь районировано два отечественных сорта яровой твердой пшеницы: Розалия (с 2015 г.) и Валента (с 2019 г.), семеноводство которых начато в УО БГСХА, также в Госреестр включены два сорта итальянской селекции – Ириде и Меридиано. Для широкого внедрения данной культуры в нашей стране необходимо исследование особенностей ее агротехники и, в первую очередь, приемов, направленных на повышение макаронных свойств зерна с сохранением высокого уровня урожайности, поскольку по продуктивности пшеница твердая уступает мягкой. Более низкая урожайность и отсутствие надбавки за качество при ценообразовании в нашей стране сдерживает распространение данной культуры в Беларуси, в результате чего потребность в высококачественных макаронных изделиях группы А обеспечивается за счет импорта из других государств.

Вместе с тем увеличение производства качественного продовольственного зерна является одной из главнейших задач в развитии сельского хозяйства нашей страны. Поэтому выявление агротехнологических приемов возделывания *T. durum*, обеспечивающих наилучшие показатели качества зерна и высокие макаронные свойства, является важным и актуальным направлением [4].

В связи с этим целью наших исследований являлось установление сортовой отзывчивости яровой твердой пшеницы по показателям качества зерна на применение средств защиты и регуляторов роста растений в почвенно-климатических условиях северо-восточной части Республики Беларусь.

### Основная часть

Исследования проводились в 2016–2018 гг. на опытном участке «Тушково» УНЦ «Опытные поля БГСХА». Объектами исследований выступали районированные в Республике Беларусь сорта яровой твердой пшеницы различных морфотипов: сорт итальянской селекции Ириде (низкорослый) и сорт белорусской селекции (УО БГСХА) Розалия (среднерослый). Агротехника посева соответствовала рекомендациям по возделыванию твердой пшеницы в Беларуси [5, 6]. Норма высева – 5,7 млн всхожих семян на 1 га. Осенью в основную обработку почвы вносили 120 кг/га д. в.  $K_2O$  (2 ц/га  $KCl$  под вспашку), весной в предпосевную культивацию – 70 кг/га д.в. азота (1,5 ц/га мочевины) и 60 кг/га д.в.  $P_2O_5$  (2 ц/га аммонизированного суперфосфата). В период вегетации применяли микроэлементы Эколист моно медь, 1 л/га в фазе начала выхода в трубку и осуществляли подкормку посевов азотом из расчета 46 кг/га д.в. (1,0 ц/га мочевины). Химпрополка посевов проводилась в середине фазы кушения баковой смесью – 2М-4Х, 0,7 л/га + Тамерон, 0,015 кг/га + Атрибут, 0,05 кг/га. Для предотвращения полегания в фазу «начало трубкования» посевы твердой яровой пшеницы подвергались обработке регулятором роста ЦеЦеЦе 750, 1,0 л/га. Защита посевов от вредителей в фазу трубкования проводилась инсектицидом Фастак, 0,1 л/га. Посев осуществлялся сеялкой Нега-80. Размер делянки опыта 10 м<sup>2</sup>, повторность 4 кратная [7].

Исследования по оценке сортовой отзывчивости твердой пшеницы на применение средств защиты и регуляторов роста растений включали 3 блока опытов: препараты фунгицидного действия для предпосевной обработки семян (табл. 1), применение регуляторов роста растений (табл. 2), проведение фунгицидной обработки в период вегетации посевов (табл. 3).

Таблица 1. Урожайность и качество зерна сортов яровой твердой пшеницы в зависимости от применения протравителей семян, среднее за 2016–2018 гг.

Вариант	Содержание клейковины, %	Содержание белка, %	Группа качества клейковины	Стекловидность, %	ИДК, ед.	Натура зерна, г/л	Урожайность, ц/га
сорт Ириде							
1. Контроль	34,1	15,7	1	79,7	70,6	788,9	35,92
2. Раксил, 0,5 л/т	34,2	15,2	1	77,0	74,7	770,3	40,49
3. Ламадор Про, 0,5 л/т	31,5	14,3	1	73,3	69,5	774,3	40,84
4. Баритон, 1,5 л/т	33,4	14,9	1	76,8	69,9	790,4	43,04
5. Максим Форте, 2,0 л/т	33,6	14,8	1	78,0	74,2	777,7	38,78
6. Кинто Дуо, 2,5 л/т	31,4	14,2	2	75,8	76,6	779,0	42,34
7. Систива, 1,0 л/т	31,9	14,5	2	80,4	79,6	786,7	43,22
8. Иншур Перформ, 0,5 л/т	33,7	14,5	1	72,8	73,3	788,5	42,93
<i>Среднее по вариантам 2-8</i>	<b>32,8</b>	<b>14,6</b>		<b>76,3</b>	<b>74,0</b>	<b>781,0</b>	<b>41,66</b>
сорт Розалия							
1. Контроль	32,3	14,4	1	81,8	77,7	814,0	39,11
2. Раксил, 0,5 л/т	31,8	14,4	1	81,6	65,5	807,6	43,97
3. Ламадор Про, 0,5 л/т	30,7	13,9	1	76,7	74,5	809,0	44,81
4. Баритон, 1,5 л/т	30,5	13,8	1	76,3	65,2	816,4	45,64
5. Максим Форте, 2,0 л/т	31,2	13,9	1	81,7	66,8	808,0	44,39
6. Кинто Дуо, 2,5 л/т	31,7	14,1	1	80,2	58,1	823,0	47,38
7. Систива, 1,0 л/т	31,7	13,9	1	78,7	63,4	810,1	46,46
8. Иншур Перформ, 0,5 л/т	31,2	13,8	1	78,8	65,2	817,4	47,91
<i>Среднее по вариантам 2-8</i>	<b>31,3</b>	<b>14,0</b>		<b>79,1</b>	<b>65,5</b>	<b>813,1</b>	<b>45,79</b>

Показатели качества зерна определяли в аккредитованной Испытательной лаборатории качества семян УО БГСХА с использованием метода инфракрасной спектроскопии на базе анализатора Infraneo-960 (СНОРІN).

К основным показателям, формирующим технологические свойства зерна, относятся масса 1000 зерен, натура, стекловидность, содержание и качество клейковины. Величина урожая и качество зерна является конечным результатом комплексного воздействия ряда факторов и существенно изменяются под влиянием как абиотических факторов среды, так и агротехники возделывания. Выявив особенности их воздействия на растение, можно рассчитывать стабильное производство высококачественного зерна твердой пшеницы [3, 6]. При этом важно отметить, что основной проблемой производства качественного зерна пшеницы является тесная (–0,8 ... –0,9) отрицательная коррелятивность показателей качества с продуктивностью. Чем выше урожайность, тем ниже содержание белка и клейковины в зерне, что также подтвердили и наши исследования. Сравнение сортов Розалия и Ириде в контрольных вариантах позволило установить следующее: сорт Розалия превышает по урожайности сорт Ириде в среднем на 3,9 ц/га и уступает ему по содержанию клейковины и белка на 1,0 и 0,9 % соответственно (табл. 1–3). Однако зерно сорта Розалия отличалось более высокой стекловидностью (+1,6 % к показателю сорта Ириде) и имеет натуру зерна на 28,1 единиц выше.

Применение агрохимикатов по всем вариантам опыта обеспечило существенный прирост урожайности обоих сортов, приведя к закономерному снижению показателей качества зерна. Тем не менее нами установлены достоверные отличия в сортовой отзывчивости на применение средств защиты и регуляторов роста растений как по уровню прибавки урожайности, так и по параметрам качества зерна. Большой отзывчивостью на применение агрохимикатов отличался сорт Розалия, который обеспечил повышение урожайности в среднем по вариантам +3,5...+8,3 ц/га, у сорта Ириде аналогичные показатели составили +3,3...+6,9 ц/га.

Наибольший прирост урожайности отмечен при применении препаратов фунгицидного действия как для протравливания семян, так и по вегетирующим растениям. Прибавка составила в соответственно по вариантам +4,9...+8,8 и +4,7...+11,7 ц/га у сорта Розалия и +4,6...+7,3 и +3,7...+10,7 ц/га у сорта Ириде. На фоне увеличения урожайности у обоих сортов отмечено снижение содержания белка и клейковины по блокам исследований. В вариантах с протравливанием семян – соответственно на 0,4 и 1,0 % у сорта Розалия и на 1,1 и 1,3 % у сорта Ириде (табл. 1). В вариантах с применением фунгицидов по вегетирующим растениям снижение составило 1,0 и 3,1 % и 1,5 и 3,1 % соответственно по сортам, однако эквивалентно повышению урожайности в данном опыте отмечено и повышение крупности зерен и их выполненности, как следствие наблюдалось увеличение натуре зерна обоих сортов в среднем на 22,3 ед. у сорта Ириде и на 25,9 ед. у сорта Розалия (табл. 2).

Таблица 2. Влияние применения фунгицидов в период вегетации на урожайность и качество зерна сортов яровой твердой пшеницы, среднее за 2016–2018 гг.

Показатель	Содержание клейковины, %	Содержание белка, %	Группа качества клейковины	Стекловид- ность, %	ИДК, ед.	Натура зерна, г/л	Урожайность, ц/га
<b>сорт Ириде</b>							
1. Фон	33,4	15,9	1	80,6	67,6	726,1	36,96
2. Эхион, 0,5 л/га ДК 37-39	30,3	14,1	1	78,7	73,7	722,6	40,67
3. Менара, 0,5 л/га ДК 37-39	31,0	14,3	2	74,1	74,0	760,9	41,45
4. Рекс Дуо, 0,6 л/га ДК 37-39	30,3	14,2	1	77,5	73,0	771,7	41,76
5. Эхион, 0,5 л/га ДК 37-39; Колосаль, 1 л/га ДК 61-65	29,7	14,7	1	76,8	69,7	729,1	44,97
6. Менара, 0,5 л/га ДК 37-39; Амистар Трио, 1 л/га ДК 61-65	31,3	14,8	1	77,8	66,8	760,2	47,66
7. Рекс Дуо, 0,6 л/га ДК 37-39; Осирис, 1,5 л/га ДК 61-65	29,3	14,4	2	76,8	72,6	747,3	46,86
<i>Среднее по вар. 2–7</i>	<b>30,3</b>	<b>14,4</b>		<b>77,0</b>	<b>71,6</b>	<b>748,6</b>	<b>43,90</b>
<b>сорт Розалия</b>							
1. Фон	32,6	14,8	1	82,3	62,9	746,1	40,71
2. Эхион, 0,5 л/га ДК 37-39	28,2	13,0	1	79,1	68,5	801,1	45,40
3. Менара, 0,5 л/га ДК 37-39	29,1	13,5	1	75,3	64,6	767,9	47,28
4. Рекс Дуо, 0,6 л/га ДК 37-39	31,8	13,9	1	79,2	67,4	796,5	47,43
5. Эхион, 0,5 л/га ДК 37-39; Колосаль, 1 л/га ДК 61-65	29,2	14,2	1	80,2	66,9	753,0	50,59
6. Менара, 0,5 л/га ДК 37-39; Амистар Трио, 1 л/га ДК 61-65	29,4	14,0	1	80,2	61,1	746,3	52,44
7. Рекс Дуо, 0,6 л/га ДК 37-39; Осирис, 1,5 л/га ДК 61-65	29,6	14,1	1	77,1	70,4	768,1	51,08
<i>Среднее по вар. 2–7</i>	<b>29,5</b>	<b>13,8</b>		<b>78,5</b>	<b>66,5</b>	<b>772,2</b>	<b>49,04</b>

Для получения качественных макаронных изделий содержание белка не является строго лимитирующим фактором и вполне достаточен на уровне 12–15 % [8]. В наших исследованиях по всем вариантам опыта данный показатель соответствовал требованиям (13,9–14,7 %). Вместе с тем установлена сортовая отзывчивость по содержанию белка в зерне яровой твердой пшеницы на применение изучаемых агрохимикатов. Выше данный параметр был в зерне сорта Ириде и превышал значения сорта Розалия на 0,6, 0,5 и 0,5 % в среднем по блокам исследований. Наибольшее содержание белка отмечено в вариантах с применением препарата для предпосевной обработки семян Раксил (15,2 и 14,4 %) и при двукратном внесении фунгицидов в период вегетации (14,4–14,8 и 14,0–14,2 %) в посевах обоих изучаемых сортов. Следует отметить, что все варианты исследований обеспечили содержание белка в зерне пшеницы, соответствующее первому классу ГОСТ [9].

Одним из важнейших показателей качества при производстве сырья для изготовления макаронных изделий является содержание клейковины. Для выработки макаронной муки содержание клейковины в сырьевом зерне должно быть не менее 25–28 %. При оценке качества клейковины используется ИДК – измерение деформации клейковины, показатель упругости, который является одним из важных элементов качества пшеницы, влияющий на хлебопекарные свойства муки. На итоговый показатель упругости клейковины оказывают влияние аминокислотные связи, соединяющие белки клейковины. На формирование данных связей в процессе роста и развития пшеницы влияют множество факторов: содержание влаги в почве, температурный режим, обеспеченность питательными веществами, технология возделывания, сортовая принадлежность.

В наших исследованиях большее содержание клейковины отмечено у менее урожайного сорта Ириде. В среднем по вариантам изучаемых пестицидов и росторегуляторов содержание клейковины в зерне сорта итальянской селекции находилось в пределах 30,3–32,8 %, что выше аналогичных значений в изучаемых вариантах при возделывании более высокоурожайного сорта Розалия на 0,6–1,5 %.

Применение агрохимикатов позволило существенно повысить урожайность исследуемых сортов, при этом снижение показателей качества зерна было допустимым в пределах требований ГОСТа. Наибольшее содержание клейковины в зерне сорта Ириде установлено в вариантах с обработкой семян препаратами Раксил, Максим Форте и Иншур Перформ (33,6–34,2 %), а также при обработке посевов фунгицидом Менара однократно и с последующим внесением Амистар Трио (31,0–31,3 %). В зерне сорта Розалия максимальное содержание клейковины выявлено при применении протравителей семян Раксил, Кинто Дуо и Систива (31,7–31,8 %), а также при внесении фунгицида Рекс Дуо однократно и с последующей обработкой Осирис (29,6–31,8 %).

Применение регуляторов роста обеспечило прибавку урожайности 0,5...5,7 ц/га у сорта Розалия и 1,7...4,4 ц/га у сорта Ириде. При этом сорт Ириде по содержанию клейковины выявил большую отзывчивость на применение стимулятора роста Оксигумат (32,6–33,2 %) (табл. 3). У сорта Розалия максимальное содержание клейковины отмечено в вариантах с однократным применением стимуляторов Оксигумат и Экосил (32,4–32,5 %).

Таблица 3. Отзывчивость сортов яровой твердой пшеницы на применение регуляторов роста растений, среднее за 2016–2018 гг.

Вариант	Содержание клейковины, %	Содержание белка, %	Группа качества клейковины	Стекловид- ность, %	ИДК, ед.	Нагура зерна, г/л	Урожай- ность, ц/га
<b>сорт Ириде</b>							
1. Фон	34,1	15,6	2	81,4	81,1	773,8	39,30
2. Оксигумат 0,5 л/т	33,0	15,1	1	78,7	71,2	800,8	40,95
3. Оксигумат 0,5 л/т; 1,0 л/га ДК 25	33,2	14,8	1	77,6	70,5	773,7	42,73
4. Оксигумат 0,5 л/т; 1,0 л/га ДК 25; 1,0 л/га ДК 37–39	32,6	14,8	1	78,1	72,2	791,6	42,81
5. Экосил 0,1 л/т	31,3	14,3	1	78,9	71,5	782,7	42,19
6. Экосил 0,1 л/т; 0,06 л/га ДК 25	31,8	14,6	1	78,8	72,5	788,7	43,04
7. Экосил 0,1 л/т; 0,06 л/га ДК 25; 0,06 л/га ДК 55	32,5	14,7	1	79,0	73,2	783,7	43,70
<i>Среднее по вариантам 2–7</i>	<b>32,4</b>	<b>14,7</b>		<b>78,5</b>	<b>71,9</b>	<b>786,9</b>	<b>42,57</b>
<b>сорт Розалия</b>							
1. Фон	33,4	15,1	1	82,0	63,9	813,4	44,00
2. Оксигумат 0,5 л/т	32,4	14,3	1	75,4	68,3	796,1	44,46
3. Оксигумат 0,5 л/т; 1,0 л/га ДК 25	30,9	14,1	1	76,2	64,8	807,6	46,76
4. Оксигумат 0,5 л/т; 1,0 л/га ДК 25; 1,0 л/га ДК 37–39	31,2	14,3	1	79,5	63,9	814,7	48,65
5. Экосил 0,1 л/т	32,5	14,4	1	75,4	65,1	815,3	46,61
6. Экосил 0,1 л/т; 0,06 л/га ДК 25	31,6	14,2	1	78,1	66,8	814,8	48,81
7. Экосил 0,1 л/т; 0,06 л/га ДК 25; 0,06 л/га ДК 55	32,2	14,3	1	76,5	65,3	796,6	49,71
<i>Среднее по вариантам 2–7</i>	<b>31,8</b>	<b>14,3</b>		<b>76,8</b>	<b>65,7</b>	<b>807,5</b>	<b>47,50</b>

В целом следует отметить, что обработка используемыми препаратами по всем вариантам опыта обеспечила содержание клейковины в зерне пшеницы, соответствующее первому классу ГОСТ [9]. Качество клейковины было выше в зерне отечественного сорта Розалия. За весь период исследований он формировал хорошую клейковину 1-й группы качества (в интервале значений от 40 до 80 ед.). Для сорта Ириде метеорологические условия 2016 года оказались менее благоприятными – в зерне определена клейковина 2-й группы качества (удовлетворительная). В условиях 2017 года отдельные варианты исследований не обеспечили образования хорошей клейковины.

Стекловидность зерна характеризует степень связи белковых веществ с крахмальными гранулами. Для зерна твердой пшеницы характерна повышенная стекловидность за счет того, что в эндосперме преобладают мелкие фракции крахмальных гранул, которые плотно вмонтированы в белковый матрикс. Нарушение данной структуры приводит к снижению стекловидности, что может наблюдаться при избыточном выпадении осадков в период налива зерна. Также отмечена изменчивость стекловидности по фракциям зерна, как правило, мелкие выполненные зерна являются более стекловидными за счет меньшей крахмалистости.

В наших исследованиях установлено снижение стекловидности зерна при применении изучаемых агрохимикатов, при этом четкой сортовой зависимости выявлено не было. При протравливании семян и применении фунгицидов в период вегетации (80,2 %) более высокая стекловидность формировалась у сорта Розалия (79,1 %) (+2,8 и +1,5% к сорту Ириде). А при внесении росторегуляторов наибольшая стекловидность установлена в зерне сорта Ириде (78,5 %) (+1,7% к сорту Розалия). По обоим сортам, в вариантах с применением Экосила отмечено повышение стекловидности и натуре зерна, в отличие от содержания белка, где выявлена большая отзывчивость сорта Ириде на применение Оксигумата (см. табл. 3).

В целом по вариантам сорта формировали зерно со стекловидностью 76,3...79,1 %. Полученное зерно яровой твердой пшеницы соответствовало третьему классу [9].

Натура зерна коррелирует с выполненностью и формой зерна. Высоконатурное зерно обладает хорошими мукомольными качествами, имеет высокий выход семолины хорошего качества. В наших исследованиях более высокие величины данного показателя сформированы при возделывании сорта Розалия. Так, в среднем по вариантам применения пестицидов и росторегуляторов натура зерна отечественного сорта находилась в интервале 772,2–813,1 г/л, что на 20,6–32,1 г/л выше показателя зерна сорта Ириде.

Протравливание семян и применение росторегуляторов в посевах яровой твердой пшеницы обеспечило натуре зерна обоих изучаемых сортов, соответствующую первому классу ГОСТ. Обработка фунгицидами в период вегетации культуры была менее эффективной, но качество зерна твердой пшеницы было не ниже 2-го класса.

### **Заключение**

При сравнении двух районированных в Беларуси сортов яровой твердой пшеницы выявлены различия их по урожайности и качеству зерна. Отечественный сорт Розалия (среднерослый морфотип) превышает сорт итальянской селекции Ириде (низкорослый морфотип) по урожайности в среднем на 3,9 ц/га, стекловидности на 1,6 %, натуре зерна на 28,1 единиц, но уступает ему по содержанию клейковины и белка на 1,0 и 0,9 % соответственно.

Установлены достоверные отличия изучаемых сортов по отзывчивости на применение средств защиты и регуляторов роста растений как по уровню прибавки урожайности, так и по параметрам качества зерна. Большей отзывчивостью на применение агрохимикатов отличался сорт Розалия, который обеспечил повышение урожайности в среднем по вариантам +3,5...+8,3 ц/га, при +3,3...+6,9 ц/га у сорта Ириде. На фоне увеличения урожайности у обоих сортов отмечено снижение содержания белка и клейковины по блокам исследований. В вариантах с протравливанием семян – соответственно на 0,4 и 1,0 % у сорта Розалия и на 1,1 и 1,3 % у сорта Ириде. В вариантах с применением фунгицидов по вегетирующим растениям снижение составило 1,0 и 3,1 % и 1,5 и 3,1 % соответственно по сортам, однако эквивалентно повышению урожайности в данном опыте отмечено повышение крупности зерен и их выполненности, что обеспечило увеличение натуре зерна в среднем на 22,3 ед. у сорта Ириде и на 25,9 ед. у сорта Розалия. Двукратное внесение фунгицидов в период вегетации способствовало формированию наибольшего содержания белка в зерне обоих сортов (14,0–14,8 %).

Для получения высокой урожайности и качества зерна у сорта Розалия целесообразно применение протравителей семян Кинто Дуо, 2,5 л/т и Иншур Перформ, 0,5 л/т, а также регулятора роста Экосил;

а у сорта Ириде – протравителей семян Иншур Перформ, 0,5 л/т, Баритон, 1,5 л/т, Систива, 1,0 л/т и регулятора роста Оксигумат. В посевах обоих сортов рекомендуется двукратное применение фунгицидов в период вегетации по схеме: Менара, 0,5 л/га (ДК 37-39) + Амистар Трио, 1 л/га (ДК 61-65) и Рекс Дуо, 0,6 л/га (ДК 37-39) + Осирис, 1,5 л/га (ДК 61-65).

Рекомендуемые агроприемы обеспечат при возделывании сорта Розалия получение урожайности зерна 47–52 ц/га, с содержанием клейковины 29–32 %, белка 14 %, стекловидностью 77–80 % и натурой 750–817 г/л. При возделывании сорта Ириде – соответственно 42–47 ц/га, с содержанием клейковины 29–33 % и белка 14–15 %, стекловидностью 73–78 % и натурой 750–790 г/л, что в полной мере отвечает требованиям ГОСТ пищевой промышленности при выработке качественных макаронных изделий и круп.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаров, С. В. Перспективы развития российского рынка твердой пшеницы / С. В. Гончаров, М. Ю. Курашов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2(57). – С. 66–75.
2. Дуктова, Н. А. Твердая пшеница (*Triticum durum* Desf.) – новая зерновая культура в Беларуси: проблемы и перспективы / Н. А. Дуктова, В. П. Дуктов, В. В. Павловский // Известия НАН Беларуси. – 2015. – № 3. – С. 85–92.
3. Селекция и пути повышения качества зерна пшеницы твердой (*Triticum durum* Desf.) в Беларуси / Н. А. Дуктова [и др.]. – Горки: БГСХА, 2020. – 249 с.
4. Крючков, А. Г. Твердая пшеница. Современные технологии возделывания / А. Г. Крючков, П. П. Тейхриб, А. Н. Попов. – Оренбург: ООО «Оренбургское книжное издательство», 2008. – С. 704.
5. Обоснование адаптивных приемов возделывания твердой яровой пшеницы в условиях северо-востока Беларуси: рекомендации / В. П. Дуктов [и др.]; МСХП РБ, БГСХА. – Горки, 2013. – 30 с.
6. Дуктов, В. П. Применение регуляторов роста в посевах яровой твердой пшеницы / В. П. Дуктов, Н. А. Дуктова. – Горки: БГСХА, 2019. – 186 с.
7. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
8. Производство высококачественного зерна яровой твердой пшеницы в Среднем Поволжье: науч.-практ. руковод. / С. Н. Шевченко [и др.]; Самарский НИИСХ. – Самара: СамНЦ РАН, 2010. – 75 с.
9. Пшеница. Технические условия: ГОСТ 9353-2016. – Введ. 1.07.2018. – Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2016. – 20 с.

## АГРОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГЛАУКОНИТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

В. Н. БОСАК, Т. В. САЧИВКО, М. П. АКУЛИЧ, Н. В. УЛАХОВИЧ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: bosak1@tut.by

С. С. МАНКЕВИЧ, О. Ф. КУЗЬМЕНКОВА, Г. Д. СТРЕЛЬЦОВА, А. Г. ЛАПЦЕВИЧ

ГП «НПЦ по геологии»,  
г. Минск, Республика Беларусь

(Поступила в редакцию 15.01.2021)

Глауконитсодержащие породы, которые являются попутным сырьем при планируемой добыче базальтов вендской трапповой формации в юго-западной части Республики Беларусь (месторождение Новодворское), а также широко распространены здесь среди вскрышных пород в карьерах, где добывается мергельно-меловое сырье, с учетом их минералогического и химического состава в сельском хозяйстве могут быть использованы в первую очередь в качестве калийсодержащих агромелиорантов при возделывании различных сельскохозяйственных культур.

В совместных исследованиях УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» и ГП «НПЦ по геологии» изучено влияние породы глауконитсодержащей на урожайность и качество товарной продукции зерновых, овощных и пряно-ароматических культур: яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Любава, ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Бацька, фасоли овощной (*Phaseolus vulgaris* L.) сорта Чыжовенка, пажитника голубого (*Trigonella caerulea* (L.) Ser.) сорта Росквіт, укропа пахучего (*Anethum graveolens* L.) сорта Грибовский, базилика обыкновенного (*Ocimum basilicum* L.) сорта Володар.

В результате исследований установлено, что применение породы глауконитсодержащей на фоне полного минерального удобрения увеличило урожайность зерна яровой пшеницы на 3,0 ц/га при общей урожайности зерна 55,7 ц/га, зерна ярового ячменя – на 2,9 ц/га при общей урожайности зерна 57,1 ц/га, бобов фасоли овощной – на 16 ц/га при общей урожайности бобов 278 ц/га, зеленой массы пажитника голубого – на 9 ц/га при общей урожайности зеленой массы 161 ц/га, зеленой массы укропа пахучего – на 7 ц/га при общей урожайности зеленой массы 141 ц/га, зеленой массы базилика обыкновенного – на 11 ц/га при общей урожайности зеленой массы 227 ц/га.

Применение полного минерального удобрения способствовало дополнительному сбору зерна яровой пшеницы 16,9 ц/га, зерна ярового ячменя – 18,1 ц/га, бобов фасоли овощной – 99 ц/га, зеленой массы пажитника голубого – 34 ц/га, зеленой массы укропа пахучего – 25 ц/га, зеленой массы базилика обыкновенного – 68 ц/га.

**Ключевые слова:** порода глауконитсодержащая, яровая пшеница, яровой ячмень, фасоль овощная, пажитник голубой укроп пахучий, базилик обыкновенный.

Glauconite-bearing rocks, which are associated raw materials for the planned mining of basalts of the Vendian trap formation in the southwestern part of the Republic of Belarus (Novodvorskoje deposit), and are also widespread here among overburden rocks in quarries where marl-chalk raw materials are mined, taking into account their mineralogical and chemical composition, can be used in agriculture primarily as potassium-containing agromeliorants in the cultivation of various crops.

In joint studies of the Belarusian State Agricultural Academy and the SPC for Geology, they studied the influence of glauconite-containing rock on the yield and quality of marketable products of grain, vegetable and spicy-aromatic crops: spring wheat (*Triticum aestivum* L.) of Liubava variety, spring barley (*Hordeum vulgare* L.) of Batska variety, vegetable beans (*Phaseolus vulgaris* L.) of Chyzhovenka variety, blue fenugreek (*Trigonella caerulea* (L.) Ser.) of Roskvit variety, odorous dill (*Anethum graveolens* L.) of Gribovskii variety, common basil (*Ocimum basil* L.) of Volodar variety.

As a result of the research, it was found that the use of glauconite-containing rock against the background of complete mineral fertilization increased the yield of spring wheat grain by 0.30 t / ha with a total grain yield of 5.57 t / ha, spring barley grain – by 0.29 t / ha with a total grain yield of 5.71 t / ha, vegetable beans – by 1.6 t / ha with a total yield of beans of 27.8 t / ha, green mass of blue fenugreek – by 0.9 t / ha with a total yield of green mass of 16.1 t / ha, odorous dill – by 0.7 t / ha with a total yield of green mass of 14.1 t / ha, green mass of common basil – by 1.1 t / ha with a total yield of green mass of 22.7 t / ha.

The use of full mineral fertilizer contributed to the additional harvest of spring wheat grain of 1.69 t / ha, spring barley grain – 1.81 t / ha, vegetable beans – 9.9 t / ha, green mass of blue fenugreek – 3.4 t / ha, green mass of dill odorous – 2.5 t / ha, green mass of common basil – 6.8 t / ha.

**Key words:** glauconite-containing rock, spring wheat, spring barley, vegetable beans, blue fenugreek, odorous dill, common basil.

### Введение

Вовлечение в различные отрасли экономики местных сырьевых ресурсов является одним из приоритетных направлений развития как Республики Беларусь, так и других стран. В нашей стране планируется добыча и переработка нового силикатного сырья – базальтов вендской трапповой формации, промышленные залежи которых разведаны в юго-западной части Республики Беларусь (месторождение Новодворское). В геологическом разрезе базальтам сопутствуют вскрышные глауконитсодержащие породы палеогенового возраста, которые также будут извлекаться и накапливаться при добыче базальтового сырья. Глауконитсодержащие породы также широко распространены среди вскрышных пород в карьерах, где добывается мергельно-меловое сырье [1–3].

Глауконитсодержащие породы представляют собой глауконит-кварцевые слюдистые алевриты, алевролиты и тонко-мелкозернистые пески. Минерал глауконит  $K(Fe^{3+}, Al, Fe^{2+}, Mg)_2 [AlSi_3O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$  – водный алюмосиликат калия и железа непостоянного состава из группы гидрослюдов, в котором дефицит калия может компенсироваться присутствием катионов  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  или  $H_3O^+$  [20]. Содержание глауконита в породах варьирует в пределах 10–25 масс. %; присутствуют также: кварц  $SiO_2$ , полевые шпаты (плагноклаз: альбит  $Na[AlSi_3O_8]$  – анортит  $Ca[Al_2Si_2O_8]$ ; ортоклаз  $K[AlSi_3O_8]$ ), монтмориллонит  $(Na,Ca)_{0,33}(Al, Mg)_2(Si_4O_{10})(OH)_2 \cdot nH_2O$ , гидрослюда  $K_x(Al, Mg, Fe)_{2-3}(Si_{4-x}Al_xO_{10}) \cdot (OH)_2 \cdot nH_2O$ , каолинит  $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$ , мусковит  $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$ , сидерит  $FeCO_3$ , фосфаты  $(CH_3O)_nP(O)(OH)_{3-n}$ .

В усредненной пробе глауконитсодержащей породы месторождения Новодворское содержание  $K_2O$  в среднем составило 1,33–3,10 %,  $MgO$  – 0,26–0,28 %,  $N_{общ}$  – 0,06–0,07 %,  $P_2O_5$  – 0,12–0,14 %,  $CaO$  – 0,91–0,97 %, подвижных соединений марганца – 12,4 мг/кг, кобальта – 4,5 мг/кг, цинка – 13,8 мг/кг, меди – 10,7 мг/кг [2, 4, 5].

Учитывая минеральный и химический состав, существует несколько направлений использования глауконитсодержащих пород. В сельском хозяйстве глауконитсодержащие породы могут использоваться в качестве калийсодержащих агроメリорантов [1–18].

Цель исследования – изучить влияние породы глауконитсодержащей на урожайность и качество различных сельскохозяйственных культур.

### Основная часть

Изучение эффективности применения породы глауконитсодержащей проводили в совместных исследованиях УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» и ГП «НПЦ по геологии» на протяжении 2017–2020 гг.

Полевые опыты проводили в УО БГСХА на окультуренной дерново-подзолистой среднесуглинистой почве с яровой пшеницей (*Triticum aestivum* L.) сорта Любава, яровым ячменем (*Hordeum vulgare* L.) сорта Бацька, фасолью овощной (*Phaseolus vulgaris* L.) сорта Чыжовенка, пажитником голубым (*Trigonella caerulea* (L.) Ser.) сорта Росквіт, укропом пахучим (*Anethum graveolens* L.) сорта Грибовский, базиликом обыкновенным (*Ocimum basilicum* L.) сорта Володар.

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта исследуемой почвы имела следующие показатели:  $pH_{KCl}$  6,5–6,8, содержание  $P_2O_5$  (0,2 М HCl) – 390–410 мг/кг,  $K_2O$  (0,2 М HCl) – 370–390 мг/кг, гумуса (0,4 н  $K_2Cr_2O_7$ ) – 2,9–3,1 % (индекс агрохимической окультуренности 1,0).

Схема опыта включала варианты без применения удобрений, варианты с внесением под предпосевную культивацию  $N_{40-90}P_{40-50}K_{50-90}$  (карбамид, аммофос, хлористый калий), а также варианты с применением глауконитсодержащей породы. Минеральные удобрения и породу глауконитсодержащую вносили весной под предпосевную культивацию. При возделывании яровой пшеницы и ярового ячменя в стадию первого узла проводили дополнительную подкормку азотом ( $N_{30}$ ). Доза глауконитсодержащей породы составляла 600 кг/га, которую вносили на фоне двух доз калия: полной  $K_{70-90}$  и сокращенной на 20 кг/д.в. ( $K_{50-70}$ ).

Полевые и лабораторные исследования, а также статистическую обработку результатов проводили согласно существующим методикам [19–25].

Как показали результаты полевых опытов, в среднем за годы исследований применение породы глауконитсодержащей в дозе 600 кг/га на фоне полного минерального удобрения увеличило урожайность зерна яровой пшеницы на 3,0 ц/га, зерна ярового ячменя – на 2,9 ц/га, бобов фасоли овощной – на 16 ц/га, зеленой массы пажитника голубого – на 9 ц/га, зеленой массы укропа пахучего – на 7 ц/га, зеленой массы базилика обыкновенного – на 11 ц/га (таблица).

На фоне пониженной дозы калия ( $K_{50-70}$ ) в варианте с применением 600 кг/га породы глауконитсодержащей урожайность товарной продукции исследуемых сельскохозяйственных культур получена на уровне урожайности как в варианте с полным минеральным удобрением, так и в варианте с применением аналогичной дозы породы глауконитсодержащей на фоне полной дозы калия ( $K_{70-90}$ ). Данная закономерность свидетельствует о возможности экономии 20 кг/га д. в. калия при применении изучаемой дозы глауконитсодержащей породы при возделывании исследуемых зерновых, овощных и пряно-ароматических культур.

Применение полного минерального удобрения увеличило урожайность зерна яровой пшеницы на 16,9 ц/га, зерна ячменя – на 18,1 ц/га, бобов фасоли овощной – на 99 ц/га, зеленой массы пажитника голубого – на 34 ц/га, зеленой массы укропа пахучего – на 25 ц/га, зеленой массы базилика обыкновенного – на 68 ц/га, а также содержание сырого протеина в товарной продукции.



Внесение глауконитсодержащей породы практически не сказалось на содержании чырого протеина в зерне, бобах и зеленой массы исследуемых зерновых, овощных и пряно-ароматических культур.

**Влияние минеральных удобрений и породы глауконитсодержащей на урожайность и качество товарной продукции сельскохозяйственных культур**

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га		Сырой протеин, %
		контроль	фон	
<b>Яровая пшеница (<i>Triticum aestivum</i> L.), зерно</b>				
Без удобрений	35,8	–	–	12,5
N <sub>60+30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>90</sub> – фон	52,7	16,9	–	13,6
N <sub>60+30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>70</sub> + глауконит	53,4	17,6	–	13,7
N <sub>60+30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>90</sub> + глауконит	55,7	19,9	3,0	14,5
НСР <sub>05</sub>	2,4			0,7
<b>Яровой ячмень (<i>Avena sativa</i> L.), зерно</b>				
Без удобрений	36,1	–	–	9,4
N <sub>60+30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>90</sub> – фон	54,2	18,1	–	10,0
N <sub>60+30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>70</sub> + глауконит	56,0	19,9	–	10,2
N <sub>60+30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>90</sub> + глауконит	57,1	21,1	2,9	10,8
НСР <sub>05</sub>	2,5			0,6
<b>Фасоль овощная (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), бобы</b>				
Без удобрений	163	–	–	15,3
N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>90</sub> – фон	262	99	–	16,1
N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>70</sub> + глауконит	267	104	–	16,0
N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>90</sub> + глауконит	278	115	16	16,3
НСР <sub>05</sub>	13			0,7
<b>Пажитник голубой (<i>Trigonella caerulea</i> (L.) Ser.), зеленая масса</b>				
Без удобрений	118	–	–	18,1
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub> – фон	152	34	–	18,8
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>50</sub> + глауконит	157	39	–	18,3
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub> + глауконит	161	43	9	18,5
НСР <sub>05</sub>	7			0,9
<b>Укроп пахучий (<i>Anethum graveolens</i> L.), зеленая масса</b>				
Без удобрений	109	–	–	19,4
N <sub>60</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub> – фон	134	25	–	21,9
N <sub>60</sub> P <sub>50</sub> K <sub>60</sub> + глауконит	138	29	–	21,4
N <sub>60</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub> + глауконит	141	32	7	21,9
НСР <sub>05</sub>	6			0,9
<b>Базилик обыкновенный (<i>Ocimum basilicum</i> L.), зеленая масса</b>				
Без удобрений	148	–	–	14,3
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub> – фон	216	68	–	15,1
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>50</sub> + глауконит	219	71	–	15,1
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>70</sub> + глауконит	227	79	11	15,2
НСР <sub>05</sub>	10			

Предварительные исследования по выветриванию глауконитсодержащих пород показали, что в почвенный раствор наряду с калием, кальцием и магнием активно переходят катионы алюминия и железа, что приводит к подкислению почвенного раствора. Поэтому внесение глауконитсодержащих пород более эффективно на нейтральных почвах, а также под культуры-кальциефобы, которые требуют для своего роста и развития более кислую реакцию почвенного раствора [26–29]. Рекомендуется также ограничить дозы внесения глауконитсодержащих пород (не более 1 т/га).

**Заключение**

В исследованиях на окультуренной дерново-подзолистой среднесуглинистой почве применение минеральных удобрений и породы глауконитсодержащей существенно увеличило урожайность товарной продукции зерновых, овощных и пряно-ароматических культур (яровая пшеница, яровой ячмень, фасоль овощная, пажитник голубой, укроп пахучий, базилик обыкновенный).

Внесение минеральных удобрений обеспечило прибавку урожая зерна яровой пшеницы 16,9 ц/га, зерна ярового ячменя – 18,1, бобов фасоли овощной – 99, зеленой массы пажитника голубого – 34, зеленой массы укропа пахучего – 25, зеленой массы базилика обыкновенного – 68 ц/га.

Применение породы глауконитсодержащей на фоне полного минерального удобрения увеличило урожайность зерна яровой пшеницы на 3,0 ц/га, зерна ярового ячменя – на 2,9, бобов фасоли овощной – на 16, зеленой массы пажитника голубого – на 9, зеленой массы укропа пахучего – на 7, зеленой

массы базилика обыкновенного – на 11 ц/га при общей урожайности товарной продукции соответственно 55,7 ц/га (яровая пшеница), 57,1 (яровой ячмень), 278 (фасоль овощная), 161 (пажитник голубой), 141 (укроп пахучий) и 227 ц/га (базилик обыкновенный).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Глауконитсодержащие породы поискового участка Пинский (Беларусь) / О. Ф. Кузьменкова [и др.] // Геология и минерально-сырьевые ресурсы запада Восточно-Европейской платформы: проблемы изучения и рационального использования. – Минск: СтройМедиаПроект, 2017. – С. 172–176.
2. Применение агромелиорантов при возделывании сельскохозяйственных культур: рекомендации / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2020. – 18 с.
3. Стрельцова, Г. Д. К вопросу об использовании глауконитсодержащих пород Беларуси / Г. Д. Стрельцова // Проблемы геологии Беларуси и смежных территорий. – Минск: СтройМедиаПроект, 2018. – С. 257–261.
4. Порода глауконитсодержащая: технические условия ТУ ВУ 192018546.017-2020 / О. Ф. Кузьменкова [и др.]. – Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2020. – 11 с.
5. Hydrothermal alteration of the Ediacaran Volyn-Brest volcanics on the western margin of the East European Craton / J. Śródoń [et al.] // Precambrian Research. – Nr. 325. – P. 217–235.
6. Акулич, М. П. Урожайность и качество укропа пахучего в зависимости от применения минеральных удобрений, агромелиорантов и биопрепаратов / М. П. Акулич, В. Н. Босак // Овощеводство. – 2019. – Т. 27. – С. 6–11.
7. Босак, В. Н. Агроэкономическая эффективность применения агромелиорантов и биопрепаратов при возделывании укропа пахучего / В. Н. Босак, М. П. Акулич // Овощеводство. – 2020. – Т. 28. – С. 6–12.
8. Кольненьков, В. П. Сорбция  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$  и  $Mn^{2+}$  из водных растворов на глауконите и породах с его участием / В. П. Кольненьков, Г. Д. Стрельцова, Л. И. Мурашко // Природные ресурсы. – 2012. – № 2. – С. 5–11.
9. Левченко, Е. Н. Глауконит России: состояние, перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы / Е. Н. Левченко, Л. П. Тигунов. – Москва: ВИМС, 2011. – 65 с.
10. Мурашко, Л. И. Глауконит в палеогеновых отложениях Беларуси / Л. И. Мурашко // Літасфера. – 1996. – № 4. – С. 111–120.
11. О возможностях использования в сельском хозяйстве глауконита из пород Бакчарского месторождения (Западная Сибирь) / М. А. Рудмин [и др.] // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов – 2016. – Т. 327, № 11. – С. 6–16.
12. Павлюкевич, Ю. Г. Использование глауконита для получения облицовочных керамических материалов / Ю. Г. Павлюкевич, И. А. Левицкий, Л. И. Мурашко // Техника и технология силикатов. – 2000. – № 12. – С. 113–115.
13. Перспективы использования вмещающих пород при добыче базальтов / В. Н. Босак [и др.] // Отходы, причины их образования и перспективы использования. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – С. 67–69.
14. Применение агромелиорантов при возделывании зеленных и пряно-ароматических культур / В. Н. Босак [и др.] // Вестник БГСХА. – 2020. – № 1. – С. 92–96.
15. Характеристика и направления использования новых видов агромелиорантов / В. Н. Босак [и др.] // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2019. – С. 30–32.
16. Эффективность использования глауконитов в агробиоценозах / В. Н. Босак [и др.] // Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – С. 501–503.
17. Franzosi, C. Technical Evaluation of Glauconites as Alternative Potassium Fertilizer from the Salamanca Formation, Patagonia, Southwest Argentina / C. Franzosi, L.N. Castro, A.M. Celeda // Natural Resources Research – 2014. – V. 23 (3). – P. 311–320.
18. The potential of glauconitic sandstone as a potassium fertilizer for olive plants / E. Karimi, A. Abdolzadeh, H.R. Sadeghipour, A. Aminei // Archives Agronomy Soil Science. – 2011. – V. 58 (9). – P. 983–993.
19. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Москва: ИД Альянс, 2011. – 352 с.
20. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: Инфра-М, 2016. – 336 с.
21. Лапа, В. В. Методические указания по проведению регистрационных испытаний макро-, микроудобрений и регуляторов роста растений в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / В. В. Лапа, М. В. Рак, С. А. Титова; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2008. – 36 с.
22. Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов. – Москва: ВНИИО, 2011. – 650 с.
23. Научные системы ведения сельского хозяйства Республики Беларусь / В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2020. – 683 с.
24. Рошка, Т. Б. Производственные технологии / Т. Б. Рошка, В. Н. Босак, О. В. Нилова. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 102 с.
25. Характеристика и особенности агротехники новых сортов пряно-ароматических культур: рекомендации / Т. В. Сачивко [и др.]. – Горки: БГСХА, 2019. – 19 с.
26. Босак, В. Н. Оптимизация питания растений / В. Н. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2012. – 203 с.
27. Известкование почв в севооборотах с кальциефобными культурами: рекомендации / В. В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: БелНИВНФХ в АПК, 2006. – 24 с.
28. Смянович, О. Применение удобрений в севообороте / О. Смянович, В. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2013. – 108 с.
29. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ В ПОСЕВАХ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ

**В. П. ДУКТОВ, А. Л. НОВИК, А. С. ЖУРАВСКИЙ**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: duktov@tut.by*

*(Поступила в редакцию 18.01.2021)*

*Проведена оценка зависимости экономической эффективности возделывания различных сортов яровой твердой пшеницы на продовольственные цели от применяемых средств защиты растений и росторегуляторов в почвенно-климатических условиях северо-восточной части Республики Беларусь. Исследования проводились в 2015–2018 гг. на опытном участке «Тушково» УНЦ «Опытные поля БГСХА». Объектами исследований выступали 2 районированные в Республике Беларусь сорта яровой твердой пшеницы: сорт итальянской селекции Ириде (низкорослый) и сорт белорусской селекции Розалия (высокорослый). Установлено, что показатели экономической эффективности возделывания сорта Розалия выше аналогичных сорта Ириде. Высокая закупочная стоимость семян и более низкая урожайность иностранного сорта Ириде определили невысокую рентабельность ее производства, что ниже отечественного сорта на 18,1–23,2% в среднем по вариантам с применением агрохимикатов. Наибольшая прибыль получена в посевах сорта Розалия при протравливании семенного материала препаратом Иншур Перформ (772,89 руб./га), применении росторегулятора Экосил для обработки семян и двукратной обработки растений в период вегетации (769,58 руб./га), двукратной обработке посевов в период вегетации фунгицидами Эхион и Колосаль (789,3 руб./га). При этом рентабельность производства составила 69,6, 67,0 и 70,3 % соответственно.*

**Ключевые слова:** *яровая твердая пшеница, сорта Розалия и Ириде, экономическая эффективность.*

*An assessment of the dependence of economic efficiency of cultivation of various varieties of spring durum wheat for food purposes on the applied plant protection means and growth regulators in the soil and climatic conditions of the north-eastern part of the Republic of Belarus has been carried out. The studies were carried out in 2015–2018 at the experimental field "Tushkovo" of Belarusian State Agricultural Academy. The objects of research were two varieties of spring durum wheat, zoned in the Republic of Belarus: the Iride variety of Italian selection (undersized) and the Rozaliia variety of Belarusian selection (tall). It has been established that the indicators of economic efficiency of cultivation of the Rozaliia variety are higher than those of the Iride variety. The high purchase cost of seeds and the lower yield of foreign variety Iride determined the low profitability of its production, which is lower than the domestic variety by 18.1–23.2 % on average for variants with the use of agrochemicals. The greatest profit was obtained in the crops of Rozaliia variety when the seed was treated with Inshur Perform preparation (772.89 rubles / ha), when Ecosil growth regulator was used for seed treatment and double processing of plants during the growing season (769.58 rubles / ha), with double crop processing during the growing season with fungicides Ekhion and Kolosal (789.3 rubles / ha). At the same time, the production profitability amounted to 69.6, 67.0 and 70.3 %, respectively.*

**Key words:** *spring durum wheat, varieties Rozaliia and Iride, economic efficiency.*

### **Введение**

Пшеница является древнейшей зерновой культурой, возделываемой человеком. Она главный продукт для 35 % населения мира и обеспечивает примерно 20 % потребностей населения в энергии. В мировом производстве наибольшее распространение имеют два основных вида пшеницы: мягкая (*Triticum aestivum* L.) и твердая (*Triticum durum* Desf.). На долю *T. durum* приходится около 5 % объема всей возделываемой пшеницы в мире, валовое ее производство составляет 30–35 млн. т в год [1].

Уровень зернопроизводства нашей страны в настоящее время позволяет обеспечить потребности населения в основных продуктах питания. Исключением является зерно твердой пшеницы, являющееся высококачественным сырьем для производства макаронных изделий, отдельных видов круп, кондитерских и хлебопродуктов [2]. Так как в промышленных масштабах данная культура в Республике Беларусь не возделывается, потребность в высококачественных макаронных изделиях обеспечивается за счет закупки из других государств. Внедрение *T. durum* в собственное сельскохозяйственное производство позволит снизить затраты на импорт данных продуктов [3]. Проведение исследований по разработке технологии возделывания яровой твердой пшеницы будет способствовать получению продукции с уровнем показателей лучших районированных сортов пшеницы мягкой и качественными характеристиками, соответствующими технологическим требованиям, предъявляемым в пищевой промышленности к продовольственному зерну твердой пшеницы, что в свою очередь позволит решить проблему импортозамещения данной продукции.

Как отмечает Н. А. Дуктова и ряд авторов: «Вместе с тем актуальным остается вопрос об экономической целесообразности возделывания твердой пшеницы в Беларуси, т.к. данная культура, в силу видовых особенностей, отличается пониженной, в сравнении с мягкой пшеницей, урожайностью» [4]. Однако анализ мировых данных указывает на то, что цены на продовольственное зерно пшеницы твердой на мировом рынке на 20–30 % выше, чем на зерно хлебопекарной пшеницы. Особенности ценообразования на зерно *T. durum* также связаны с высокой ее пищевой ценностью и технологическими свойствами [5]. По мнению Дуктовой Н. А. и др. авторов: «В нашей стране пшеница твердая еще не заняла

должных производственных площадей и государственного ценообразования для малоемкой культуры еще не осуществляется, реализация продовольственного зерна производится по договорным ценам или, как правило, отпускным ценам, установленным для зерна 2 и 3 классов пшеницы мягкой» [4].

В связи с этим нами была поставлена цель оценить зависимость экономической эффективности возделывания различных районированных сортов яровой твердой пшеницы на продовольственные цели от применяемых средств защиты растений и росторегуляторов в почвенно-климатических условиях северо-восточной части Республики Беларусь.

#### **Основная часть**

Исследования проводились в 2015–2018 гг. на опытном участке «Тушково» УНЦ «Опытные поля БГСХА». Объектами исследований выступали 2 районированные в Республике Беларусь сорта яровой твердой пшеницы: сорт итальянской селекции Ириде (низкорослый) и сорт белорусской селекции (УО БГСХА) Розалия (высокорослый). Агротехника посева соответствовала рекомендациям по возделыванию твердой пшеницы в Беларуси [6, 7]. Норма высева – 5,7 млн всхожих семян на 1 га. Осенью в основную обработку почвы вносили 120 кг/га д. в.  $K_2O$  (2 ц/га  $KCl$  под вспашку), весной в предпосевную культивацию – 70 кг/га д.в. азота (1,5 ц/га мочевины) и 60 кг/га д.в.  $P_2O_5$  (2 ц/га аммонизированного суперфосфата). В период вегетации применяли микроэлементы Эколист моно медь, 1 л/га в фазе начала выхода в трубку и осуществляли подкормку посевов азотом из расчета 46 кг/га д.в. (1,0 ц/га мочевины). Химпрополка посевов проводилась в середине фазы кущения баковой смесью – 2М-4Х, 0,7 л/га + Тамерон, 0,015 кг/га + Атрибут, 0,05 кг/га. Для предотвращения полегания в фазу начало трубкования посева твердой яровой пшеницы подвергались обработке регулятором роста ЦеЦеЦе 750, 1,0 л/га. Защита посевов от вредителей в фазу трубкования проводилась инсектицидом Фастак, 0,1 л/га. Посев осуществлялся сеялкой Неге-80. Размер делянки опыта 10 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная [8].

Исследования по оценке сортовой отзывчивости различных сортов яровой твердой пшеницы на применение средств защиты растений и регуляторов роста в посевах включали 3 блока опытов.

#### **Блок 1**

1. Контроль. 2. Раксил, 0,5 л/т. 3. Ламадор Про, 0,5 л/т. 4. Баритон, 1,5 л/т. 5. Максим Форте, 2,0 л/т. 6. Кинто Дуо, 2,5 л/т. 7. Систива, 1,0 л/т. 8. Иншур Перформ, 0,5 л/т.

#### **Блок 2**

1. Фон. 2. Оксигумат 0,5 л/т. 3. Оксигумат 0,5 л/т; 1,0 л/га ДК 25. 4. Оксигумат 0,5 л/т; 1,0 л/га ДК 25; 1,0 л/га ДК 37-39. 5. Экосил 0,1 л/т. 6. Экосил 0,1 л/т; 0,06 л/га ДК 25. 7. Экосил 0,1 л/т; 0,06 л/га ДК 25; 0,06 л/га ДК 55.

#### **Блок 3**

1. Фон. 2. Эхион, 0,5 л/га ДК 37-39. 3. Менара, 0,5 л/га ДК 37-39. 4. Рекс Дуо, 0,6 л/га ДК 37-39. 5. Эхион, 0,5 л/га ДК 37-39; Колосаль, 1,0 л/га ДК 61-65. 6. Менара, 0,5 л/га ДК 37-39; Амистар Трио, 1,0 л/га ДК 61-65. 7. Рекс Дуо, 0,6 л/га ДК 37-39; Осирис, 1,5 л/га ДК 61-65.

Экономическая оценка применения агрохимикатов проводилась на основе соизмерения таких показателей, как прибыль, себестоимость получаемой продукции, рентабельность производства [9, 10].

Современный процесс развития сельскохозяйственного производства должен характеризоваться повышением его интенсивности. Показатели интенсификации производства позволяют сравнивать результаты хозяйственной деятельности за ряд лет и выявляют тенденции работы предприятия за этот период в связи с увеличением применения средств производства и труда.

Экономическая эффективность применения агрохимикатов зависит от ряда факторов, среди которых – почвенно-климатические условия, дозы, способы внесения и др. Использование средств защиты растений и росторегуляторов сопровождается увеличением затрат труда и средств, однако, за счет реализации прибавок урожая эти затраты могут с избытком компенсироваться. Поэтому необходимы экономические расчеты, позволяющие выявить наиболее рациональные приемы использования данных средств химизации для сельскохозяйственного производства республики.

Экономическая эффективность любой сельскохозяйственной культуры определяется себестоимостью полученной продукции, прибылью от ее реализации с единицы площади и уровнем рентабельности производства. «Показатель рентабельности характеризует возможность осуществления нового цикла производства за счет вырванных средств от реализации продукции и является интегральным в оценке экономической эффективности», – подчеркивает Н. А. Дуктова [4].

Были составлены технологические карты для расчёта статей затрат: стоимость энергоресурсов, заработная плата с начислениями, стоимость минеральных удобрений, посевного материала, ядохимикатов, и пр. Наибольшие производственные затраты отмечены при возделывании сорта итальянской селекции Ириде – по вариантам исследований на 75,0–82,71, 91,43–95,64 и 67,42–70,94 руб./га больше, чем белорусского сорта Розалия в блоках 1, 2 и 3 соответственно. Данное значительное увеличение затрат в сравнении с отечественным сортом обусловлено высокой закупочной стоимостью импортируемых семян.

Урожайность – это основной показатель, определяющий величину стоимости продукции и, следовательно, прибыли и рентабельности. В среднем за четыре года исследований наибольшая урожайность в среднем по всем вариантам фунгицидной обработки семян отмечена в посевах сорта Розалия – 44,68 ц/га, что на 2,51 ц/га больше по сравнению с итальянским сортом Ириде. Большой выход продукции при равной по сортам ее стоимости обеспечил получение прибыли по вариантам исследований 532,64–772,89 руб./га при возделывании сорта Розалия. В посевах сорта Ириде данный показатель находился в пределах 370,27–555,58 руб./га. Наибольшие величины как прибыли, так и уровня рентабельности в посевах изучаемых сортов обеспечило применение препаратов Иншур Перформ и Кинто Дуо. Наименьшая себестоимость 1 ц зерна (32,44 и 30,35 руб.) в посевах изучаемых сортов получена при применении протравителя Раксил, что связано с наименьшими производственными затратами в данном варианте (табл. 1).

Таблица 1. Экономическая эффективность возделывания различных сортов твердой пшеницы в зависимости от изучаемых протравителей семян, среднее за 2015–2018 гг.

Наименование показателя	Контроль	Раксил	Ламадор Про	Баритон	Максим Форте	Кинто Дуо	Систива	Иншур Перформ
<b>сорт Ириде</b>								
Урожайность с 1 га, ц	34,6	41,73	40,15	42,75	39,45	43,18	44,03	43,88
Стоимость продукции с 1 га, руб.	1372,58	1655,43	1592,75	1695,89	1564,98	1712,95	1746,67	1740,72
Производственные затраты на 1 га, руб.	1198,28	1201,39	1229,36	1253,35	1231,66	1241,31	1357,19	1221,79
Затраты, относимые на зерно, руб.	1162,33	1165,35	1192,48	1215,75	1194,71	1204,07	1316,47	1185,14
Прибыль на 1 га, руб.	210,25	490,08	400,27	480,14	370,27	508,88	430,20	555,58
Рентабельность производства, %	18,1	42,1	33,6	39,5	31,0	42,3	32,7	46,9
Себестоимость 1 ц, руб.	32,36	32,44	33,20	33,85	33,26	33,52	36,65	32,99
<b>сорт Розалия</b>								
Урожайность с 1 га, ц	36,79	44,02	42,81	44,7	43,36	45,77	44,59	47,49
Стоимость продукции с 1 га, руб.	1459,46	1746,27	1698,27	1773,25	1720,09	1815,70	1768,89	1883,93
Производственные затраты на 1 га, руб.	1102,18	1123,71	1152,23	1174,45	1156,69	1163,24	1274,48	1145,4
Затраты, относимые на зерно, руб.	1069,11	1090,00	1117,66	1139,22	1121,99	1128,34	1236,25	1111,04
Прибыль на 1 га, руб.	390,34	656,27	580,61	634,03	598,10	687,35	532,64	772,89
Рентабельность производства, %	36,5	60,2	51,9	55,7	53,3	60,9	43,1	69,6
Себестоимость 1 ц, руб.	29,76	30,35	31,12	31,72	31,24	31,41	34,42	30,93

Применение физиологически активных веществ оказывало влияние на продукционный процесс растения, что обеспечивало повышение урожайности посевов изучаемых сортов. Благодаря более высокому уровню продуктивности в посевах сорта Розалия получена наибольшая стоимость продукции с 1 га – 1727,63–1918,84 руб./га по вариантам опыта с применением росторегуляторов, что в совокупности с более низкими производственными затратами значительно увеличило прибыль и рентабельность производства при возделывании данного сорта (табл. 2).

Таблица 2. Экономическая эффективность возделывания различных сортов твердой пшеницы в зависимости от применяемых регуляторов роста растений, среднее за 2015–2018 гг.

Наименование показателя	Фон	Оксигумат (протр.)	Оксигумат (протр. + опрыск.)	Оксигумат (протр. + 2 опрыск.)	Экосил (протр.)	Экосил (протр. + опрыск.)	Экосил (протр. + 2 опрыск.)
<b>сорт Ириде</b>							
Урожайность с 1 га, ц	39,02	41,14	43,04	43,3	42,16	43,31	44,01
Стоимость продукции с 1 га, руб.	1547,92	1632,02	1707,39	1717,71	1672,48	1718,11	1745,87
Производственные затраты на 1 га, руб.	1249,54	1254,86	1263,85	1269,32	1258,18	1264,57	1276,23
Затраты, относимые на зерно, руб.	1212,05	1217,20	1225,93	1231,24	1220,43	1226,62	1237,94
Прибыль на 1 га, руб.	335,87	414,82	481,46	486,47	452,05	491,49	507,94
Рентабельность производства, %	27,7	34,1	39,3	39,5	37,0	40,1	41,0
Себестоимость 1 ц, руб.	31,06	29,59	28,48	28,44	28,95	28,32	28,13
<b>сорт Розалия</b>							
Урожайность с 1 га, ц	42,37	43,55	45,86	47,24	45,27	47,59	48,37
Стоимость продукции с 1 га, руб.	1680,82	1727,63	1819,27	1874,01	1795,86	1887,90	1918,84
Производственные затраты на 1 га, руб.	1155,94	1159,22	1169,1	1177	1164,05	1172,95	1184,8
Затраты, относимые на зерно, руб.	1121,26	1124,44	1134,03	1141,69	1129,13	1137,76	1149,26
Прибыль на 1 га, руб.	559,56	603,19	685,24	732,32	666,73	750,13	769,58
Рентабельность производства, %	49,9	53,6	60,4	64,1	59,0	65,9	67,0
Себестоимость 1 ц, руб.	26,46	25,82	24,73	24,17	24,94	23,91	23,76

По вариантам опыта рентабельность производства при возделывании сорта Розалия составила 53,6–67,0 %, превысив показатели посевов сорта Ириде на 19,5–26,0 %. Наибольшие показатели прибыли и уровня рентабельности в посевах обоих сортов обеспечил вариант с препаратом Экосил, используемом для обработки семян и двукратной обработке посевов в период вегетации. Данный росторегулятор при одно- и двукратном опрыскивании посевов в период вегетации на фоне обработки семян также обеспечил получение зерна с наименьшей себестоимостью (табл. 2). Проведение защитных мероприятий

от основных заболеваний в период вегетации в посевах изучаемых сортов изменяло показатели экономической эффективности возделывания яровой твердой пшеницы (табл. 3).

Таблица 3. Экономическая эффективность возделывания различных сортов твердой пшеницы в зависимости от применяемых фунгицидов в период вегетации, среднее за 2015–2018 гг.

Наименование показателя	Фон	Эхион	Менара	Рекс Дуо	Эхион; Колосаль	Менара; Амистар Трио	Рекс Дуо; Осирис
сорт Ириде							
Урожайность с 1 га, ц	37,08	40,82	41,48	41,9	45,4	47,29	46,77
Стоимость продукции с 1 га, руб.	1470,96	1619,33	1645,51	1662,17	1801,02	1875,99	1855,37
Производственные затраты на 1 га, руб.	1131,86	1165,13	1240,27	1210,37	1245,79	1419,19	1371,61
Затраты, относимые на зерно, руб.	1097,90	1130,18	1203,06	1174,06	1208,42	1376,61	1330,46
Прибыль на 1 га, руб.	373,06	489,15	442,45	488,11	592,60	499,38	524,90
Рентабельность производства, %	34,0	43,3	36,8	41,6	49,0	36,3	39,5
Себестоимость 1 ц, руб.	29,61	27,69	29,00	28,02	26,62	29,11	28,45
сорт Розалия							
Урожайность с 1 га, ц	39,38	43,53	46,28	45,72	48,19	50,74	49,21
Стоимость продукции с 1 га, руб.	1562,20	1726,84	1835,93	1813,71	1911,70	2012,86	1952,16
Производственные затраты на 1 га, руб.	1039,13	1074,55	1152,05	1121,77	1157,11	1328,67	1279,87
Затраты, относимые на зерно, руб.	1007,96	1042,31	1117,49	1088,12	1122,40	1288,81	1241,47
Прибыль на 1 га, руб.	554,25	684,52	718,44	725,60	789,30	724,05	710,69
Рентабельность производства, %	55,0	65,7	64,3	66,7	70,3	56,2	57,2
Себестоимость 1 ц, руб.	25,60	23,94	24,15	23,80	23,29	25,40	25,23

За счет более высокой продуктивности посевов сорта Розалия в среднем по вариантам опыта с применением фунгицидов (+3,34 ц/га) на фоне более низких производственных затрат в сравнении с посевами другого изучаемого сорта получена прибыль в пределах 684,52–725,6 и 710,69–789,3 руб./га при одно- и двукратной обработке посевов соответственно. Полученные данные превышали аналогичные в посевах сорта Ириде на 236,45–242,07 и 196,7–211,31 руб./га соответственно.

Наибольшие показатели прибыли и рентабельности производства при возделывании обоих сортов установлены при двукратной обработке посевов препаратами Эхион и Колосаль, обеспечивающей достаточно высокую урожайность на фоне относительно невысокой стоимости защитных мероприятий. Данная схема защиты посевов от заболеваний в период вегетации растений яровой твердой пшеницы также обеспечила наименьшую себестоимость полученного зерна обоих сортов (табл. 3).

#### Заключение

В результате оценки сортовой отзывчивости на применение средств защиты растений и росторегуляторов в посевах яровой твердой пшеницы установлено, что в почвенно-климатических условиях северо-восточной части Республики Беларусь показатели экономической эффективности возделывания сорта Розалия выше. Высокая закупочная стоимость семян и более низкая урожайность иностранного сорта Ириде определили невысокую рентабельность ее производства, что ниже отечественного сорта на 18,1–23,2% в среднем по вариантам с применением агрохимикатов. Наибольшая прибыль получена в посевах сорта Розалия при протравливании семенного материала препаратом Иншур Перформ (772,89 руб./га), применении росторегулятора Экосил для обработки семян и двукратного опрыскивания растений в период вегетации (769,58 руб./га), двукратной обработке посевов в период вегетации фунгицидами Эхион и Колосаль (789,30 руб./га). При этом рентабельность производства составила 69,6, 67,0 и 70,3% соответственно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вошедский, Н. Н. Выращивание яровой твердой пшеницы в условиях Ростовской области / Н. Н. Вошедский, А. В. Гринько // Известия Оренбург. гос. аграр. ун-та. – 2016. – № 3. – С. 23–26.
2. Голик, В. С. Селекция *Triticum durum* Desf. / Ин-т растениеводства им. В. Я. Юрьева. / В. С. Голик, О. В. Голик. – Харьков: Магда ЛТД, 2008. – 519 с.
3. Дуктова, Н. А. Твердая пшеница (*Triticum durum* Desf.) – новая зерновая культура в Беларуси: проблемы и перспективы / Н. А. Дуктова, В. П. Дуктов, В. В. Павловский // Известия НАН Беларуси. – 2015. – № 3. – С. 85–92.
4. Хозяйственная и экономическая эффективность возделывания новых и районированных сортов яровой твердой пшеницы / Н. А. Дуктова [и др.] // Вестник БГСХА. – 2019. – №3. – С. 114–118.
5. Об установлении предельных максимальных цен на сельскохозяйственную продукцию (растениеводства) урожая 2020 года, закупаемую для государственных нужд. – Постановление МСХП РБ № 12 от 11.03.2020.
6. Обоснование адаптивных приемов возделывания твердой яровой пшеницы в условиях северо-востока Беларуси: рекомендации / В. П. Дуктов [и др.]; МСХП РБ, БГСХА. – Горки, 2013. – 30 с.
7. Дуктов, В. П. Применение регуляторов роста в посевах яровой твердой пшеницы / В. П. Дуктов, Н. А. Дуктова. – Горки: БГСХА, 2019. – 186 с.
8. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
9. Константинов, С. А. Теория эффективности сельского хозяйства: учебное пособие / С. А. Константинов. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 180 с.
10. Трешко, Л. И. Экономическая, энергетическая эффективность и экологическая безопасность систем защиты растений / Л. И. Трешко. – Минск, 2000. – 134 с.

## БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СИЛЬФИИ ПРОНЗЕННОЛИСТНОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ПОСЕВА

Е. В. КОСТИЦКАЯ, Б. В. ШЕЛЮТО

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 18.01.2021)

*В данной статье рассматриваются биометрические показатели растений сильфии пронзеннолистной в фазу стеблевания и в фазу цветения на протяжении 2016–2019 гг. Описана методика проведения исследований: закладка опыта, характеристика почвы опытного участка, определение площади листьев, определение облиственности.*

*Установлено, что преимущество по развитию было у растений рассады. Так, в процессе роста от фазы стеблевания до фазы цветения высота растений возрастала в 2019 году от 115 см (70x70) до 250 см (70x30) в то время как растения семенного посева достигали высоты к фазе цветения всего 222 см. Число побегов ежегодно возрастало, независимо от погодных условий и достигало у рассадного посева 27,4 шт./растения (70x70), у семенного посева число побегов было практически в 2 раза меньше – 15,2 шт./растения. Густота стеблестоя в большей степени определялась числом растений на га, в связи с чем наиболее плотный стеблестой формировали растения рассады по схеме 70x30 (до 440,4 тыс. шт./га) и семенной посев (до 450 тыс. шт./га). Масса 100 стеблей нарастала от фазы стеблевания до фазы цветения у семенного посева до 21 кг, а у рассады до 35,8 кг. Облиственность растений была в обратной зависимости от высоты растений и поэтому была выше у низкорослых растений семенного посева (до 67,7 % в фазу стеблевания), у растений рассады в период стеблевания облиственность составляла максимум 63,6 % для схем 70x50 и 70x70. В фазу цветения облиственность снижалась и составляла для семенного посева не ниже 33,7 %, для рассады она была не ниже 29,0 %. Площадь листьев как и основные показатели была также выше у растений рассады (от 16,5 тыс. м<sup>2</sup>/га в фазу стеблевания до 52,9 тыс. м<sup>2</sup>/га в фазу цветения). У семенного посева площадь листьев в фазу цветения достигала 50,4 тыс. м<sup>2</sup>/га.*

**Ключевые слова:** сильфия пронзеннолистная, способы посева, семена, рассада, цветение, стеблевание, облиственность, площадь листьев, густота стеблестоя, масса 100 стеблей.

*This article examines the biometric indicators of *Silphium perfoliatum* plants in the stemming and flowering phases during 2016–2019. The research methodology is described: setting of the experiment, characteristics of the soil of experimental plot, determination of the leaf area, determination of foliage.*

*It was found that the development advantage was in seedling plants. So, in the process of growth from the stemming phase to the flowering phase, the height of plants increased in 2019 from 115 cm (70x70) to 250 cm (70x30), while seed-sown plants reached a height of only 222 cm by the flowering phase. The number of shoots increased annually, regardless of weather conditions and reached 27.4 pcs / plant (70x70) for seedlings, the number of shoots in seed sowing was almost 2 times less – 15.2 pcs / plant. The density of stalks was largely determined by the number of plants per hectare, and therefore the most dense stalk was formed by seedling plants according to the 70x30 scheme (up to 440.4 thousand pieces / ha) and seed sowing (up to 450 thousand pieces / ha). The weight of 100 stems at seed sowing increased from the stemming phase to the flowering phase up to 21 kg, and for seedlings – up to 35.8 kg. The foliage of plants was inversely related to the height of plants and, therefore, was higher in low-growing plants of seed sowing (up to 67.7 % in the stemming phase), in seedling plants during the stemming, foliage was a maximum of 63.6 % for schemes 70x50 and 70x70. In the flowering phase, foliage decreased and was at least 33.7 % for seed sowing, and for seedlings it was at least 29.0 %. The leaf area, as well as the main indicators, was also higher in seedling plants (from 16.5 thousand m<sup>2</sup> / ha in the stemming phase to 52.9 thousand m<sup>2</sup> / ha in the flowering phase). At seed sowing, the leaf area in the flowering phase reached 50.4 thousand m<sup>2</sup> / ha.*

**Key words:** *Silphium perfoliatum*, sowing methods, seeds, seedlings, flowering, stemming, foliage, leaf area, stem density, weight of 100 stems.

### Введение

Одной из перспективных кормовых культур изученной учеными России, Украины и других стран является сильфия пронзеннолистная [1–5, 6, 7].

Сильфия пронзеннолистная, по мнению многих авторов [8–18], культура высокой хозяйственной ценности с высокой продуктивностью. Наряду с этим она отличается долголетием, до 15 и более лет. В работе И. Н. Мадебейкина и И. И. Мадебейкина [19] сильфия характеризуется долголетием до 50 лет.

По литературным данным [20, 12, 21] авторами отмечается высокая урожайность зеленой массы за два укоса – до 1000 ц/га. К. П. Данилов [20] рекомендует проводить первый укос в фазу бутонизации, а второй в середине сентября. Б. Г. Седельников [21] придерживается также проводить первый укос в фазу бутонизации, но не ежегодно, так как это может привести к изреживанию посевов и недобору зеленой массы, поэтому он рекомендует чередовать сроки уборки бутонизация – цветение – бутонизация, либо ежегодно в фазу цветения. По мнению В. А. Емелина [22], сильфию можно использовать и как двуукосную культуру (первый укос – цветение, второй – бутонизация), а также и как одноукосную культуру в фазу цветения, так как в данную фазу, по мнению данного автора и других [23, 17, 21], урожайность зеленой массы самая высокая.

У сильфии пронзеннолистной выделяют следующие фазы: всходы, отрастание, прикорневая розетка листьев, стеблевание, бутонизация, цветение, созревания семян [22, с. 109–113].

В. А. Емелиным и М. П. Чупиной проводились исследования, в ходе которых установлено, что в первый год жизни появляются всходы с двумя семядольными листочками, затем первый настоящий лист и до конца вегетации растения формируют только прикорневую розетку листьев [24, 25]. Стебли образуются на второй год. Количество стеблей, по мнению В. А. Емелина [22], может достигать до 15 и более на одно растение. Облиственность в структуре составляет до 70 % [27]. Листья ланцетовидно-треугольные [49], удлинённо-треугольные [22], удлинённо-эллиптические [19], зазубренные по краям [22, 19, 27], пронзенные стеблем, отсюда и название сальфии пронзеннолистной [22]. Соцветие у растений – корзинка с диаметров 3–8 см [27]. На соцветиях образуется до 15–20 корзинок. В каждой из корзинок созревает от 9 до 30 семян [26]. На каждом стебле формируется до 60 и более корзинок [19].

#### Основная часть

Опыт был заложен в 2015 году на опытном участке «Тушково», Горецкого района. Посев проводили стратифицированными семенами по норме высева 70 тыс. растений /га. Посадка рассады осуществлялась 2-месячными растениями по схемам: 70x30, 70x50, 70x70. Все варианты опытов закладывались в 4-кратной повторности, учетная площадь каждой делянки составляла 10 м<sup>2</sup>.

Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком суглинке, подстилаемом мореным суглинком с глубины около 1 м, является типичной для северо-восточного региона Республики Беларусь и пригодной для возделывания многолетних трав.

Фенологические наблюдения за наступлением фаз развития проводился визуально. Начало фазы отмечалось при наступлении ее у 10 % растений, полная фаза отмечалась при наступлении ее у 75 % растений [28].

Структуру урожайности определяли путем отбора проб методом трансект с площади 1 м<sup>2</sup> в четырехкратной повторности с дальнейшим определением биометрических показателей – густоты стояния, высоты растений, площади и облиственности листьев, масса побегов, количество корзинок на растении, число семян в корзинке. Для определения густоты стеблестоя и удельной массы побегов проводился подсчет и взвешивание всех побегов растений с площади 0,25 м<sup>2</sup> параллельно с определением ботанического состава травостоев [28]. Площадь листьев определяли способом высечек. Все листья с 10 типичных растений делянки взвешивали. С помощью ручного сверла в виде металлической трубки с определенным диаметром и с заостренными краями делали по 20–50 высечек общей площадью не менее 10–20 см<sup>2</sup>. После взвешивания высечек, общую площадь оборванных листьев в пробе (см<sup>2</sup>) рассчитывали по формуле:

$$П = МП1 / КМ1,$$

где М – масса листьев, г; П1 – площадь одной высечки, см<sup>2</sup>; К – число высечек; М1 – масса высечек, г.

Разделив общую площадь листьев в пробе на число выборочных растений, определяли площадь листьев на одном растении, а умножив последний показатель на густоту растений на 1 га рассчитывали площадь листового аппарата (м<sup>2</sup>/га) [29, с. 78].

Облиственность определяли в процентах, массу листьев умножали на 100 и делили на общую массу листьев и стеблей [30, с. 43]. Показатели динамики роста и развития культуры в фазу стеблевания и в фазу цветения, представлены в табл. 1 и табл. 2.

Таблица 1. Биометрические показатели сальфии пронзеннолистной в фазу стеблевания, в зависимости от способа посева

Варианты	Высота растений, см				Количество стеблей на 1 растении, шт				Густота стеблестоя, тыс. шт./га				Масса 100 стеблей, кг				Облиственность, %			
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019
Годы исследований																				
семена	88	106	95	107	2,5	6,5	13,1	13,6	1063	2253	3900	3278	126	119	113	129	563	677	448	465
	Посадка рассады																			
70X30	95	120	101	121	32	83	148	15,1	1184	2147	4155	3330	118	129	102	128	559	582	458	467
70X50	94	115	100	117	32	72	15,2	15,4	720	1309	2595	2158	11,2	145	144	14,6	561	636	47,1	48,2
70X70	91	115	96	115	33	70	17,4	17,8	544	993	2193	1905	12,6	15,1	15,8	16,0	562	636	48,5	48,5



Таблица 2. Биометрические показатели силфнии пронзеннолистной в фазу цветения, в зависимости от способа посева

Варианты	Высота растений, см				Количество стеблей на 1 растение, шт				Густота стеблестоя, тыс. шт./га				Масса 100 стеблей, кг				Облиственность, %			
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019
семена	187	188	220	222	53	75	150	152	2253	2588	4500	3663	153	131	210	204	440	456	337	372
	Посадка рассады																			
70x30	198	201	240	250	58	90	159	168	2146	2718	4404	3780	156	249	220	211	429	438	290	346
70x50	196	200	227	242	58	83	230	236	1305	1536	3979	3351	177	350	250	238	431	449	300	367
70x70	192	195	222	235	60	83	268	274	990	1129	3457	2932	194	358	270	262	435	451	310	370

По годам исследований (2016–2019 гг.) в фазу стеблевания высота растений возрастала к третьему году жизни культуры с 88 см до 106 см для посева семенами и с 91 см до 120 см для посадок рассады.

В 2018 было жарко и засушливо, что повлияло на рост культуры. По сравнению с 2017 годом, растения, выращенные из рассады, уменьшились на 19 см при любой из схемы посадок, а растения, полученные из семян на 11 см. В 2019 году высота растений возросла до 107 см для семенного посева и 121 см (70x30) для рассады. Количество стеблей на одно растение возрастало по годам жизни силфнии пронзеннолистной. У семенного посева от 2,5 (2016) до 13,6 (2019) стеблей на 1 растение, у рассады от 3,2 (2016) до 17,8 (2019) стеблей на 1 растение.

Густота стеблестоя определялась количеством растений тыс. шт/га (табл. 1) и количеством побегов на растении. По всем годам исследований наибольшую густоту стеблестоя формировали посадки рассады по схеме 70x30 от 118,4 тыс.шт/м<sup>2</sup> до 415,5 тыс.шт/м<sup>2</sup>. Наименьшая густота стеблестоя наблюдалась в варианте не загущенного посева рассады по схеме 70x70 – от 54,4 тыс. шт/м<sup>2</sup> до 219,3 тыс шт/м<sup>2</sup>. Густота стеблестоя для семенного посева возрастало от 106,3 тыс.шт/м<sup>2</sup> до 390 тыс.шт/м<sup>2</sup>.

Масса 100 сырых побегов была в обратной зависимости от высоты растений и густоты стеблестоя. Наибольший вес побегов имели растения рассады, высаженные по схеме 70x70, их масса варьировала по годам от 12,6 кг (2016) до 16,0 кг (2019). Наименьший вес побегов имел вариант посадки рассады 70x30, масса составила от 10,2 кг (2018) до 12,9 кг (2017 год). У семенного посева масса 100 побегов варьировала от 11,3 кг (2018) до 12,9 кг (2019). Как и на высоте растений, засуха 2018 года сказалась и на массе побегов. По сравнению с 2017 годом масса стеблей уменьшилась на 0,6 кг для семенного посева, для рассадного посева от 0,1 кг (70x50) до 2,7 кг (70x30).

Облиственность растений в фазу стеблевания достигает своего максимума. Было установлено, что чем выше были растения, тем менее облиственные были растения.

Так, у высокорослого варианта посадки рассады по схеме 70x30 облиственность в 2016 году составила 55,9 %. В остальных вариантах посадки рассады на второй год жизни облиственность составила от 56,1 % (70x50) до 56,2 % (70x70). Необходимо отметить, что наибольшую облиственность, независимо от способа посева, имели растения на третий год жизни (2017). В целом по опыту облиственность варьировала от 58,2 % (70x70) до 67,7 % (семена).

В 2018 году засушливый период не способствовал нарастанию массы листьев, в связи с чем процент облиственности снизился на 22,9 % для семенного посева, для рассады на 12,4 % (70x30) до 17,1 % (70x70). На пятый год жизни (2019) облиственность растений рассады составляла от 46,7 % (70x30) до 48,5 % (70x70). Облиственность семенного посева составила 46,5 %.

Нами установлено, что чем выше была облиственность растений, тем площадь листьев была ниже. В 2016 году или на второй год жизни растений площадь листьев культуры варьировала от 16,5 тыс. м<sup>2</sup>/га (70x70) до 17,9 тыс. м<sup>2</sup>/га (70x30), в 2017 году или на третий год жизни растений от 17,4 тыс. м<sup>2</sup>/га (70x70) до 18,1 тыс. м<sup>2</sup>/га (70x30), в 2018 году или на четвертый год жизни от 16,8 тыс. м<sup>2</sup>/га (70x70) до 17,7 тыс.м<sup>2</sup>/га (70x30), в 2019 году или на пятый год жизни от 17,0 тыс.м<sup>2</sup>/га (70x70) до 18,0 тыс.м<sup>2</sup>/га (70x30).

В варианте опыта при семенном посеве площадь листьев в 2016 и в 2017 гг. составила 16,9 тыс. м<sup>2</sup>/га, в 2018– 16,6 тыс. м<sup>2</sup>/га, в 2019– 16,7 тыс. м<sup>2</sup>/га.

По нашим исследованиям установлено (табл. 2), что при посадке рассады высота растений в фазу цветения 2016 варьировала от 192 см (70x70) до 198 см (70x30). У семенного посева высота растений была значительно ниже по сравнению с рассадой и составила 187 см, что ниже к самому низкорослому варианту посадки рассады 70x70 на 5 см.

Стабильный рост растений наблюдался и в 2019 году, варианты посадки рассады имели высоту от 235 см (70x70) до 250 см (70x30), семенной посев имел высоту в 222 см.

У низкорослых растений семенного посева в 2016 году количество стеблей на растении сформировалось 5,3 шт/растении, в то время как рассадный посев сформировал на 0,5–0,7 шт/растении больше, от 5,8 шт/растении до 6,0 шт/растении. В 2018 году количество стеблей возросло до 15,0 шт/растении и для рассадного посева составило от 15,9 шт/растении (70x30) до 27,4 шт/растении (70x70). На следующий год (2019), количество стеблей на растении для семенного посева возросло на 0,2 шт/растении (15,2 шт/растении), для схемы посадки рассады 70x30 на 0,9 шт/растении (16,8 шт/растении), 70x50 – на 0,6 шт/растении (23,6 шт/растении), 70x70 – на 0,6 шт/растении (24,7 шт/растении).

Густота стеблестоя, как и указывалось ранее, зависела от количества стеблей на растении и от количества растений на га. В 2016 году наиболее плотный стеблестой сформировался у семенного посева – 225,3 тыс.шт/га, наименее плотный стеблестой был у изреженного посева рассады по схеме 70x70 – 99,0 тыс.шт/га, у других вариантов посадки рассады плотность стеблестоя составила от 130,5 тыс.шт/га (70x50) до 214,6 тыс.шт/га (70x30). На четвертый год жизни растений (2018) наблюдалась загущенность посева для всех вариантов по сравнению с 2017 годом. Так, наиболее загущенным он был в варианте семенного посева – 450,0 тыс. шт/га, что больше к 2017 году на 191,2 тыс. шт/га. У рассадного посева плотность стеблестоя варьировала от 345,7 тыс.шт/га (70x70) до 440,4 тыс.шт/га (70x30), это больше чем в 2017 году на 168,6 тыс.шт/га (70x30) до 244,3 тыс.шт/га (70x50).

В 2019 году густота стеблестоя снизилась по сравнению с 2018 годом на 83,7 тыс.шт/га для семенного посева и от 62,8 тыс.шт/га (70x50) до 52,5 тыс.шт/га (70x70). Масса 100 стеблей также изменялась по годам исследований. Так, у семенного посева в 2016 году масса побегов составила 15,3 кг, в свою очередь у рассадного посева масса стеблей возрастала от 15,6 кг (70x30) до 19,4 кг (70x70). В 2017 году у семенного посева побеги имели вес ниже на 2,2 кг – 13,1 кг, у рассадного посева вес побегов наоборот значительно выше к 2016 году и составил от 24,9 кг (70x30) до 35,8 кг (70x70). В 2018 году масса стеблей уменьшилась для всех вариантов посадки рассады и варьировала от 22,0 кг (70x30) до 27,0 кг (70x70), у семенного посева масса побегов по сравнению с 2017 годом возрастала на 7,9 кг. Уменьшение веса побегов наблюдалось и в 2019 году, для рассады вес уменьшился, по сравнению с 2018 годом, от 0,9 кг (70x30) до 1,2 кг (70x50), у семенного посева вес снизился на 0,6 кг и составил 20,4 кг.

Облиственность растений по сравнению с фазой стеблевания снижалась на 9,7 % у семенного посева и у рассады на – 9,7- 10 % и была выше у более низкорослых растений.

Так, в 2016 году облиственность растений рассады составила от 42,9 % (70x30) до 43,5 % (70x70), у семенного посева она была на уровне 44,0 %.

В 2017 году облиственность рассады варьировала от 43,8 % (70x30) до 45,1 % (70x70), для семенного посева облиственность составила 45,6 %.

К четвертому году жизни растений (2018) облиственность была ниже по сравнению с остальными годами исследований, для вариантов посадки рассады она составила от 29,0 % (70x30) до 31,0 % (70x70), у семенного посева облиственность была выше, чем у рассады – 33,7 %.

На пятый год жизни растений (2019) облиственность растений семенного посева составила 37,2 %, у рассадного посева она была ниже и варьировала от 34,6 % (70x30) до 37,0 % (70x70).

При более низкой облиственности площадь листьев возрастала. Так, при рассадном способе посева площадь листьев в 2016 году варьировала от 49,3 тыс.м<sup>2</sup>/га (70x70) до 51,6 тыс.м<sup>2</sup>/га(70x30), семенной посев как наиболее облиственный имел площадь листьев – 48,8 тыс.м<sup>2</sup>/га. По сравнению с фазой бутонизации площадь листьев у рассадного посева увеличилась на 17,9 тыс. м<sup>2</sup>/га (70x30) – 16,5 тыс. м<sup>2</sup>/га (70x70), у семенного посева площадь листьев увеличилась на 16,2 тыс. м<sup>2</sup>/га.

В 2017 году площадь листьев рассады варьировала от 50,2 тыс.м<sup>2</sup>/га (70x70) до 52,4 тыс.м<sup>2</sup>/га (70x30), что выше к фазе бутонизации на 7,7 тыс.м<sup>2</sup>/га (70x30)– 6,7 тыс.м<sup>2</sup>/га (70x50). У семенного посева площадь листьев составляла 49,7 тыс. м<sup>2</sup>/га, что выше чем в фазу бутонизации на 6,9 тыс. м<sup>2</sup>/га.

К четвертому году жизни (2018) площадь листьев у рассадного посева составила от 51,3 тыс.м<sup>2</sup>/га (70x70) до 52,8 тыс.м<sup>2</sup>/га (70x30), к фазе бутонизации рост площади листьев составляет от 7,2 тыс.м<sup>2</sup>/га (70x70) до 7,7 тыс.м<sup>2</sup>/га (70x30), у семенного посева площадь листьев составила 50,4 тыс.м<sup>2</sup>/га, что выше к фазе бутонизации на 7,2 тыс.м<sup>2</sup>/га.

В 2019 году или на пятый год жизни растений площадь листьев для растений выращенных из рассады составляла от 51,6 тыс.м<sup>2</sup>/га до 52,9 тыс.м<sup>2</sup>/га, у семенного посева площадь листьев составляла 50,4 тыс.м<sup>2</sup>/га. Сравнивая с фазой бутонизации для рассады площадь листьев увеличилась на 7,6–7,7 тыс. м<sup>2</sup>/га, для семенного посева увеличилась на 7,0 тыс. м<sup>2</sup>/га.

## Заклучение

1. Способы посева сільфий пронзеннолистной оказали значительное влияние на биометрические показатели развития растений. Преимущество по развитию имели растения рассады. Наиболее высокими были растения при посадке рассады по схеме 70x30 – до 250 см в фазу цветения.

2. Количество стеблей на растении возрастало с годом жизни культуры и составило на второй год жизни – от 2,5 шт/растении до 5,3 шт/растении у семенного посева и от 3,2 шт/растении до 6,0 шт/растении у рассадного посева, а на пятый год жизни – от 13,6 шт/растении до 15,2 шт/растении у семенного посева и от 15,1 шт/растении до 27,4 шт/растении у рассадного посева.

3. Наиболее плотный стеблестой сформировался к четвертому году жизни растений независимо от способа посева. Однако наиболее загущенный стеблестой формировался при посадке рассады по схеме 70x30 – от 415,5 тыс. шт/га (фаза стеблевания) до 440,4 тыс. шт/га (фаза цветения). Немного уступал по густоте стеблестоя семенной посев в фазу стеблевания – на 25,5 тыс. шт/га, но к фазе цветения густота была выше на 9,6 тыс. шт/га.

4. Масса 100 стеблей возрастала к фазе цветения во всех вариантах опыта. Наибольший вес имели растения рассады по схеме 70x70 – до 35,8 кг.

5. Облиственность растений снижалась от фазы стеблевания до фазы цветения. Наиболее облиственные были растения при посадке рассады 70x70 и при семенном посеве. Лучшей облиственностью характеризовались растения в 2017 году – до 67,7 %. Площадь листьев была выше при посадке рассады по схеме 70x30.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов, А. А. Сильфия пронзеннолистная в кормопроизводстве: АН Украины. Центральный ботанический сад им. Н. Н. Гришко / А. А. Абрамов. – Киев: Наукова думка, 1992. – 155 с.
2. Аксемкулова, Г. Б. Влияние приемов возделывания на урожайность нетрадиционных кормовых культур в условиях юго-востока Казахстана [Текст] / Г. Б. Асемкулова // Кормопроизводство. – М., 2011. – № 11. – С. 37–39.
3. Гладкова, Л. И. Использование новых видов растений в кормопроизводстве / Л. И. Гладкова. – М., 1987. – 48 с.
4. Головатенко, М. И. Испытание кормовых растений, перспективных для зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края [Текст] / М. И. Головатенко // Технология и экономика овцеводства. – Ставрополь, 1994. – С. 103–125.
5. Данилов, К. П. Сильфия пронзеннолистная / К. П. Данилов // Кормопроизводство. – 1992. – №4. – С. 19–20.
6. Медведев, П. Ф. Малораспространенные кормовые культуры / П. Ф. Медведев. Л.: Колос, 1970. – 160 с.
7. Утеуш, Ю. А. Новые перспективные кормовые культуры / Ю. А. Утеуш. – Киев: Наукова думка, 1991. – 192 с.
8. Бахмат, Н. И. Сильфия пронзеннолистная перспективная кормовая культура на Подолье / Н. И. Бахмат, Д. Д. Драчук // Кормовые растительные ресурсы – фактор научно-технического прогресса в кормопроизводстве: тез. докл. конф. / ВАСХНИЛ. – Киев, 1989. – С. 60.
9. Данилов, К. П. Влияние способа и норм высевы на урожайность сільфий пронзеннолистной / К. П. Данилов // Аграрно-экономические науки. – Чувашия, 2015. – 37–39 с.
10. Емелин, В. А. Сильфия пронзеннолистная: хозяйственная ценность, биология и технология возделывания / В. А. Емелин. – Витебск: ВГАВМ, 2011. – 36 с.
11. Идельбаев, Р. Р. Использование сільфий пронзеннолистной в качестве предшественника и сидерата для зерновых культур / Р. Р. Идельбаев, Н. П. Терещенко, В. В. Христин // Молодой ученый. – 2015. – №3. – С. 369–371.
12. Капустин, Н. И. Агробиологические особенности новых и традиционных кормовых культур, технологий их возделывания и приемы биологизации земледелия в Северо-Западном регионе : автореф. дис. . докт. с.-х. наук: 06.01.01. / Н. И. Капустин; ФГОУ ВПО Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н. В. Верещагина. – М., 2013. – 36 с.
13. Лобан, С. Е. Изучение сроков сева сільфий пронзеннолистной // С. Е. Лобан, И. М. Путырский, Т. В. Гиль // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: мат. VIII международной научной конференции, Минск, 28–30 октября 2015 г. / Национальная академия наук Беларуси; редкол.: Н. А. Ламан [и др.]. – Минск, 2015. – С. 72.
14. Новочихин, А. М. Изучение элементов технологии возделывания сільфий пронзеннолистной / А. М. Новочихин, Л. А. Пискарева // Символ науки. – 2016. – № 10–3. – С. 39 – 41.
15. Савин, А. П. Научное и технологическое обоснование возделывания энтомофильных культур для интенсификации кормопроизводства и пчеловодства в лесостепной зоне европейской части России: автореф. ... докт. с.х. наук: 06.01.09 / А. П. Савин; НИУ пчеловодства. – Москва, 2004. – 44 с.
16. Сидорова, Н. М. Оптимизация минерального питания и расчет доз удобрений на основе полевых опытов сільфий пронзеннолистной в условиях Западной Сибири / Н. М. Сидорова, Ю. И. Ермохин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2008. – №8. – С. 21–26.
17. Усенко, А. В. Многоукосное использование травостоя сільфий пронзеннолистной в южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. сельхоз. наук: 06.01.01 / А. В. Усенко; Омск. госуд. аграр. ун-т. – Омск, 2011. – 17 с.
18. Чупина, М. П. Аминокислотный, макро- и микроэлементный состав сільфий пронзеннолистной / М. П. Чупина, А. Ф. Степанов // Главный зоотехник. – Омск, 2015. – №9. – С. 25–30.
19. Мадебейкин, И. Н. Сильфия пронзеннолистная / И. Н. Мадебейкин, И. И. Мадебейкин // Пчеловодство. – 2016. – № 2. – С. 27.
20. Данилов, К. П. Влияние срока и кратности скашивания на урожайность сільфий пронзеннолистной / К. П. Данилов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – №3. – С. 53–55.

21. Седелников, Б. Г. Основные технологические приемы возделывания и использования сивьфии пронзеннолистной на корм в южной лесостепи Омской области: автореф.... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Б. Г. Седелников; Омский ГАУ. – Омск, 2003. – 16 с.
22. Емелин, В. А. Морфологические, биологические и хозяйственные особенности сивьфии пронзеннолистной при многолетнем изучении исходного материала / В. А. Емелин – Витебск: ВГАВМ, 2015. – С. 109–113.
23. Степанов, А. Ф. О продуктивности и питательной ценности сивьфии пронзеннолистной в условиях Западной Сибири / А. Ф. Степанов, М. П. Чупина // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2015. – №9. – С. 40–47.
24. Емелин, В. А. Влияние загущенного посева на формирование рассады растений и урожайность сивьфии пронзеннолистной при семенном и вегетативном размножении культуры / В. А. Емелин // Кормопроизводство. – Витебск, 2015. – С. 29–33.
25. Чупина, М. П. Экономико-энергетическая оценка влияния покровных культур на продуктивность сивьфии пронзеннолистной в Западной Сибири / М. П. Чупина, А. Ф. Степанов // Омский научный вестник. – Омск, 2015. – С. 190–192.
26. Черник, В. В. Анатомо-морфологические особенности плодов рапонтика сафлоровидного и сивьфии пронзеннолистной на Памире / В. В. Черник, Х. А. Акназаров, А. Е. Касач // Отделение биологических наук. – 1985. – Т. 2. – С. 9–12.
27. Маргиева, Ф. Т. Результаты интродукции сивьфии пронзеннолистной, как кормовой культуры в Северную Осетию: автореф... канд. биол. Наук: 03.00.32 / Ф. Т. Маргиева; ФГОУ ВПО ГГАУ. – Владикавказ, 2006. – 12с.
28. Методика полевых опытов с кормовыми культурами / Всесоюз. научно-исслед. ин-т кормов им. В. Р. Вильямса. – М., 1971. – 158 с.
29. Станкевич, С. И. Влияние способа размножения на продуктивность сивьфии пронзеннолистной / С. И. Станкевич, А. А. Киселев, Т. К. Нестеренко // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. – 2017. – № 3. – С. 77–80.
30. Методические указания по селекции многолетних злаковых трав / В. М. Косолапов [и др.] // Россельхозакадемия; ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса. – М., 2012. – 43 с.

## ИЗУЧЕНИЕ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКА УСТОЙЧИВОСТИ ЯЧМЕНЯ К СЕТЧАТОЙ ПЯТНИСТОСТИ И СОЗДАНИЕ ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ С КОМПЛЕКСОМ СЕЛЕКЦИОННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ

Ю. А. СУЩЕВИЧ

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию,  
г. Жодино, Республика Беларусь, e-mail: sushchevichyuliya@mail.ru

(Поступила в редакцию 20.01.2021)

Сетчатая пятнистость ячменя является широко распространенным и высоко вредоносным заболеванием. Болезнь прогрессирует во всех зернофуражных странах мира, в том числе и в Беларуси. Снижение урожайности при сильном развитии болезни могут достигать 50–60 %. Наиболее экономичным и экологически чистым методом борьбы с болезнью является селекционно-генетический. В статье представлены результаты исследований по изучению наследования признака «устойчивость к *Pyrenophora teres*». Установлено, что устойчивость ячменя к сетчатой пятнистости у гибридов первого поколения от скрещивания восприимчивого сорта и источников устойчивости зависела как от ядерных, так и от цитоплазматических факторов. Выявлено сверхдоминирование, полное и неполное доминирование, а также рецессивное проявление признака устойчивости к патогену. Результаты гибридологического анализа показали, что невосприимчивость к сетчатой пятнистости у выделенных источников детерминирована одной – двумя парами генов. Проявление признака устойчивости в некоторых случаях зависело от сложного взаимодействия генов восприимчивого сорта и источника резистентности (доминантный эпистаз, полимерия). Выделенные источники устойчивости передают признак устойчивости преимущественно при использовании их в качестве материнской родительской формы и могут быть использованы в качестве доноров устойчивости к сетчатой пятнистости. Создана и передана в Национальный банк семян генетических ресурсов хозяйственно полезных растений 21 линия ярового ячменя ценная по устойчивости к сетчатой пятнистости: SY3, SY5, SY6, SY7, SY10, SY12, SY14, SY15, SY16, SY18, SY20, SY24, SY27, SY33, SY34, SY37, SY42, SY47, SY50, SY55, SY63. Данные линии рекомендуются для дальнейшего использования в качестве исходного материала как источники устойчивости к сетчатой пятнистости ячменя.

**Ключевые слова:** ячмень, сетчатая пятнистость, распространенность, источник устойчивости, гибрид, отбор.

*Barley net blotch is a widespread and highly harmful disease. The disease is progressing in all grain-feeding countries of the world, including Belarus. A decrease in yield with a strong development of the disease can reach 50-60%. The most economical and environmentally friendly method of combating the disease is genetic selection. The article presents results of studies on the inheritance of "resistance to *Pyrenophora teres*" trait. It was found that the resistance of barley to net blotch in the first generation hybrids from crossing a susceptible variety and resistance sources depended on both nuclear and cytoplasmic factors. We have established overdominance, complete and incomplete dominance, as well as recessive manifestation of the trait of resistance to the pathogen. The results of hybridological analysis showed that the resistance to net blotch in isolated sources is determined by one or two pairs of genes. The manifestation of resistance trait in some cases depended on the complex interaction of genes of susceptible variety and the source of resistance (dominant epistasis, polymeria). The isolated sources of resistance convey the trait of resistance mainly when used as a maternal parent form and can be used as donors of resistance to net blotch. We have created and transferred to the National Bank of Seeds of Genetic Resources of Economically Useful Plants 21 spring barley lines valuable for their resistance to net blotch: SY3, SY5, SY6, SY7, SY10, SY12, SY14, SY15, SY16, SY18, SY20, SY24, SY27, SY33, SY34, SY37, SY42, SY47, SY50, SY55, SY63. These lines are recommended for further use as starting material as sources of resistance to barley net blotch.*

**Key words:** barley, net blotch, prevalence, source of resistance, hybrid, selection.

### Введение

Сетчатая пятнистость, возбудителем которой является несовершенный гриб-микроспоридий *Pyrenophora teres* (net-форма), считается одним из самых вредоносных заболеваний ярового и озимого ячменя [1]. В эпифитотийные годы потери урожая от поражения сетчатой пятнистостью могут достигать 50–60 % [2, 3, 4]. Ранняя инокуляция ячменя приводит к поражению почти 90 % поверхности листьев и к уменьшению числа зерен в колосе на 1–6 % [5]. Наиболее экономичным и экологически чистым методом борьбы с болезнью является селекционно-генетический. В связи с этим необходим дальнейший поиск устойчивых сортов, линий и форм среди коллекционного и селекционного материала, изучение наследования устойчивости при использовании в гибридизации источников устойчивости с целью определения их донорских свойств и получения нового исходного селекционного материала с ценными хозяйственно-полезными признаками, что и являлось целью нашей работы.

### Основная часть

По результатам полевой и лабораторной оценки (бензимидазольный метод исследований) 182 сортообразца ярового ячменя на устойчивость к сетчатой пятнистости были отобраны образцы для проведения гибридизации. Критерием подбора родительских форм являлась устойчивость сортообразцов к сетчатой пятнистости с учетом географической (генетической) удаленности. Для изучения закономерностей наследования признаков устойчивости к сетчатой пятнистости в условиях фитотронно-тепличного комплекса проведена гибридизация по полной диаллельной схеме четырех сортов ярового ячменя, различающихся по восприимчивости: Harrington (восприимчивый), Linus (относительно

устойчивый), Нутанс 3291(устойчивый), Дзівосны (устойчивый). Для получения гибридных растений проводилась кастрация колоса путем разреза наружной цветочной чешуи глазным пинцетом с дальнейшим извлечением через разрез пыльников. Затем колос изолировали при помощи изолятора сделанного из пергаментной бумаги размером 25 X 10 см. Опыление проводили через 2–3 дня *твел-методом*. По каждой комбинации кастрировали не менее 7 колосьев. После созревания зерен под изолятором, колосья срезали с частью стебля, обмолачивали вручную и подсчитывали количество гибридных зерен.

В результате скрещивания было получено 12 гибридных комбинаций.

По результатам оценок средних значений пораженности гибридов F<sub>1</sub> и их родительских форм были рассчитаны коэффициенты фенотипической доминантности по методике Густафсона (табл. 1) [6]:

$$hp = \frac{F-MP}{P-MP}, \quad (1)$$

где: F – значение пораженности у гибрида; MP – среднее значение признака родительских форм (P<sub>1</sub>+P<sub>2</sub>):2; P – среднее значение устойчивости лучшего родителя; hp – 0–0,5 – частичное или полудоминирование признака; hp – 0,6–0,9 – неполное доминирование; hp – 1,0 – полное доминирование; hp >1 – сверхдоминирование.

Таблица 1. Оценка родительских форм и гибридов F<sub>1</sub> ячменя в реципрокных скрещиваниях

Материнская форма	Поражённость, балл	Отцовская форма	Поражённость, балл	Гибрид F <sub>1</sub> , поражённость, балл	Коэффициент доминантности
Реципрокные скрещивания устойчивого и восприимчивого сорта					
Harrington♀	3,0	Linus♂	2,2	3,0	-1,0 (полное доминирование восприимчивости)
Linus♀	2,2	Harrington♂	3,0	2,3	0,75 (неполное доминирование устойчивости)
Harrington♀	3,0	Нутанс 3291♂	1,4	2,3	-0,12 (частичное доминирование восприимчивости)
Нутанс 3291♀	1,4	Harrington♂	3,0	1,6	0,75 (неполное доминирование устойчивости)
Harrington♀	3,0	Дзівосны♂	1,5	2,2	0,07 (частичное доминирование устойчивости)
Дзівосны♀	1,5	Harrington♂	3,0	1,6	0,86 (неполное доминирование устойчивости)
Реципрокные скрещивания устойчивого и относительно устойчивого сорта					
Нутанс3291♀	1,4	Linus♂	2,2	1,4	1,0 (полное доминирование устойчивости)
Linus♀	2,2	Нутанс 3291♂	1,4	2,1	-0,75 (неполное доминирование восприимчивости)
Нутанс3291♀	1,4	Дзівосны♂	1,5	1,2	5,0 (сверхдоминирование устойчивости)
Дзівосны♀	1,5	Нутанс 3291♂	1,4	1,3	3,0 (сверхдоминирование устойчивости)
Дзівосны♀	1,5	Linus♂	2,2	1,6	0,71 (неполное доминирование устойчивости)
Linus♀	2,2	Дзівосны♂	1,5	1,7	0,42 (частичное признака устойчивости)

Из приведенной выше таблицы видно, что у гибридных комбинаций *Linus*♀ × *Harrington*♂, *Нутанс 3291*♀ × *Harrington*♂, *Дзівосны*♀ × *Harrington*♂ и *Harrington*♀ × *Дзівосны*♂ отмечено неполное доминирование устойчивости родителя. Гетерозиготы обладают промежуточным фенотипом между родительскими формами. Коэффициенты доминантности растений F<sub>1</sub> варьируют от 0,07 до 0,86. Это означает, что при наследовании устойчивости основную роль играют гены с аддитивными эффектами. В комбинациях *Harrington*♀ × *Linus*♂ и *Harrington*♀ × *Нутанс3291*♂ получено отрицательное значение показателей доминантности, со значениями -1,0 и -0,12. Таким образом, наблюдается ухудшение средних показателей признака по устойчивости к сетчатой пятнистости у гибридов при использовании высоковосприимчивого сорта *Harrington* в качестве материнской формы. При использовании этого сорта в качестве отцовской формы отмечено доминирование устойчивого родителя. В реципрокных гибридных комбинациях *Harrington*♀ × *Дзівосны*♂ и *Дзівосны*♀ × *Harrington*♂, наблюдался положительный результат как в прямых, так и в обратных скрещиваниях.

При скрещивании устойчивых сортов и относительно устойчивых также можно наблюдать эффекты неполного, частичного, полного и сверхдоминирования признака устойчивости. В реципрокных гибридных комбинациях *Нутанс3291*♀ × *Дзівосны*♂, *Дзівосны*♀ × *Нутанс3291*♂ гибриды проявляют эффект сверхдоминирования и обладают высокой устойчивостью к *P. teres*. Коэффициенты доминантности соответственно равны 5 и 3. В гибридной комбинации *Нутанс3291*♀ × *Linus*♂ к возбудителю

сетчатой пятнистости листьев проявился доминантный эффект, отсутствует цитоплазматическое наследование, что указывает на то, что болезнь контролируется в основном доминантными ядерными генами. Коэффициент доминантности равен 1. В реципрокных гибридных комбинациях *Дзівосны*♀ × *Linus*♂, *Linus*♀ × *Дзівосны*♂ отмечено неполное доминирование устойчивости родителя, т.е. доминантность не проявляется в полной мере. Гетерозиготы обладают промежуточным фенотипом между родительскими формами. В комбинации *Linus*♀ × *Нутанс3291*♂ получено отрицательное значение показателей доминантности, со значением -0,75. Таким образом, наблюдается ухудшение средних показателей устойчивости к сетчатой пятнистости у гибридов.

Для установления количества генов, контролирующей устойчивость у изучаемых гибридных комбинаций к *P. teres* был проведен гибридологический анализ растений F<sub>2</sub> (табл. 2).

Таблица 2. Расщепление по устойчивости растений ячменя к *Pyrenophora teres* в гибридных комбинациях F<sub>2</sub>

Комбинация скрещивания	Соотношение фенотипов R:S		χ <sup>2</sup>
	теоретически ожидаемое	фактическое	
Harrington × Linus	3:1 (376:126)	364:138	1,524
Harrington × Нутанс3291	3:1 (376:126)	382:120	0,382
Harrington × Дзівосны	3:1 (414:138)	393:159	4,261
Linus × Harrington	3:1 (369:123)	360:132	0,877
Нутанс3291 × Harrington	3:1 (384:128)	392:120	0,667
Дзівосны × Harrington	3:1 (408:136)	388:156	3,921

Примечание: R – устойчивые, S – восприимчивые.

$$\chi^2_{0,05}=3,84$$

Для оценки фактического расщепления теоретически ожидаемому использовали критерий χ<sup>2</sup>, который вычислялся по формуле:

$$\chi^2 = \frac{(f-F)^2}{F}, \quad (2)$$

где: f – фактические данные; F – теоретически ожидаемые.

Поскольку рассчитанное значение χ<sup>2</sup> по следующим комбинациям опыта (*Harrington* × *Linus*; *Harrington* × *Нутанс3291*; *Linus* × *Harrington*; *Нутанс3291* × *Harrington*) не превышает χ<sup>2</sup><sub>0,05</sub>=3,84 можно говорить о том, что полученное расщепление подчиняется второму закону Менделя (расщепление 3:1), а наблюдаемые небольшие отклонения связаны со случайными причинами и не являются закономерностью. Следовательно, нулевая гипотеза в этом случае не отвергается. Значение χ<sup>2</sup> показывает на достоверность гипотезы о моногенном типе наследования.

В реципрокных гибридных комбинациях *Harrington* × *Дзівосны* и *Дзівосны* × *Harrington* значение χ<sup>2</sup> показывает на недостоверность гипотезы о моногенном типе наследования. Для этих гибридов была взята дигенная модель наследования устойчивости растений к сетчатой пятнистости листьев (табл. 3).

Таблица 3. Расщепление растений ячменя по устойчивости к *Pyrenophora teres* в реципрокных скрещиваниях F<sub>2</sub> *Harrington* × *Дзівосны* и *Дзівосны* × *Harrington*

Частота встречаемости	Частота встречаемости растений в классе, шт.	Соотношение фенотипов R:S		χ <sup>2</sup>
		теоретически ожидаемое	фактическое	
Гибридная комбинация F <sub>2</sub> <i>Harrington</i> × <i>Дзівосны</i>				
9	устойчивые	310	283	2,351
3	относительно устойчивые	104	110	0,346
3	восприимчивые	104	116	1,384
1	высоковосприимчивые	34	43	2,382
Всего растений		552	552	6,463
Гибридная комбинация F <sub>2</sub> <i>Дзівосны</i> × <i>Harrington</i>				
9	устойчивые	306	276	2,941
3	относительно устойчивые	102	112	0,980
3	восприимчивые	102	115	1,656
1	высоковосприимчивые	34	41	1,441
Всего растений		544	544	7,018

Примечание: R – устойчивые, S – восприимчивые.

$$\chi^2_{0,05}=7,81; \chi_{\text{фак}} < \chi^2_{0,05}$$

Закономерность наследования устойчивости к *Pyrenophora teres* в гибридах близка. В гибридной комбинации *Harrington* × *Дзівосны* устойчивых растений было сформировано 283, что составляет 51,3%, а в реципрокном скрещивании – резистентных форм оказалось 276 или 50,7 %. Такого количества устойчивых растений вполне достаточно, чтобы формировать гомозиготные линии для исходного материала.

Гибридологический анализ растений гибридной комбинации *Harrington* × *Дзівосны* и *Дзівосны* × *Harrington* показал высокую вероятность гипотезы о дигенном наследовании устойчивости. Устойчивые растения мы рекомендуем отбирать для создания исходного материала при селекции резистентных сортов ярового ячменя к сетчатой пятнистости листьев.

Если несколько генов определяют один признак организма, то они взаимодействуют друг с другом. При этом в потомстве может наблюдаться необычное расщепление по фенотипу в F<sub>2</sub> представляющие видоизменение общей менделевской формулы 9:3:3:1.

В гибридных комбинациях *Linus* × *Нутанс3291*, *Linus* × *Дзівосны*, *Нутанс3291* × *Linus*, *Нутанс3291* × *Дзівосны* наблюдается доминантный эпистаз, расщепление по фенотипу 12:3:1 [(9+3): 3:1]. В данном случае происходит подавление одним доминантным геном действия другого гена. В гибридной комбинации *Дзівосны* × *Linus* также наблюдается доминантный эпистаз 13:3 [(9+3+1): 3], где (9+3+1) устойчивые растения и 3 восприимчивых растения. Таким образом, подавление гена восприимчивости доминантной же аллелью другого гена (ингибитора) обуславливает расщепление 13:3.

В гибридной комбинации *Дзівосны* × *Нутанс3291* наблюдается полимерия (расщепление 15:1). Что свидетельствует о взаимодействии неаллельных множественных генов, одновременно влияющих на развитие устойчивости, а степень ее проявления зависит от количества генов.

Для проведения биометрического анализа, оценки устойчивости и продуктивности было отобрано 4926 растения из 12-ти гибридных комбинаций F<sub>2</sub>, в пределах каждого гибрида от 299 до 552 растений. В период вегетации были отмечены растения, обладающие высокой устойчивостью к сетчатой пятнистости и непораженные мучнистой росой и другими пятнистостями, всего выделено 2438 растений (от 120 до 283 в разрезе гибридных комбинаций F<sub>2</sub>). Среднеустойчивые, восприимчивые и высоко восприимчивые растения выбракованы. После уборки была проведена браковка выделенных растений по следующим параметрам: выравненность растений, высота не более 90 см, количество продуктивных стеблей – не менее 3.

В результате проведенной работы были отобраны 68 растений, от 4 до 7 из каждой комбинации F<sub>2</sub>, которые сочетали высокую устойчивость к сетчатой пятнистости и хозяйственно полезные признаки. Эффективность отбора составила, в среднем, 2,9 % (1,8–3,7 % в зависимости от комбинации скрещивания).

Полученные высокоустойчивые растения были высеяны в поле на инфекционном фоне (линии F<sub>3</sub>). В фазу начала кущения было проведено искусственное заражение линий с дальнейшей оценкой их на устойчивость к сетчатой пятнистости и соответственно браковка растений в пределах каждой линии по устойчивости.

В результате проведенной работы была выделена 21 линия ярового ячменя высокоустойчивая к *Pyrrenophora teres*: SY3, SY5, SY6, SY7, SY10, SY12, SY14, SY15, SY16, SY18, SY20, SY24, SY27, SY33, SY34, SY37, SY42, SY47, SY50, SY55, SY63. Данные линии переданы в Национальный банк семян генетических ресурсов хозяйственно-полезных растений и рекомендуются для дальнейшего использования в качестве исходного материала как источники устойчивости к сетчатой пятнистости ячменя.

### Заключение

1. Изучено наследование признака устойчивости к сетчатой пятнистости 12 гибридных комбинаций сортов ярового ячменя при использовании 3 сортов источников устойчивости в качестве родительских форм *Linus*, *Нутанс3291*, *Дзівосны* и одного восприимчивого сорта *Harrington*.

2. Установлено, что в первом поколении F<sub>1</sub> эффект доминирования зависел от компонентов скрещивания. В реципрокных гибридных комбинациях *Нутанс3291*♀ × *Дзівосны*♂, *Дзівосны*♀ × *Нутанс3291*♂ гибриды проявляют эффект сверхдоминирования и обладают высокой устойчивостью к *P. teres*. Коэффициенты доминантности соответственно равны 5,0 и 3,0. В гибридной комбинации *Нутанс3291*♀ × *Linus*♂ к возбудителю сетчатой пятнистости листьев проявился доминантный эффект, коэффициент доминантности равен 1. В гибридных комбинациях *Linus*♀ × *Harrington*♂, *Нутанс3291*♀ × *Harrington*♂, *Дзівосны*♀ × *Harrington*♂, *Harrington*♀ × *Дзівосны*♂, *Дзівосны*♀ × *Linus*♂, *Linus*♀ × *Дзівосны*♂ проявилось неполное или частичное доминирование устойчивости (коэффициенты доминантности равны 0,07–0,86). В комбинациях *Harrington*♀ × *Linus*♂, *Linus*♀ × *Нутанс3291*, *Harrington*♀ × *Нутанс3291*♂ получено отрицательное значение показателей доминантности, со значениями -1,0, -0,75 и -0,12.

3. Гибридологический анализ растений в F<sub>2</sub> выявил моногенное, дигенное, а также полигенное наследование признака устойчивости. Статистические значения гибридов F<sub>2</sub> позволили отобрать



68 высокопродуктивных линий ярового ячменя с устойчивостью к *Pyrenophora teres*. Эффективность отбора из выборки 2438 растений составила 2,9 %.

4. Выделенные источники устойчивости передают признак устойчивости преимущественно при использовании их в качестве материнской родительской формы и могут быть использованы в качестве доноров устойчивости к сетчатой пятнистости.

5. Отобрана и передана в Национальный банк семян генетических ресурсов хозяйственно-полезных растений 21 линия ярового ячменя ценная по устойчивости к сетчатой пятнистости и хозяйственно-полезным признакам: SY3, SY5, SY6, SY7, SY10, SY12, SY14, SY15, SY16, SY18, SY20, SY24, SY27, SY33, SY34, SY37, SY42, SY47, SY50, SY55, SY63.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хохряков, М. К. Политематический определитель возбудителей гельминтоспориозов злаков / М. К. Хохряков, А. А. Бенкен. – Л.: [б. и.], 1969. – 18 с.

2. Хасанов, Б. А. Определитель грибов – возбудителей «гельминтоспориозов» растений из родов *Bipolaris*, *Drechlera* и *Exserohilum* / Б. А. Хасанов. – Ташкент: Фан, 1992. – 244 с.

3. Steffenson, B. J. Pathotype diversity of *Pyrenophora teres* f. *teres* on barley / B. J. Steffenson, R. K. Webster // *Phytopathology*. – 1992. – Vol. 82, № 2. – P. 170–177.

4. Jayasena, K. W. Yield reduction in barley in relation to spot-type net blotch / K. W. Jayasena // *Australasian Plant Pathology*. – 2007. – Vol. 36, № 5. – P. 429–433.

5. Войтова, Л. Р. Сетчатая пятнистость ячменя / Л.Р. Войтова // *Защита растений*. – 1971. – №11. – С. 44–45.

6. К методике проведения гибридологического анализа гибридов зерновых культур / В. А. Дзюба [и др.] // *Зерновое хозяйство России*. – 2012. – № 3. – С. 8–13.

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЗДАНИЯ СРЕДОСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ НА ОСНОВЕ СИЛЬФИИ ПРОНЗЕННОЛИСТНОЙ В УСЛОВИЯХ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИ ПРОБЛЕМНЫХ АРЕАЛОВ АГРОЛАНДШАФТОВ

М. А. ПАСТУХОВА

Государственное научное учреждение «Полесский аграрно-экологический институт  
Национальной академии наук Беларуси»,  
г. Брест, Республика Беларусь, 224042, e-mail: pastukhova.marina@inbox.ru

Б. В. ШЕЛЮТО

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 22.01.2021)

В статье представлены результаты исследований, полученных в рамках проекта инновационного фонда Брестского облисполкома (2016–2018 гг.) «Внедрение в сельскохозяйственных предприятиях Брестской области новой кормовой культуры сильфии пронзеннолистной» и Государственной программы научных исследований ГПНИ (2018–2020 гг.) «Природопользование и экология».

Исследования направлены на поиск и реализацию резервов повышения эффективности растениеводства и животноводства, уровня хозяйствования сельскохозяйственных предприятий в целом, сохранения и повышения уровня конкурентоспособности сельхозпредприятий на мировом рынке мясомолочной продукции посредством удешевления кормов для крупного рогатого скота. В статье приводятся расчеты экономической эффективности возделывания сильфии пронзеннолистной в качестве силосной культуры в ареалах агроэкологически проблемных почв, преимущественно с малой мощностью гумусового горизонта в сравнении с традиционно возделываемой силосной культурой кукурузой.

Отмечено существенное влияние почвенных условий на урожайность сильфии пронзеннолистной. В зависимости от почвенных условий произрастания на четвертый год жизни урожайность достигает 1142,4–1570,8 ц/га против урожайности кукурузы 170–230 ц/га. Экономическая эффективность агрофитоценозов на основе сильфии пронзеннолистной за счет экономии затрат на производство силоса альтернативного кукурузному в ОАО «Спорово» около 21,3 тыс. рублей (5 га посевов), в ОАО «Дрогичинский райагросервис» 21,3 тыс. рублей (5 га посевов). Использование плантаций сильфии в качестве семенных посевов в среднем обеспечит выручку в ОАО «Спорово» и ОАО «Дрогичинский райагросервис» в размере по 720 тыс. рублей.

**Ключевые слова:** деградация почв, урожайность, экономическая эффективность, окупаемость.

The article presents results of research obtained within the framework of project of innovation fund of Brest Regional Executive Committee (2016–2018) "The introduction of a new fodder crop of *Silphium perfoliatum* in agricultural enterprises of Brest region" and the State Program of Scientific Research (2018–2020) "Nature Management and ecology".

Research is aimed at finding and implementing reserves for increasing the efficiency of crop and livestock production, the level of management of agricultural enterprises in general, maintaining and increasing the level of competitiveness of agricultural enterprises in the world market of meat and dairy products by reducing the cost of feed for cattle. The article presents calculations of economic efficiency of cultivation of *Silphium perfoliatum* as a silage crop in areas of agroecologically problematic soils, mainly with a low thickness of humus horizon in comparison with traditionally cultivated silage corn.

Significant influence of soil conditions on the yield of *Silphium perfoliatum* was noted. Depending on the soil conditions of growth in the fourth year of life, the yield reaches 114.24–157.08 t / ha against the yield of corn of 170–230 t / ha. The economic efficiency of agrophytocoenoses on the basis of *Silphium perfoliatum* due to cost savings on the production of silage alternative to corn at JSC Sporovo is about 21.3 thousand rubles (5 hectares of crops), at JSC Drogichinsky Rayagroservice – 21.3 thousand rubles (5 hectares of crops). The use of *Silphium perfoliatum* plantations as seed crops will, on average, provide revenue for JSC Sporovo and JSC Drogichinsky Rayagroservice in the amount of 720 thousand rubles each.

**Key words:** soil degradation, productivity, economic efficiency, payback.

### Введение

В настоящее время в Республике Беларусь одной из приоритетных задач животноводства является оптимизация кормовой базы, удешевление кормов, уменьшение себестоимости готовой сельскохозяйственной продукции. Особую актуальность имеет проблема повышения эффективности кормопроизводства и обеспечения экономического роста сельского хозяйства при сохранении надлежащего качества окружающей среды. Принципиальная проблема, с которой сталкивается сельское хозяйство, – это необходимость поддержания высокой производительной способности агроландшафта при одновременном обеспечении его устойчивого функционирования. С целью обеспечения кормами сельскохозяйственных животных хозяйствующие субъекты вынуждены использовать все имеющиеся земельные ресурсы, включая и малопродуктивные, в том числе нарушенные и деградирующие земли, что влечет дополнительные затраты. Увеличение производства сельскохозяйственной продукции в некоторых случаях до сих пор достигается экстенсивным путем, что выражается в освоении новых площадей и выведении из хозяйственного оборота низкобонитетных угодий.

В то же время интенсификация использования сельскохозяйственных земель без учета экологических ограничений может приводить к расширению масштабов их деградации, а также дестабилизации агроэкосистем. Одним из альтернативных вариантов использования земель, подверженных агроэкологическим рискам, является адаптивно-ландшафтная система земледелия. На сегодняшний день, учитывая современный уровень животноводства, возникла необходимость целенаправленной работы научных учреждений и сельскохозяйственных предприятий по усовершенствованию условий содержания и кормления животных, а также очевидна необходимость расширения ассортимента сельскохозяйственных культур, что является важным фактором интенсификации кормопроизводства. Большой интерес представляют новые перспективные кормовые культуры, обладающие способностью формировать высокие урожаи в течение длительного времени (более десяти лет), такие как силфий пронзеннолистный. Она может эффективно применяться как силосная, сенажная культура, обладающая хорошей отавностью, выдерживает два укоса в течение вегетационного периода и может быть использована в качестве ценного зеленого корма с высоким содержанием обменной энергии и протеина. Агробиологические особенности, агроэкологическая пластичность данной многолетней культуры позволяют оптимизировать использование пахотных земель и получать более дешевый корм по сравнению с кукурузой.

Целью исследований являлось определение экономической эффективности возделывания силфий пронзеннолистный на силосный корм в условиях низкобонитетных почв.

#### Основная часть

В статье приводятся данные урожайности и расчет экономической эффективности возделывания силфий пронзеннолистный в качестве силосной культуры на агроэкологически проблемных ареалах агроландшафтов Брестской области в сравнении с традиционно возделываемой на силос кукурузой. Опыт проводили на следующих почвенных разновидностях:

1. Дерново-подзолисто-глеватая карбонатная почва (ДПК) – ОАО «Спорово», Березовский район;

2. Торфяно-болотная антропогенно-преобразованная почва (ТБ) – ОАО «Спорово», Березовский район;

3. Дерново-глеявая песчаная (ДП) – ОАО «Спорово», Березовский район;

4. Дерново-подзолистая песчаная почва на водно-ледниковом связном песке (ДПП) – ОАО «Дрогичинский райагросервис», Дрогичинский район.

Опыт заложен в производственных условиях сельскохозяйственных предприятий в 2017 году. Общая площадь посевов составляет 10 га. Посев силфий пронзеннолистный широкорядный, схема размещения растений 40x70 см [1, 2, 3, 4]. Урожайность силфий учитывали со второго года жизни, так как в течение первого развития культуры заключается в формировании прикорневой розетки листьев и закладке почек генеративных побегов следующего года [5, 6]. Урожайность силфий и кукурузы представлена в табл. 1.

Таблица 1. Урожайность силфий пронзеннолистный и кукурузы в производственных условиях

Почва	год		
	2018	2019	2020
Урожайность, ц/га			
ДПК	280,6	856,8	1142,4
ДП	299,9	785,4	1570,8
ТБ	271,3	928,2	1428,0
ДПП	142,8	714,0	1213,8
Стандартное отклонение	71,6	92,2	196,6
Коэффициент вариации (V)	25,2	11,2	14,7
НСР 0,5 для почвенных разностей	113,8	146,7	312,8
Средняя урожайность силфий для исследуемых почв, ц	248,6	821,1	1338,8
Средняя урожайность кукурузы для исследуемых почв, ц	230	170	175

На второй год жизни растений силфий пронзеннолистный в пределах почвенных разновидностей наибольшая урожайность получена на ДП, ДПК и ТБ почвах: от 299,9 до 271,3 ц/га соответственно. Данные табл. 1 показывают, что на участках ДП, ДПК и ТБ почв в среднем формируется урожайность в равнозначных значениях. На ДПП почве относительно урожайности, полученной на ДПК, ДП и ТБ почвах, урожайность снижается до 142,8 ц/га. Стандартное отклонение урожайности с учетом почвенных условий обитания растений 71,6 ц/га. Сравнительный анализ урожайности всех изучаемых почв показал, что доверительный интервал для среднего значения урожайности больше 5 %,  $V > 20$  %, что указывает на значительное влияние почвенных условий на формирование урожайности культуры второго года жизни.

На третий год жизни растения силфий формируют урожайность зеленой массы существенно превосходящую урожайность кукурузы (от 714,0 до 928,2 ц/га) на всех почвенных разновидностях. Почвенные условия местообитания оказывают значительное влияние на урожайность культуры (доверительный интервал >5 %). Коэффициент вариации признака  $V > 10$  (средняя степень различия урожайности в зависимости от почвенной разновидности). Наибольшая урожайность получена на ТБ почве (928,2 ц/га). Относительно ТБ почвы урожайность культуры снижается в следующих значениях: на ДПК почве на 7,7 %, на ДП почве – на 15,4 %; на ДПП почве – на 23,1 % соответственно. Стандартное отклонение урожайности относительно почвенных условий 92,2 ц/га.

Урожайность силфий пронзеннолистной на четвертый год жизни достигает значений от 1142,4 до 1570,8 ц/га в зависимости от почвенных условий произрастания. Наибольшая урожайность отмечена на ДП почве (1570,8 ц/га). Наименьшая урожайность – на ДПК почве 1142,4 ц/га. Относительно почвенных условий местообитания отмечена средняя степень изменчивости признака ( $V > 10$ ). Доверительный интервал для среднего значения >5 %, что указывает на значительное влияние почвенных условий произрастания на формирования урожая культуры. Стандартное отклонение признака относительно почвенных условий 196,6 ц/га.

Полученные данные позволяют сделать вывод о значительном влиянии почвенных условий произрастания на формирование урожайности растений силфий пронзеннолистной. Тем не менее на всех почвенных разновидностях получена значительно большая по сравнению с кукурузой урожайность.

Расчет экономической эффективности с учетом затрат на возделывание силфий пронзеннолистной и кукурузы представлен в табл. 2.

Таблица 2. Экономическое обоснование возделывания силфий пронзеннолистной

Статьи затрат	2017		2018		2019		2020	
	силфий	кукуруза	силфий	кукуруза	силфий	кукуруза	силфий	кукуруза
оплата труда ч/час	182,00	182,00	46,41	278,46	58,67	352	73,24	439,46
соцстрах	54,60	54,60	81,91	491,46		*		*
резерв отпусков	36,40	36,40	32,38	194,30		*		*
госстрах	1,26	1,26	4,97	29,83		*		*
стоимость семян, на га	960,00	14,76		11,88		13,00		12,99
мин. удобр	7,54	7,54	12,40	12,40	14,9	14,9	14,90	14,90
органич. удобр	6,86	6,86	6,70	6,70	6,30	6,30	6,80	6,80
топливо	1,89	1,89	0,47	2,80	0,70	4,20	0,97	5,80
средства защиты раст	60,00	60,00		60,00		72,40		72,40
консерванты		1,10	7,10	7,10		*		*
известкование	1,30	1,30		2,80		2,50		*
стоимость нефтепродуктов	1,36	1,36	0,43	2,60	0,7	4,20	3,20	19,20
амортизация	1,55	1,55	0,22	1,30	0,52	3,10		*
затраты на ремонт	1,07	1,07	0,35	2,10	0,9	5,40	0,17	1,04
общепроизводственные	2,80	6,50	3,90	3,90	1,2	7,20	0,76	4,54
общехозяйственные	2,70	13,23	3,90	3,90	1,03	6,20	0,70	4,22
всего затрат на 1 га	1321,33	391,42	610,69	1111,53	84,92	491,40	100,74	581,35
себестоимость 1 т	0	26,09	77,28	48,33	1,04	28,91	0,76	33,2
стоимость продукции, руб./т		74,00	78,00	78,00	100,00	100,00	100,00	100,00
окупаемость затрат, руб		47,91	0,72	29,67	98,96	71,09	99,24	66,78

\* не указаны данные в годовых отчетах предприятия.

Данные при выращивании кукурузы на силос предоставлены по статьям затрат согласно годовым отчетам сельскохозяйственных предприятий. Анализ данных показал, что наибольшая себестоимость кукурузного силоса (48,33 рубля за 1 т) была в 2018 году, что обусловлено не технологическими издержками, а высокими перечислениями в соцстрах. В целом, себестоимость 1 тонны кукурузного силоса обходилась предприятию в 26–48 рублей. Стоимость готового силоса к настоящему времени удерживается на уровне 100 рублей за 1 тонну. Однако этот показатель достаточно условный, так как продажа силоса на практике отмечается крайне редко.

Расчет экономической эффективности возделывания силфий на силос в качестве альтернативы кукурузе показало, что основные затраты при возделывании приходятся на первый год жизни культуры. Себестоимость 1 тонны силоса из силфий второго года жизни в 1,6 раза выше себестоимости 1 тонны кукурузного силоса. Окупаемость наступает на второй год (0,72 руб/т). Это обусловлено биологическими особенностями культуры. Производственная урожайность силфий формируется со второго года жизни, поэтому себестоимость корма увеличивается за счет затрат первого года. Одним из основных достоинств силфий является возможность долговременного (15 и более лет) продуктивного использования ее посевов. Со второго года жизни из общего числа затрат на возделывание исключаются

следующие технологические этапы: вспашка, культивация, прикатывание, посев, внесение средств защиты растений, а также исключаются стоимость семенного материала и средств защиты растений. Поэтому существенно сокращаются такие статьи затрат как: заработная плата, топливо, стоимость нефтепродуктов, затраты на ремонт, общехозяйственные и общепроизводственные затраты. Окупаемость затрат обусловлена возможностью получения более высоких урожаев сильфии (248,6 ц/га)

Существенное превосходство в экономическом отношении наблюдается с третьего года жизни плантаций сильфии пронзеннолистной. На третий год пользования плантацией урожайность сильфии пронзеннолистной в среднем достигает 821,1 ц/га против 170 ц/га при возделывании кукурузы. Себестоимость 1 тонны силоса из сильфии составит 1,04 рубля, в то время как силос из кукурузы обойдется предприятию в 28,91 рубль. Урожайность сильфии на 651,1 ц/га выше, чем урожайность кукурузы, что обеспечивает экономию средств при возделывании на 1811,55 рублей на 1 га.

На четвертый год жизни урожайность сильфии в среднем составляет 1338,8 ц/га против 175 ц/га кукурузы. Себестоимость 1 тонны силоса из сильфии составит 0,76 рублей, из кукурузы – 33,2 рубля. Экономия средств при возделывании сильфии составит 4314,5 рублей с 1 гектара посевов.

Таким образом создание средостабилизирующих агрофитоценозов комплексного назначения на основе сильфии пронзеннолистной является одним из решений наиболее эффективного использования посевных площадей агроэкологически проблемных ареалов агроландшафтов антропогенно нарушенных почв. На сегодняшний день сильфия пронзеннолистная зарекомендовала себя как наиболее приемлемая альтернативная кукурузе кормовая культура. Основные затраты при возделывании приходятся на первый год жизни растений. Сокращение затрат на производство кормов составляет 1811,55 Трублей на третий год пользования посевами и 4314,5 рублей с четвертого года. Таким образом, созданные плантации сильфии на сегодняшний день обеспечивают экономию средств на производство силоса в ОАО «Спорово» и ОАО «Дрогичинский райагросервис» в размере 21570 рублей (по 5 га посевов).

На сегодняшний день в Республике Беларусь рост площадей под сильфией пронзеннолистной сдерживается недостатком семян. Актуальность этот вопрос имеет в Брестской области, где идет интенсивное расширение посевных площадей культуры в условиях сельскохозяйственных предприятий. Заинтересованность сельскохозяйственных предприятий области в 2020 году составляет 500 кг. Стоимость 1 кг семян в 2020 году составила 480,00 рублей. Семенная продуктивность 1 га посевов составляет 2–4 ц/га. Выручка от реализации составляет в среднем 144 тыс. руб. с 1 га.

#### **Заключение**

Урожайность сильфии пронзеннолистной увеличивается до четвертого года жизни, что связано с ежегодным увеличением количества стеблей растений. Тип почвы имеет существенное влияние на формирование урожайности зеленой массы сильфии пронзеннолистной. В зависимости от почвенных условий произрастания и схемы размещения растений на четвертый год жизни урожайность достигает 1142,4–1570,8 ц/га. Наибольшая урожайность к концу периода исследований отмечена при схеме размещения растений 40x70см на ДПП почве (1570,8 ц/га). Наименьшая урожайность – на ДПК почве (1142,4 ц/га).

Экономическая эффективность агрофитоценозов на основе сильфии пронзеннолистной отмечается на 3 год их пользования. Исключение технологических этапов ежегодной механической обработки почв (вспашка, культивация, прикатывание, посев), высокая урожайность культуры обеспечивают экономию затрат на производство силоса альтернативного кукурузному в ОАО «Спорово» около 21,3 тыс. рублей (5 га посевов), в ОАО «Дрогичинский райагросервис» 21,3 тыс. рублей (5 га посевов). Использование плантаций сильфии в качестве семенных посевов в среднем обеспечит выручку в ОАО «Спорово» и ОАО «Дрогичинский райагросервис» в размере по 720 тыс. рублей.

#### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Павлов, В. С. Новые и малораспространенные кормовые культуры / В. С. Павлов. – Л.: Ленинградский ветеринарный институт, 1974. – 49 с.
2. Данилов, К. П. Влияние срока и кратности скашивания на урожайность сильфии пронзеннолистной / К. П. Данилов // Агрономия и лесное хозяйство. – 2011. – С. 53–55.
3. Чупина, М. П. Урожайность и качество семян сильфии пронзеннолистной при разных сроках посадки рассады / М. П. Чупина // Кормопроизводство. – 2014. – № 5. – С. 12–15.
4. Новичихин, А. М. Изучение элементов технологии возделывания сильфии пронзеннолистной / А. М. Новичихин, Л. А. Пискарева // Символ науки. – 2016. – №10. – С. 38–41.
5. Костицкая, Е. В. Зимостойкость растений сильфии пронзеннолистной в зависимости от способа посева / Е. В. Костицкая, Б. В. Шелюто // Материалы междунар. науч.- практ. конф. – Жодино, 2017. – С. 181–183.
6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 350 с.

## СОЗДАНИЕ НОВОГО ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЛЬНА-ДОЛГУНЦА (*LINUM USITATISSIMUM L.*) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ХИМИЧЕСКОГО МУТАГЕНЕЗА

П. Р. ХАМУТОВСКИЙ, Е. М. ХАМУТОВСКАЯ, Д. В. БАЛАШЕНКО, А. В. РЫЖКОВА

РУП «Могилевская областная сельскохозяйственная опытная станция НАН Беларуси»,  
аг. Дашковка, Республика Беларусь, 213108

(Поступила в редакцию 25.01.2021)

В статье приведены результаты изучения действия химических мутагенов нитрозометилмочевины (НММ) и нитрозогуанадина (НГУД) при различных концентрациях и экспозиции выдержки на полевую всхожесть семян, выживаемость, фенотипическую изменчивость растений льна-долгунца сортов Могилевский, Ритм, Малахит и Drakkar.

В результате проведенных исследований и наблюдений выявлено, что химические мутагены нитрозометилмочевина (НММ) и нитрозогуанадин (НГУД) в питомнике мутантов первого поколения  $M_1$  снижали полевую всхожесть семян льна-долгунца, выживаемость растений, затягивали развитие растений, увеличивая продолжительность вегетационного периода, при этом увеличение концентрации мутагена усиливало угнетающее действие на семена и развитие растений. Изучаемые концентрации мутагенов снижали полевую всхожесть семян по сравнению с контролем на 18,2 %–62,4 % на всех исследуемых сортах льна-долгунца. Прослеживалось отрицательное влияние химических мутагенов на выживаемость растений льна-долгунца прямо пропорционально их концентрации и экспозиции выдержки.

В результате оценки полученного при помощи химического мутагенеза селекционного материала льна-долгунца в питомнике мутантов третьего поколения  $M_3$  было установлено, что максимальное количество семей льна-долгунца, у которых содержание волокна превышает контрольный вариант, получены у сорта Могилевский и Малахит в варианте обработки нитрозометилмочевинной (НММ) в концентрации 0,01 % с экспозицией 12 и 18 часов – 7,74 %, 5,71 % и 7,42 % соответственно; у сорта Drakkar – в варианте обработки нитрозометилмочевинной (НММ) в концентрации 0,12 % с экспозицией 12 часов – 7,36 %; у сорта Ритм – в варианте обработки нитрозогуанадином (НГУД) в концентрации 0,01 % с экспозицией выдержки 6 часов – 5,92 %. Выделенные перспективные мутантные формы льна-долгунца с комплексом хозяйственно полезных признаков представляют практическую ценность и будут использованы в дальнейшем селекционном процессе этой культуры.

**Ключевые слова:** лен-долгунец, химические мутагены, сорт, мутантные формы.

The article presents results of research into the influence of chemical mutagens nitrosomethylurea (NMU) and nitrosoguanidine (NG) at various concentrations and exposure time on field germination of seeds, survival rate, phenotypic variability of long-fiber flax plants of varieties Mogilevskii, Ritm, Malakhit and Drakkar.

As a result of the research and observations, it was established that chemical mutagens nitrosomethylurea (NMU) and nitrosoguanidine (NG) in the nursery of the first generation  $M_1$  mutants reduced the field germination of long-fiber flax seeds, plant survival, delayed plant development, increasing the duration of the growing season, while increased mutagen concentration increased the inhibitory effect on seeds and plant development. The studied concentrations of mutagens reduced the field germination of seeds in comparison with the control by 18.2 %–62.4 % on all studied varieties of long-fiber flax. The negative effect of chemical mutagens on the survival rate of long-fiber flax plants was traced in direct proportion to their concentration and exposure of the extract.

As a result of the assessment of long-fiber flax breeding material obtained by means of chemical mutagenesis in the nursery of third generation  $M_3$  mutants, it was found that the maximum number of long-fiber flax families in which the fiber content exceeds the control variant was obtained from varieties Mogilevskii and Malakhit in the variant of treatment with nitrosomethylurea (NMU) at a concentration of 0.01 % with an exposure of 12 and 18 hours – 7.74 %, 5.71 % and 7.42 %, respectively; in the Drakkar variety – in the variant of treatment with nitrosomethylurea (NMU) at a concentration of 0.12 % with an exposure of 12 hours – 7.36 %; in the Ritm variety – in the variant of treatment with nitrosoguanidine (NG) at a concentration of 0.01 % with an exposure time of 6 hours – 5.92 %. The isolated promising mutant forms of long-fiber flax with a complex of economically useful traits are of practical value and will be used in the further breeding process of this crop.

**Key words:** long-fiber flax, chemical mutagens, variety, mutant forms.

### Введение

Одной из первоочередных задач селекции растений является создание исходного материала с хозяйственно ценными признаками. В мировой практике индуцирование мутаций признано одним из важных методов создания разнообразия в исходном материале. Индуцированный мутагенез в сотни раз увеличивает частоту появления измененных форм, и поэтому в настоящее время он признан достаточно эффективным методом создания генетической вариабельности у растительных организмов. Широкое использование метода экспериментального мутагенеза открывает большие возможности для прогресса в селекции культурных растений, использование индуцированных мутаций в селекции сельскохозяйственных культур позволяет решить ряд задач, стоящих перед генетиками и селекционерами, одной из которых является расширение генетического разнообразия создаваемых сортов [1, 2, 3].

В экспериментальном мутагенезе для индуцирования мутаций используют главным образом химические мутагены [4]. Использование химических мутагенов для улучшения хозяйственно полезных признаков и свойств культурных растений представляется весьма перспективным. Ценным качеством химических мутагенов является их способность индуцировать большое число мягких изменений при сохранении нормальной жизнеспособности растений [5]. Поэтому в настоящее время в селекционной практике разных сельскохозяйственных культур для получения нового исходного материала, кроме классических методов селекции, широко применяется и метод химического мутагенеза. Применение

этого метода увеличивает изменчивость морфо-биологических признаков у растений и позволяет индуцировать мутации с новыми признаками и свойствами, и, следовательно, способствует ускорению селекционного процесса [6, 7]. Мутации поставляют селекционеру новый генетический исходный материал, который может быть использован для создания сортов как в чистом виде, так и в качестве родительских форм при гибридизации [8, 9, 10].

Большинство сортов льна было создано с помощью классических методов селекции. В связи с этим вопросы по разработке новых способов расширения генетической изменчивости этой культуры нуждаются в постоянном внимании ученых. Мутагенез занимает одно из ведущих мест среди тех приемов, которые с успехом можно использовать для создания новых сортов. Использование метода химического мутагенеза позволяет за короткий срок создавать ценный исходный материал с разнообразными морфологическими и физиологическими признаками, биохимическими показателями, увеличивать частоту и расширять спектр оригинальных мутаций [11]. В экспериментальном мутагенезе в ряде случаев удается изменить ограниченное число признаков растения, и, если эти признаки являются полезными, мутантные формы требуют только размножения и обычного испытания для получения нового сорта. Однако в большинстве случаев мутанты требуют дальнейшей работы с ними, чаще всего скрещивания либо с исходным сортом, либо с другими сортами или мутантами [12].

Цель исследований – создание с использованием метода химического мутагенеза новых селекционно-ценных форм льна-долгунца с морфологическими, биологическими и основными хозяйственно ценными признаками и свойствами.

#### **Основная часть**

Исследования по изучению действия химических мутагенов на семена и растения льна-долгунца проводили в питомнике мутантов  $M_1$ , по изучению и оценке полученных и отобранных форм льна-долгунца второго и третьего мутантного поколения – в питомнике мутантов  $M_2$  и  $M_3$ , которые были заложены в полевых опытах селекционного участка.

Агротехнические мероприятия по защите растений льна-долгунца в питомниках мутантов  $M_1$ - $M_3$  от болезней и сорной растительности проводили согласно отраслевому регламенту возделывания этой культуры [13]. Уход за посевами льна, учеты и наблюдения выполняли согласно методическим указаниям по селекции льна-долгунца [14].

Схема опыта включала обработку семян сортов льна-долгунца Могилевский, Ритм, Малахит и Drakkar химическими мутагенами нитрозометилмочевиной (НММ) в концентрации 0,006 %; 0,01 %; 0,12 % и 0,25 %, экспозиция составляла 6, 12 и 18 часов, и нитрозогуанадином (НГУД) в концентрации 0,01 %; 0,05 %; 0,1 % и 0,15 %, экспозиция – 6, 12 и 18 часов.

Химические мутагены предварительно растворяли до нужной концентрации в дистиллированной воде для получения водного раствора. Сухие семена обрабатывали при комнатной температуре в соответствии со схемой опыта. После промывки в водопроводной воде их просушивали и высевали на опытные делянки.

Посев питомника мутантов  $M_1$  проводили вручную по 200 обработанных химическими мутагенами семян на 1 метр погонный согласно схеме опыта в трехкратной повторности. В качестве контроля использовали изучаемые сорта без обработки мутагенами, семена которых замачивали в воде и которые высевали перед вариантами с обработкой семян. В период вегетации в первом мутантном поколении  $M_1$  учитывали всхожесть семян, проводили фенологические наблюдения за ростом и развитием растений льна-долгунца, отмечали морфологические и физиологические отклонения от контроля, учитывали количество выживших растений в ранней желтой спелости.

Посев питомника мутантов второго поколения  $M_2$  проводили на высоком агротехническом фоне с междурядьями 15 см. с густотой 150–200 штук семян на один погонный метр ряда под специальный маркер. Через каждые семь делянок высевали контрольные сорта. Мутантные популяции льна-долгунца питомника мутантов второго поколения  $M_2$  были выделены из вариантов опыта, которые включали обработку семян этих сортов в предыдущий год химическими мутагенами.

Посев питомника мутантов третьего поколения  $M_3$  в количестве 560 семей был проведен луночным способом на высоком агротехническом фоне с площадью питания 2,5 x 2,5 см. на 1 растение под специальный маркер. Почву под луночные посевы рыхлили на глубину 10–12 см, разделявали граблями до мелкокомковатой структуры с удалением всех крупных примесей и корневищ сорняков. Затем ее уплотняли под специальный маркер, делали лунки, в которые раскладывали семена. Лунки заделывали чистым песком, питомник обсеивали двумя защитными рядками сплошного посева. Наряду с мутантами для сравнения высевали соответствующие контрольные сорта (Могилевский, Ритм, Малахит, Drakkar) без обработки мутагенами. Посев рядкового питомника мутантов третьего поколения  $M_3$  также проводился на высоком агротехническом фоне с междурядьями 15 см. Через каждые десять делянок также высевали контрольные сорта.

В результате проведенных исследований было отмечено, что полевая всхожесть семян, обработанных химическими мутагенами нитрозометилмочевиной (НММ) и нитрозогуанадином (НГУД), у изучаемых сортов в питомнике мутантов первого поколения  $M_1$  варьировала в пределах 22,9–75,2 % (табл.

1). Изучаемые концентрации мутагенов снижали полевую всхожесть семян по сравнению с контролем на 18,2–62,4 % у всех исследуемых сортов льна-долгунца. Наименьшая всхожесть составила на вариантах опыта, где семена были обработаны концентрацией мутагена нитрозогуанадина (НГУД) 0,1 % и 0,15 % с экспозицией 12 и 18 часов, и составила 22,9–39,0 %. В этих же вариантах опыта отмечена и повышенная гибель растений от полных всходов до фазы «елочка» и «быстрый рост». Погибшие растения, в том числе и на других вариантах опыта, имели недоразвитую корневую систему, были низкорослыми, с мелкими листьями, без семян и т.д. Наименьшее снижение полевой всхожести (до 22,9–39,0 %) отмечено у сорта Drakkar при обработке семян нитрозогуанадином (НГУД) и нитрозометилмочевиной (НММ) в концентрации 0,15 % и 0,25% соответственно с экспозицией выдержки 18 часов. Выживаемость растений льна-долгунца в опыте варьировала в зависимости от типа мутагена, его концентрации, экспозиции выдержки и обрабатываемого сорта и была в пределах показателей 7,2–55,1 %, прослеживалось отрицательное влияние мутагенов прямо пропорционально их концентрации и экспозиции выдержки на этот показатель. Выживаемость растений льна-долгунца у всех исследуемых сортов при обработке мутагеном нитрозометилмочевиной (НММ) была в среднем на 5,9–10,8 % выше, чем при обработке мутагеном нитрозогуанадином (НГУД). Фенологическими наблюдениями также отмечено, что появление всходов у обработанных мутагенами семян исследуемых сортов было продолжительным и растянутым.

Таблица 1. Влияние концентрации химических мутагенов и различной экспозиции при обработке семян на полевую всхожесть и выживаемость растений льна-долгунца в М<sub>1</sub>

Мутаген, концентрация	Экспозиция, час	Могилевский		Ритм		Малахит		Drakkar	
		всхожесть, %	выживаемость, %	всхожесть, %	выживаемость, %	всхожесть, %	выживаемость, %	всхожесть, %	выживаемость, %
Без обработки (контроль Н <sub>2</sub> O)		90,2	83,2	93,4	85,1	91,7	88,4	85,3	80,2
НММ - 0,006%	6	73,2	55,1	71,1	54,2	75,2	53,9	67,5	50,0
НММ - 0,01%	6	70,1	50,2	65,2	49,3	69,1	48,1	62,1	48,5
НММ - 0,12%	6	54,3	48,3	58,3	47,4	60,3	46,5	53,0	45,0
НММ - 0,25%	6	49,6	42,1	51,1	40,1	57,1	43,2	45,2	39,7
НММ - 0,006%	12	71,3	30,3	69,1	30,0	71,9	29,1	64,0	31,7
НММ - 0,01%	12	68,5	28,1	63,4	25,0	69,0	26,2	61,3	28,0
НММ - 0,12%	12	49,1	26,2	55,2	26,0	60,3	25,0	53,7	27,0
НММ - 0,25%	12	48,2	21,7	47,9	24,3	52,7	22,0	45,2	21,8
НММ - 0,006%	18	61,0	28,2	60,2	25,0	62,1	24,3	58,7	22,1
НММ - 0,01%	18	58,3	27,1	55,8	26,0	57,0	22,1	46,2	20,0
НММ - 0,12%	18	47,1	22,4	45,6	22,0	48,5	19,1	42,0	19,7
НММ - 0,25%	18	42,0	20,9	40,7	19,9	41,3	18,0	39,0	18,1
Без обработки (контроль Н <sub>2</sub> O)		89,5	80,3	87,1	82,0	93,4	90,1	90,1	85,0
НГУД - 0,01%	6	65,3	43,0	69,7	45,0	72,5	49,2	73,8	47,2
НГУД - 0,05%	6	61,0	40,2	63,2	42,1	65,7	43,7	64,2	42,3
НГУД - 0,1%	6	45,3	35,3	49,3	38,9	50,1	40,3	51,3	39,8
НГУД - 0,15%	6	43,1	30,9	45,1	30,1	47,2	35,7	46,2	31,0
НГУД - 0,01%	12	63,2	36,7	62,3	35,3	59,9	36,8	55,1	32,1
НГУД - 0,05%	12	48,1	32,2	50,9	33,3	49,3	32,0	47,8	30,0
НГУД - 0,1%	12	38,3	28,0	39,0	27,0	37,4	28,5	36,1	26,7
НГУД - 0,15%	12	35,0	21,1	31,7	20,0	30,9	22,7	29,3	20,0
НГУД - 0,01%	18	60,0	22,3	55,3	21,1	59,5	23,0	52,1	18,1
НГУД - 0,05%	18	45,3	20,1	48,5	17,5	47,8	19,9	43,6	15,0
НГУД - 0,1%	18	29,1	18,0	28,9	12,3	29,3	14,1	24,5	10,2
НГУД - 0,15%	18	25,3	11,0	27,4	8,0	26,1	12,3	22,9	7,2

Повышенные концентрации химических мутагенов нитрозометилмочевин (НММ) и нитрозогуанадина (НГУД) оказывали угнетающее действие на семена. Позднее всех, на 14 день, всходы были отмечены у всех сортов на вариантах опыта, где семена были обработаны высокой концентрацией мутагенов – НММ – 0,25 %, НГУД – 0,1 %, НГУД – 0,15 % и экспозиция составляла 12 и 18 часов.

В течение периода вегетации в питомнике мутантов первого поколения М<sub>1</sub> наблюдалось отставание в развитии растений льна-долгунца на всех сортах в зависимости от концентрации химического мутагена, чем выше концентрация, тем больше наблюдалось отставание в развитии, мутагены затягивали развитие растений, увеличивая продолжительность вегетационного периода. Продолжительность вегетационного периода в вариантах с обработкой семян высокой концентрацией мутагенов и большей экспозицией была на 3–6 дней длиннее, чем в контроле.

Также отмечалась пестрота растений льна-долгунца по высоте растений в пределах варианта опыта, обработанных химическими мутагенами. Особенно сильно различались по высоте растения льна-долгунца на всех исследуемых сортах, которые были обработаны мутагеном нитрозогуанадином (НГУД) в концентрации 0,1 % и 0,15 % с экспозицией 12 и 18 часов.

В результате проведенных фенологических наблюдений в питомнике мутантов второго поколения М<sub>2</sub> была отмечена различная продолжительность межфазных периодов роста и развития растений льна в отдельных вариантах опыта в зависимости от сорта, концентрации мутагена и экспозиции выдержки,



отмечены растения более раннеспелые и позднеспелые по отношению к контрольным вариантам. Уменьшение вегетационного периода на 1–2 дня было отмечено у сортов Могилевский при обработке НММ в концентрации 0,01 % с выдержкой 6 часов; Малахит – НММ в концентрации 0,12 % с выдержкой 6 часов и в концентрации 0,25 % с выдержкой 6 часов; Drakkar – нмм в концентрации 0,12 % с выдержкой 12 часов и при обработке нгуд в концентрации 0,05 % с выдержкой 6 часов.

В результате проведения морфологического анализа растений льна-долгунца питомника мутантов второго поколения  $M_2$  установлено, что химические мутагены НММ и НГУД в основном вызывали уменьшение общей и технической высоты стебля, количества семенных коробочек на растениях, но практически в каждом варианте опыта отмечались отдельные высокорослые растения, а также растения с большим количеством коробочек и числом семян в коробочках, которые были выделены и в дальнейшем использованы для закладки питомника мутантов третьего года  $M_3$ . Общая высота растений у изучаемых сортов, обработанных химическими мутагенами нитрозометилмочевинной (НММ) и нитрозогуанадином (НГУД), варьировала в пределах 80,0–89,0 см по сорту Могилевский (в контрольном варианте – 89,2–89,3 см); 84,3–88,0 см по сорту Ритм (в контрольном варианте – 87,4–87,5 см); 86,5–88,6 см по сорту Малахит (в контрольном варианте – 88,6–88,7 см); 89,1–91,5 см по сорту Drakkar (в контрольном варианте – 91,7–91,8 см)

У сорта Drakkar при обработке химическим мутагеном нитрозогуанидин (НГУД) в концентрации 0,1 % с экспозицией выдержки 12 часов были отмечены низкорослые растения с увеличенным числом коробочек на растении и более крупными семенами.

При действии отмеченных химических мутагенов в питомнике мутантов  $M_2$  был выявлен целый ряд изменений различного типа, выделены растения льна-долгунца с различной окраской цветка: белой, розовой, красной и другими оттенками, которые были обнаружены, например, в вариантах опыта при обработке мутагеном нитрозогуанидин (НГУД) в концентрации 0,01–0,15 % при экспозиции 12–18 часов на сорте Малахит. Также в питомнике мутантов  $M_2$  отмечались растения с различными морфологическими изменениями, были отмечены такие морфологические изменения как ветвление растений в технической части стебля и у корневой шейки, сплюснутые, искривленные стебли, растения с измененными коробочками и т.д. Мутантные растения, которые отмечены увеличенным числом коробочек, были выявлены при обработке мутагеном нитрозогуанидин (НГУД) в концентрации 0,1–0,15 % с выдержкой 12–18 часов. В вариантах опыта при обработке мутагеном нитрозометилмочевина (НММ) в концентрации 0,25 % при экспозиции 6, 12, 18 часов на сорте Могилевский в фазу «всходы» и «елочка» на листьях льна отмечались беловатые полосы или полностью белые растения без хлорофилла, которые впоследствии имели летальный исход. Мутантные растения с более высоким ростом получены в вариантах опыта при обработке мутагеном нитрозометилмочевина (НММ) в концентрации 0,01 %, 0,12 % и 0,25 % при экспозиции 6 и 12 часов.

Изучение полученного в результате химического мутагенеза селекционного материала льна-долгунца было продолжено в питомнике мутантов третьего поколения  $M_3$  в рядковом и луночном посевах. Измененные мутантные формы, выделенные в питомнике мутантов  $M_2$ , высевали в питомнике мутантов  $M_3$  отдельными семьями для определения наследования измененных признаков и изучения по основным хозяйственно-полезным признакам: срокам созревания, высоте растений, содержанию волокна, семенной продуктивности, устойчивости к полеганию и болезням и т. д.

В результате проведенных фенологических наблюдений было зафиксировано уменьшение вегетационного периода на 2 дня у выделенных семей сорта Могилевский при обработке НММ в концентрации 0,01 % с выдержкой 6 часов и которые превышали контрольный вариант по содержанию волокна на 0,5–1,0 %; у выделенных семей сорта Малахит – при обработке НММ в концентрации 0,12 % и 0,25 % с выдержкой 6 часов и которые превышали контрольный вариант по содержанию волокна 0,5–0,7 %; у выделенных семей сорта Ритм – при обработке нмм в концентрации 0,25 % с выдержкой 6 и 12 часов и которые имели превышение над контрольным вариантом по содержанию волокна 0,8–0,9 %. У сорта льна-долгунца Drakkar выделены семьи с укороченным вегетационным периодом на 3 дня из варианта опыта при обработке химическим мутагеном НММ в концентрации 0,12 % с выдержкой 12 часов, имеющие превышение над контрольным вариантом по высоте растений, проценту содержания волокна, устойчивости к фузариозному увяданию.

Высота растений льна-долгунца – важный признак, определяющий выход длинного волокна. Мутантные формы льна-долгунца с более высоким ростом по отношению к контрольному варианту получены в 133 семьях, с более низким ростом – в 58 семьях из исследуемых семей.

Мутантные формы льна-долгунца с ярко выраженным увеличенным количеством коробочек и семян на растении получены в 7 семьях на сорте Drakkar при обработке мутагеном нитрозогуанидин (НГУД) в концентрации 0,05–0,1 % при экспозиции 6–12 часов. Наибольшее количество мутантных растений с высоким ростом наблюдали в семьях на сорте Малахит при обработке мутагеном нитрозометилмочевина (НММ) в концентрации 0,006–0,01 % при экспозиции 12 и 18 часов.

По основному хозяйственно ценному признаку льна-долгунца – содержанию волокна – выделена 121 семья с лучшими показателями, чем в контрольном варианте. Мутантные формы льна-долгунца, у которых отмечено наибольшее увеличение содержания волокна – на 0,8–1,6 % – выделены в вариантах опыта при обработке нитрозометилмочевина (НММ) в концентрации 0,01 % при экспозиции 12–18 часов на сортах Могилевский и Малахит; на сорте Drakkar при обработке этим химическим мутагеном в концентрации 0,12 % при экспозиции 12 часов. Также мутантные формы с увеличенным содержанием волокна по отношению к контролю были получены на сорте Могилевский при обработке нитрозогуанадином (НГУД) в концентрации 0,05 % при экспозиции 12 часов и на сорте Малахит при обработке этим химическим мутагеном в концентрации 0,15 % при экспозиции 12 часов.

При обработке и действии химического мутагена нитрозометилмочевина (НММ) получено наибольшее количество мутантных форм льна-долгунца с измененными хозяйственно полезными признаками (табл. 2).

Таблица 2. Количество мутантных форм льна-долгунца в питомнике мутантов Мз с измененными признаками, (в % от общего количества высевавшихся семей в пределах изучаемого сорта)

Мутаген, концентрация, экспозиция выдержки	Количество измененных признаков, %									
	Вегетационный период		Изменение по высоте растений		Размер коробочек и семян		Слабое поражение фузариозным увяданием		Высокое содержание волокна	
	число	%	число	%	число	%	число	%	число	%
Сорт Могилевский (всего изучавшихся семей – 155 штук)										
Контроль, без обр.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
НММ 0,01 (6 ЧАС.)	2	1,29	6	3,87	–	–	–	–	8	5,16
НММ 0,01 (12 ЧАС.)	2	1,29	15	9,67	–	–	3	1,93	12	7,74
НММ 0,25 (6 ЧАС.)	5	3,22	9	5,80	–	–	1	0,64	7	4,51
НММ 0,25 (12 ЧАС.)	–	–	2	1,29	–	–	–	–	3	1,93
Контроль, без обр.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
НГУД 0,01 (6 ЧАС.)	–	–	3	1,93	–	–	–	–	2	1,29
НГУД 0,05 (12 ЧАС.)	4	2,58	7	4,51	–	–	6	3,87	4	2,58
ВСЕГО:	13	8,38	42	27,07	–	–	10	6,44	36	23,21
Сорт Ритм (всего изучавшихся семей – 135 штук)										
Контроль, без обр.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
НММ 0,006 (6 ЧАС.)	–	–	5	3,70	–	–	6	4,44	3	2,22
НММ 0,01 (6 ЧАС.)	–	–	3	2,22	–	–	–	–	5	3,70
НММ 0,25 (6 ЧАС.)	1	0,74	1	0,74	–	–	2	1,48	1	0,74
НММ 0,25 (12 ЧАС.)	1	0,74	1	0,74	–	–	–	–	1	0,74
Контроль, без обр.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
НГУД 0,01 (6 ЧАС.)	–	–	4	2,96	–	–	3	2,22	8	5,92
НГУД 0,01 (12 ЧАС.)	–	–	2	1,48	–	–	–	–	2	1,48
НГУД 0,1 (18 ЧАС.)	7	5,18	8	5,92	–	–	–	–	2	1,48
ВСЕГО:	9	6,66	24	17,76	0	0	11	8,14	22	16,28
Сорт Малахит (всего изучавшихся семей – 175 штук)										
Контроль, без обр.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
НММ 0,006 (12 ЧАС.)	–	–	9	5,14	–	–	3	1,71	7	4,00
НММ 0,006 (18 ЧАС.)	–	–	3	1,71	–	–	–	–	5	2,85
НММ 0,01 (12 ЧАС.)	4	2,28	37	21,14	–	–	11	6,28	10	5,71
НММ 0,01 (18 ЧАС.)	2	1,14	30	17,14	–	–	–	–	13	7,42
НММ 0,012 (6 ЧАС.)	2	1,14	8	4,57	–	–	5	2,85	4	2,28
НММ 0,025 (6 ЧАС.)	8	4,57	4	2,28	–	–	–	–	1	0,57
Контроль, без обр.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
НГУД 0,01 (6 ЧАС.)	1	0,57	8	4,57	–	–	1	0,57	5	2,85
НГУД 0,15 (12 ЧАС.)	3	1,71	2	1,14	–	–	–	–	2	1,14
НГУД 0,15 (18 ЧАС.)	1	0,57	1	0,57	–	–	–	–	2	1,14
ВСЕГО:	21	11,98	102	58,4	–	–	20	11,41	49	27,96
Сорт Drakkar (всего изучавшихся семей – 95 штук)										
Контроль, без обр.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
НММ 0,006 (12 ЧАС.)	–	–	3	3,16	–	–	–	–	5	5,26
НММ 0,12 (12 ЧАС.)	3	3,16	7	7,36	–	–	2	2,10	7	7,36
Контроль, без обр.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
НГУД 0,05 (6 ЧАС.)	1	1,05	3	3,16	3	3,16	–	–	1	1,05
НГУД 0,05 (12 ЧАС.)	2	2,10	2	2,11	2	2,10	1	1,05	1	1,05
НГУД 0,1 (6 ЧАС.)	1	1,05	1	1,05	1	1,05	–	–	–	–
НГУД 0,1 (12 ЧАС.)	5	5,26	7	7,36	7	7,37	3	3,15	–	–
ВСЕГО:	12	12,62	23	24,2	13	13,68	6	6,3	14	14,72

Одним из важных показателей у льна-долгунца является устойчивость к болезням, так как у больных растений значительно снижается выход волокна и его качество. По полевой оценке выделено 6,3–11,41 % семей с более высокой устойчивостью к фузариозному увяданию. Наибольшее число семей с более высокой устойчивостью к фузариозному увяданию присутствовало в вариантах опыта при обработке сорта льна-долгунца Малахит химическим мутагеном нитрозометилмочевина (НММ) в кон-

цетрации 0,01 % с экспозицией выдержки 12 часов и при обработке сорта льна-долгунца Ритм химическим мутагеном нитрозометилмочевина (НММ) в концентрации 0,006 % с экспозицией выдержки 6 часов и при обработке сорта льна-долгунца Могилевский химическим мутагеном нитрозогуанадин (НГУД) в концентрации 0,05 % с экспозицией выдержки 12 часов.

Изменение вегетационного периода в сторону уменьшения или увеличения на 2–6 дней по отношению к контрольному варианту было отмечено у 6,66–12,62 % изучавшихся семей льна-долгунца, под действием химических мутагенов в основном выделялись позднеспелые формы и меньше – раннеспелые формы. Раннеспелые формы в основном были получены на сорте Малахит при обработке химическим мутагеном нитрозометилмочевинной (НММ) в концентрации 0,025 % с экспозицией 6 часов и на сорте Drakkar при обработке нитрозогуанадином (нгуД) в концентрации 0,1% с экспозицией 12 часов. Однако, полученные раннеспелые формы льна на сорте Drakkar обладали повышенной семенной продуктивностью и были низкорослыми.

В результате проведенных исследований были выделены семьи, у которых содержание волокна превышали контрольные варианты. Максимальное количество семей льна-долгунца с высоким содержанием волокна получены у сорта Могилевский и Малахит в варианте обработки нитрозометилмочевинной (НММ) в концентрации 0,01 % с экспозицией 12 и 18 часов – 7,74 %, 5,71 % и 7,42 % соответственно; у сорта Drakkar – в варианте обработки нитрозометилмочевинной (НММ) в концентрации 0,12 % с экспозицией 12 часов – 7,74 %; у сорта Ритм – в варианте обработки нитрозогуанадином (НГУД) в концентрации 0,01 % с экспозицией выдержки 6 часов – 5,92 %.

### **Заключение**

В результате проведенных исследований и наблюдений выявлено, что химические мутагены нитрозометилмочевина (НММ) и нитрозогуанадин (НГУД) в питомнике мутантов первого поколения М<sub>1</sub> снижали полевую всхожесть семян льна-долгунца, выживаемость растений, затягивали развитие растений, увеличивая продолжительность вегетационного периода, при этом увеличение концентрации мутагена усиливало угнетающее действие на семена и развитие растений. Изучаемые концентрации мутагенов снижали полевую всхожесть семян по сравнению с контролем на 18,2–62,4 % на всех исследуемых сортах льна-долгунца. Прослеживалось отрицательное влияние химических мутагенов на выживаемость растений льна-долгунца прямо пропорционально их концентрации и экспозиции выдержки. Продолжительность вегетационного периода в вариантах с обработкой семян высокой концентрацией мутагенов и большей экспозицией была на 3–6 дней длиннее, чем в контрольном варианте.

В результате оценки полученного при помощи химического мутагенеза селекционного материала льна-долгунца в питомнике мутантов третьего поколения М<sub>3</sub> было установлено, что максимальное количество семей льна-долгунца, у которых содержание волокна превышает контрольный вариант, получены у сорта Могилевский и Малахит в варианте обработки нитрозометилмочевинной (НММ) в концентрации 0,01 % с экспозицией 12 и 18 часов – 7,74 %, 5,71 % и 7,42 % соответственно; у сорта Drakkar – в варианте обработки нитрозометилмочевинной (НММ) в концентрации 0,12 % с экспозицией 12 часов – 7,36 %; у сорта Ритм – в варианте обработки нитрозогуанадином (НГУД) в концентрации 0,01 % с экспозицией выдержки 6 часов – 5,92 %.

В питомнике мутантов третьего года М<sub>3</sub> в результате проведенной оценки по морфологическим, биологическим и основным хозяйственно ценным признакам (по высоте растений, устойчивости к полеганию, болезням, по содержанию волокна) выделено 75 перспективных мутантных форм льна-долгунца с комплексом хозяйственно полезных признаков. Полученные мутантные формы льна-долгунца представляют практическую ценность для селекционного процесса и будут использованы в качестве исходного материала в дальнейшей селекционной работе.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Симаш, С. В. Создание нового исходного материала льна-долгунца с использованием методов индуцированного мутагенеза / С. В. Симаш, К. П. Королев // Молодежь и инновации: сб. науч. мат. Межд. науч.- практ. конф., г. Горки, Могилевской области / БГСХА. – Горки, 2011. – С. 226–228.
2. Цыганков, В. И. Использование индуцированного мутагенеза при создании сортов и линий яровой твердой пшеницы для сухостепных условий Казахстана / В. И. Цыганков // Агротомия и лесное хозяйство. – 2010. – №2. – С. 45–48.
3. Кадушкина, В. П. Использование химического мутагенеза в селекции яровой твердой пшеницы в степной зоне Ростовской области / В. П. Кадушкина, А. И. Грабовец, Р. И. Бондарь // Агротомические науки. – 2008. – №4. – С. 62–65.
4. Тарасенко, Н. Д. Увеличение частоты мутаций у ячменя при обработке химическими мутагенами клеток верхней меристемы / Н. Д. Тарасенко // Сб. науч. тр. «Химический мутагенез и селекция» – Москва: 1971. – С. 178–183.
5. Чекалин, Н. М. Количественные и биохимические мутации у чины посевной под влиянием химических мутагенов / Н. М. Чекалин // Сб. науч. тр. «Химический мутагенез и селекция» – Москва: 1971. – С. 269–278.
6. Бачалис, К. П. Влияние химического мутагенеза этиленмина на изменчивость сортов льна-долгунца в М<sub>1</sub> / К. П. Бачалис // Сб. научных трудов. – Томск, 1997. – С. 43–49.

7. Калайджян, А. А. Химический мутагенез в селекции подсолнечника: автореферат дисс. доктора с.-х. наук: 06.01.05 селекция и семеноводство / А. А. Калайджян. – Краснодар, 1998. – 30 с.
8. Володин, В. Г. Радиационный мутагенез у растений / В. Г. Володин. – Минск, 1975. – С. 124–156.
9. Рапопорт, И. А. Химический мутагенез: теория и практика / И. А. Рапопорт. – Москва, 1966. – С. 3–51.
10. Сидорова, К. К. Влияние химических мутагенов и гамма-лучей на мутационную изменчивость у разных сортов гороха / К. К. Сидорова // Сб. науч. тр. «Специфичность химического мутагенеза» - Москва: 1968. – С. 204–216.
11. Васько, В. А. Применение экспериментального мутагенеза в селекции растений / А. В. Васько, О. В. Гудим, О. Г. Рожков // Селекція і насінництво. – 2015. – Вип. 107. – С. 8–18.
12. Зимонт, С. Л. Мутационная селекция / С. Л. Зимонт, Н. Н. Зоз, И. А. Рапопорт. - М.: Наука, 1968. – 310 С.
13. Отраслевой регламент. Возделывание льна-долгунца. Типовые технологические процессы. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2012. – 48 с.
14. Методические указания по селекции льна-долгунца // Торжок, 1987. – 44 с.

## СКОРОСПЕЛОСТЬ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ КОМПАНИИ KWS SAAT SE ПО ФАО

А. З. БОГДАНОВ, Н. Ф. НАДТОЧАЕВ

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,  
г. Жодино, Республика Беларусь, 222164, e-mail: corn.2019@yandex.ru

В. В. ЗЕЛЕНЯК

Представительство КВС ЗААТ СЕ в Республике Беларусь,  
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: vadim.zeleniak@kws.com

(Поступила в редакцию 25.01.2021)

Классификация биотипов кукурузы по скороспелости необходима для обоснованного подбора гибридов с учетом агроклиматических условий, где они выращиваются, поскольку теплообеспеченность и длина дня оказывают сильное влияние на их развитие. Созданный в одной климатической зоне гибрид не всегда проявляет себя аналогично и в другой. В этой связи на основании данных содержания сухого вещества в растениях кукурузы (при уборке на силос) или влажности зерна (при уборке на зерно), или количества дней от всходов до цветения початков, или листьев на 1 растении проведен анализ соответствия заявленного компанией КВС числа ФАО в условиях центральной части Беларуси. Анализировались гибриды, изучавшиеся в конкурсном испытании в 2019–2020 гг. при возделывании на силос и на зерно двух сроков уборки (ранняя и поздняя). Оценка скороспелости гибридов КВС по ФАО на основании данных содержания сухого вещества в растении или влажности зерна даёт более точный результат, чем количество дней от всходов до цветения початков или листьев на 1 растении. Число ФАО, предложенное оригинатором, в целом совпадает с рассчитанным по результатам двухлетнего испытания. Расхождения по тем или иным гибридам в 10–20 единиц следует считать допустимыми, поскольку на этот показатель сильное влияние оказывают погодные условия. В зависимости от цели использования гибрид может иметь различное число ФАО. Особенно это касается гибридов, отнесенных заявителем к ФАО 220–240, которые при выращивании на зерно являются более скороспелыми.

**Ключевые слова:** кукуруза, гибрид, скороспелость, ФАО.

Classification of biotypes of maize according to early maturity is necessary for a reasonable selection of hybrids, taking into account the agroclimatic conditions where they are grown, since heat supply and day length have a strong influence on their development. A hybrid created in one climatic zone does not always manifest itself in the same way in another. In this regard, based on the data on the dry matter content in corn plants (when harvesting for silage) or grain moisture (when harvesting for grain), or the number of days from germination to ears flowering, or leaves per plant, an analysis was carried out for the correspondence of FAO number declared by the company KWS in the conditions of the central part of Belarus. We have analyzed hybrids, which were studied in a competitive trial in 2011–2020 when cultivated for silage and grain of two harvesting periods (early and late). Evaluation of early maturity of KWS hybrids according to FAO based on the data on the dry matter content in the plant or grain moisture content gives a more accurate result than the number of days from germination to flowering of ears or leaves per plant. The FAO number proposed by the originator is broadly the same as that calculated from the two-year trial. Discrepancies in certain hybrids of 10–20 units should be considered acceptable, since this indicator is strongly influenced by weather conditions. Depending on the purpose of use, a hybrid can have a different FAO number. This is especially true for hybrids assigned by the applicant to FAO 220–240, which are more early maturing when grown for grain.

**Key words:** corn, hybrid, early maturity, FAO.

### Введение

Международной организацией по сельскому хозяйству и продовольствию при ООН (ФАО) для сравнения отдельных гибридов, возделываемых в разных странах, была разработана шкала скороспелости, разделенная на 9 групп [2]. Каждый класс обозначен числом. Наиболее скороспелые гибриды отнесены к классу от 100 до 199, наиболее позднеспелые – к классу от 900 до 999. Для каждого класса в качестве стандарта был взят известный гибрид. Удобство подсчета числа ФАО позволило выстроить стройную систему определения скороспелости гибридов. Например, если два стандартных гибрида с ФАО 160 и 240 при уборке имели влажность зерна 20 % и 25 %, то вновь созданному гибриду, который показал влажность зерна 22%, следует присвоить число ФАО 190. Оно получено на основании следующих расчетов:  $(240-160): (25-20) \times (22-20) + 160 = 192$  [3]. За основу расчета может браться не только влажность зерна, но и содержание сухого вещества в растении (при выращивании на силос) или другие показатели скороспелости. Вполне может быть, что у одного и того же гибрида развитие початка и листостебельной массы (за счет эффекта «stay green», с одной стороны, и быстрой влагоотдачи зерном, с другой) может идти неодновременно. По этой причине у одного и того же гибрида может быть разное число ФАО, исходя из целевого использования. К тому же подсчет числа ФАО был разработан в «кукурузном поясе» США, где выращиваются относительно позднеспелые гибриды. Что касается более ранних групп спелости (ФАО 100-300), то при продвижении их на север развитие гибридов может быть непредсказуемым, что в сильной степени связано с генетическим происхождением и их реакцией на холод. Замечено, что растения теплолюбивых гибридов в холодные годы значительно задерживают

свое развитие. Поэтому созданный в одной климатической зоне гибрид не всегда проявляет себя аналогично и в другой. Есть ряд и других причин несоответствия скороспелости числу ФАО. Подсчет числа ФАО в разных странах может отличаться, поскольку нет единых стандартов, на чем базируется предложенная ФАО классификация. Поэтому адекватная оценка скороспелости может быть получена изучением гибрида в тех условиях, где предполагается его использование, с применением комплекса критериев, объединенных общей шкалой [4].

Цель исследования – определить соответствие заявленной компанией КВС скороспелости гибридов по числу ФАО при выращивании в условиях центральной части Беларуси.

### Основная часть

Анализ проведен по гибридам, изучавшимся в конкурсном испытании в 2019–2020 гг. при возделывании на силос и на зерно. Опыт размещался на дерново-подзолистой связносупесчаной почве при бессменном возделывании кукурузы. Сев проведен 23 и 21 апреля, всходы отмечены 9 и 15 мая, 16 и 22 сентября соответственно годам исследований осуществлен учет урожая на силос и 8 октября в оба года – на зерно. Сумма эффективных температур (выше 10 °С) в 2019 г. составила 1002 °С, в 2020 г. – 943 °С при среднемноголетнем показателе за последние 30 лет – 901 °С. Отличительной особенностью этих двух лет является то, что первая половина 2019 г. по температурным условиям оказалась более благоприятной для роста и развития культуры, однако морозы (-2 °С) 24–25 сентября привели к гибели листового аппарата. Исследования осуществлялись в соответствии с «Методическими рекомендациями по проведению полевых опытов с кукурузой» [5].

В 2019 г. изучение 16 гибридов при ранней уборке (на силос) показало, что цветение початков у них наступило на 71–78 сутки после всходов (табл. 1).

Таблица 1. Скороспелость гибридов кукурузы при ранней уборке урожая

Название гибрида	ФАО по заявителю	Дней от всходов до цветения початков	Содержание СВ в растении, %	Влажность зерна, %	ФАО по показателям		
					СВ в растении	влажность зерна	среднее
2019 г.							
Родригес КВС	180	71	37,6	37,7	170	170	170
Аурелиус КВС	190	73	35,4	39,1	200	190	195
Ричард КВС	200	74	34,8	39,0	205	185	195
Компетенс	200	76	33,1	42,0	225	225	225
КВС Нестор	200	73	35,0	40,0	200	200	200
Колizeй	200	73	34,6	40,0	210	200	205
Кампинос	210	72	36,5	39,4	185	190	190
Рикардинио	210	74	32,9	41,5	230	220	225
Катарзис	210	76	35,2	40,2	200	200	200
Сильвинио	220	74	33,8	40,8	220	210	215
Амарок	220	77	34,5	40,0	210	200	205
Роналдинио	230	75	33,5	39,9	220	200	210
Балисто	230	75	34,6	39,9	210	200	205
Каньонс	230	78	33,7	40,3	220	200	210
КВС 2322	240	75	32,9	41,6	230	220	225
Амамонте	240	76	33,4	41,1	220	210	215
<b>Среднее</b>	<b>213</b>	<b>75</b>	<b>34,5</b>	<b>40,2</b>	<b>210</b>	<b>201</b>	<b>206</b>
2020 г.							
Родригес КВС	180	72	34,6	40,3	170	170	170
Амавит	180	79	31,2	44,2	210	220	215
Аурелиус КВС	190	74	32,6	42,5	195	200	200
Нестор КВС	200	75	31,2	43,6	210	210	210
Ричард КВС	200	75	30,9	43,0	215	205	210
Рикардинио	210	77	29,4	45,0	235	230	230
Катарзис	210	77	30,7	44,5	220	220	220
Кампинос	210	75	32,4	43,6	195	210	205
Аракс	210	78	31,4	42,6	210	200	205
Амарок	220	82	28,6	45,3	245	230	235
Роналдинио	230	74	30,8	42,8	220	200	210
Каньонс	230	82	27,8	45,2	255	230	240
Балисто	230	80	31,5	43,1	210	205	210
КВС 2322	240	80	26,7	47,4	270	260	265
Амамонте	240	77	29,1	44,7	240	225	230
Киломерис	270	83	25,5	47,9	285	265	275
<b>Среднее</b>	<b>216</b>	<b>78</b>	<b>30,3</b>	<b>44,1</b>	<b>224</b>	<b>218</b>	<b>221</b>

В этот год среднесуточная температура воздуха от всходов до цветения початков равнялась 18,1 °С. В 2020 г. среднесуточная температура за этот период оказалась на 1 °С ниже и по этой причине цветение початков наступило в среднем на 3 суток позже, но по календарным срокам в связи с более поздним

появлением всходов разница составила 7–11 дней. По этой причине, несмотря на дальнейшую более теплую погоду, накопление сухого вещества в растениях и зерне в 2020 г. отставало от предыдущего года. По первому показателю разница составила 4,2 %, по второму – 3,9 %. Корреляционный анализ показывает, что число ФАО заявителя с содержанием сухого вещества в растении или влажностью зерна в 2019 г. находилось в средней зависимости ( $r = -0,65$  и  $0,55$  соответственно). В 2020 г. эта связь стала сильной ( $r = -0,82$  и  $0,73$ ). Установленное по результатам испытания на основании данных содержания сухого вещества в растении и влажности зерна собственное число ФАО мало отличается от заявленного оригинатором. Так, в 2019 г. при среднем от заявителя показателе 213 единиц, по данным испытания при оценке на силос (по сухому веществу) ФАО составило 210 единиц, на зерно (по его влажности) – 201 и в среднем 206 единиц. В 2020 г. эти показатели соответственно равнялись 216; 224; 218 и 221 единице. При поздней уборке, где испытывалось 17 гибридов на зерно, среднее заявленное оригинатором число ФАО равнялось 211, что близко к тому, которое получено по результатам испытания 2019 г. – 204 единицы (табл. 2). В 2020 г. эти показатели составили соответственно 212 и 211 единиц. Корреляционная связь между заявленным оригинатором и установленным по испытаниям в Беларуси числом ФАО в зависимости от условий года и сроков уборки кукурузы колеблется от 0,56 до 0,84. В 2019 г. она была средней, в 2020 г. – сильной.

Таблица 2. Скороспелость гибридов при поздней уборке урожая

Название гибрида	ФАО по заявителю	Дней от всходов до цветения початков	Количество листьев на 1 растении, шт.	Содержание СВ в растении, %	Влажность зерна, %	ФАО по показателям		
						СВ в растении	влажность зерна	среднее
2019 г.								
Родригес КВС	180	72	16,7	43,2	34,2	170	170	170
Корифей	180	73	17,3	41,0	35,0	200	180	190
Аурелиус КВС	190	74	17,0	40,5	36,5	205	200	200
Ричард КВС	200	75	17,4	40,0	36,0	210	190	200
Компетенс	200	76	18,6	40,2	37,1	210	205	210
КВС Нестор	200	75	17,6	39,9	37,3	210	210	210
Колizeй	200	74	16,2	40,6	36,3	200	195	200
Кампинос	210	71	16,2	43,4	35,8	170	190	180
Рикардинио	210	74	17,5	38,8	38,0	225	220	220
Катарзис	210	75	17,2	39,4	37,1	220	205	210
Сильвинио	220	73	18,8	38,3	38,2	230	220	225
Амарок	220	75	17,2	39,5	37,4	215	210	215
Роналдинио	230	73	16,3	39,0	37,1	220	205	210
Балисто	230	75	18,3	40,0	36,6	210	200	205
Каньонс	230	76	18,1	40,0	35,7	210	190	200
КВС 2322	240	75	17,4	39,7	36,9	215	205	210
Амамонте	240	74	17,2	39,2	37,4	220	210	215
<b>Среднее</b>	<b>211</b>	<b>74</b>	<b>17,4</b>	<b>40,2</b>	<b>36,6</b>	<b>208</b>	<b>200</b>	<b>204</b>
2020 г.								
Аутенс	170	74	17,2	40,2	35,6	175	170	170
Родригес КВС	180	74	17,0	40,6	35,7	170	170	170
Амавит	180	77	18,2	37,8	38,8	205	210	205
Аурелиус КВС	190	75	16,6	37,8	38,1	205	200	200
Нестор КВС	200	75	17,9	37,5	38,1	210	200	205
Ричард КВС	200	74	17,2	37,1	37,8	215	200	210
Рикардинио	210	76	17,0	35,4	39,9	235	225	230
Катарзис	210	76	17,0	37,2	39,2	210	215	210
Кампинос	210	74	16,4	39,4	38,1	185	200	190
Аракс	210	78	17,0	38,5	37,4	195	190	190
Амарок	220	80	18,0	35,8	39,0	230	210	220
Роналдинио	230	74	16,3	35,4	38,7	235	210	220
Каньонс	230	81	18,0	34,7	38,5	245	205	220
Балисто	230	78	17,7	37,6	38,2	210	200	205
КВС 2322	240	80	17,9	33,2	41,4	260	240	250
Амамонте	240	78	17,4	34,9	39,8	240	220	230
Киломерис	270	84	18,2	32,0	41,5	275	245	260
<b>Среднее</b>	<b>213</b>	<b>77</b>	<b>17,4</b>	<b>36,8</b>	<b>38,6</b>	<b>218</b>	<b>206</b>	<b>211</b>

Количество листьев на 1 растении не является показателем оценки скороспелости немецких гибридов. Коэффициент корреляции между этим показателем и числом ФАО от оригинатора равен 0,20 в 2019 г. и 0,30 в 2020 г. Он увеличился до 0,50 и 0,44 соответственно при сопоставлении с числом ФАО,

полученным по результатам испытания. Количество дней от всходов до цветения початка показывают более тесную связь с числом ФАО, чем количество листьев. Коэффициент корреляции составил 0,28 в 2019 г. и 0,75 в 2020 г. по числу ФАО оригинатора и 0,52 и 0,71 по числу ФАО, полученному по результатам испытания.

Температурные условия и осадки оказывали сильное влияние на накопление сухого вещества в растениях и снижение влаги в зерне. В 2019 г. при среднесуточной температуре воздуха 8,3 °С и 54 мм осадков за 22-дневный период прирост сухого вещества в среднем по изучаемым гибридам составил 0,26 % в сутки, влажность зерна снизилась на 0,16 %. В 2020 г. при среднесуточной температуре воздуха 11,0 °С и 34 мм осадков за 16-дневный период прирост сухого вещества возрос до 0,41 % в сутки, а влажность зерна снижалась на 0,34 %.

В среднем за 2 года испытаний гибриды КВС по содержанию сухого вещества в растениях кукурузы при оценке на силос независимо от срока уборки показали такое же число ФАО, как это и указывает оригинатор (табл. 3).

Таблица 3. Данные корреляционного анализа скороспелости гибридов по ФАО при различных сроках уборки и направлениях использования

Название гибрида	ФАО по заявителю	ФАО по результатам испытания (среднее за 2 года)					
		Ранняя уборка урожая			Поздняя уборка урожая		
		на силос	на зерно	среднее	на силос	на зерно	среднее
Родригес КВС	180	170	170	170	170	170	170
Аурелиус КВС	190	195	190	190	205	200	200
Ричард КВС	200	210	195	200	210	195	200
КВС Нестор	200	210	205	205	210	205	205
Кампинос	210	190	200	195	175	195	185
Рикардинио	210	230	220	225	230	220	225
Катарзис	210	210	210	210	215	210	210
Амарок	220	225	215	220	225	210	215
Роналдинио	230	220	200	210	230	205	220
Балисто	230	210	200	205	210	200	205
Каньонс	230	235	220	230	225	195	210
КВС 2322	240	250	240	245	240	220	230
Амамонте	240	230	220	225	230	215	225
<b>Среднее</b>	<b>215</b>	<b>214</b>	<b>206</b>	<b>210</b>	<b>214</b>	<b>203</b>	<b>208</b>
	<i>Столбец 1</i>	<i>Столбец 2</i>	<i>Столбец 3</i>	<i>Столбец 4</i>	<i>Столбец 5</i>	<i>Столбец 6</i>	<i>Столбец 7</i>
Столбец 2	0,81						
Столбец 3	0,77	0,94					
Столбец 4	0,82	0,98	0,98				
Столбец 5	0,72	0,94	0,81	0,88			
Столбец 6	0,62	0,80	0,84	0,81	0,82		
Столбец 7	0,76	0,93	0,86	0,90	0,97	0,92	

Расхождения по тем или иным гибридам в 10–20 единиц следует считать допустимыми, поскольку на этот показатель сильное влияние оказывают погодные условия, о чем свидетельствуют данные предыдущих таблиц. Исходя из этого, можно сделать заключение, что более точную информацию о скороспелости гибрида по числу ФАО можно получить на основании многолетних данных. При выращивании кукурузы на зерно установленное в условиях товарного производства число ФАО оказалось даже ниже, чем это показывает оригинатор. В основном это произошло за счет гибридов, которые заявитель отнес к ФАО 220-240. По этой причине корреляционная зависимость между заявленным и высчитанным по результатам испытания числом ФАО – средняя ( $r = 0,62$ ), в то время как при уборке на силос – сильная ( $r = 0,72 \dots 0,81$ ). Это хорошее качество гибридов зернового направления, обладающих быстрой влагоотдачей. Подтверждением этому служит то, что при ранней уборке коэффициент корреляции вырос до 0,77, а был 0,62. Как показало испытание, ранняя и поздняя уборка на силос по числу ФАО находятся в более тесной зависимости ( $r = 0,94$ ), чем разновременная уборка на зерно ( $r = 0,84$ ). Поэтому ранняя уборка на зерно из-за его высокой влажности неприемлема для более поздних гибридов с быстрой влагоотдачей при созревании.

#### Заключение

1. Оценка скороспелости гибридов КВС по ФАО на основании данных содержания сухого вещества в растении (при уборке на силос) или влажности зерна (на зерно) дает более точный результат, чем количество дней от всходов до цветения початков или листьев на 1 растении.



2. Число ФАО гибридов КВС, предложенное оригинатором, в целом совпадает с рассчитанным на основании содержания сухого вещества в растении (при уборке на силос) или влажности зерна при уборке на эти цели.

3. В зависимости от цели использования гибрид может иметь различное число ФАО. Особенно это касается гибридов, отнесенных заявителем к ФАО 220-240, которые при выращивании на зерно являются более скороспелыми.

*ЛИТЕРАТУРА*

1. Домашнев, П. П. Селекция кукурузы / П. П. Домашнев, Б. В. Дзюбецкий, В. И. Костюченко. –М.: Агропромиздат, 1992. – 208 с.
2. Грушка, Я. Монография о кукурузе / Ярослав Грушка. – М.: Колос, 1965. – 750 с.
3. Надточаев, Н. Ф. Кукуруза на полях Беларуси / Н. Ф. Надточаев. –Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 412 с.
4. Панфилов, А. Э. Культура кукурузы в Зауралье: Монография / А.Э. Панфилов. – Челябинск: ЧГАУ, 2004. – 356 с.
5. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой. – Днепропетровск, 1980. – 54 с.

## УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЯЕМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ, МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРА РОСТА

С. С. МОСУР

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: agrohim\_bgsha@mail.ru

(Поступила в редакцию 27.01.2021)

*В статье приведены исследования по влиянию органических, минеральных удобрений, микроудобрений и регулятора роста на урожайность и качество зерна кукурузы при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.*

*В опытах использовался гибрид кукурузы Ладога ФАО 240. Среднеранний, трёхлинейный. Тип зерна промежуточный.*

*Многочисленные опыты показывают, что с повышением урожайности зерна его качества снижается. Поэтому проводятся приемы для улучшения качества зерна путем дополнительного «питания» растений с помощью подкормок.*

*В исследованиях использовали микроудобрения и комплексные удобрения, так как с помощью них увеличивается урожайность и качество зерна кукурузы. В опытах также применяли регулятор роста Экосил. Изучение его применения в опытах обусловлено тем, что ростостимулирующие препараты положительно влияют на различные полевые культуры, в том числе и на кукурузу. Регуляторы роста растений способствуют увеличению урожайности зерна, а также и его качества. Однако, не смотря на полученные данные исследователей, многое не изучено. И эта тема остаётся привлекательной для исследователей. Были использованы микроудобрения белорусского производства и зарубежные в качестве сравнения по эффективности между собой.*

*В исследованиях также определяли один из основных хозяйственных показателей – массу тысячи семян.*

*Проводили исследования на содержание основных макроэлементов (азота, фосфора, калия) и необходимых для роста и развития кукурузы микроэлементов (меди и цинка) в зерне. А также такие показатели качества зерна кукурузы, как содержание сырой золы, клетчатки и жира, азота.*

**Ключевые слова:** кукуруза, урожайность зерна, NPK, масса 1000 семян, удобрение, микроудобрение, окупаемость удобрений, регулятор роста.

*The article presents studies on the effect of organic, mineral fertilizers, micronutrient fertilizers and growth regulator on the yield and quality of corn grain when cultivated on sod-podzolic light loamy soil.*

*The experiments used a hybrid of maize Ladoga FAO 240. Medium early, three-line, intermediate grain type.*

*Numerous experiments show that with an increase in grain yield, its quality decreases. Therefore, techniques are carried out to improve the quality of grain by additional "nutrition" of plants with the help of dressings.*

*In the studies, microfertilizers and complex fertilizers were used, since they increase the yield and quality of corn grain. The experiments also used the growth regulator Ecosil. The study of its use in experiments is due to the fact that growth-stimulating drugs have a positive effect on various field crops, including corn. Plant growth regulators help to increase grain yield, as well as its quality. However, despite the findings of the researchers, much has not been studied. And this topic remains attractive to researchers. Microfertilizers of Belarusian production and foreign ones were used as a comparison with each other in terms of efficiency.*

*The studies also determined one of the main economic indicators – the weight of a thousand seeds.*

*Research was carried out into the content in the grain of the main macronutrients (nitrogen, phosphorus, potassium) and trace elements (copper and zinc) necessary for the growth and development of corn. As well as such indicators of corn grain quality, as the content of crude ash, fiber and fat, nitrogen.*

**Key words:** corn, grain yield, NPK, 1000 seeds weight, fertilizer, micronutrient fertilization, fertilizer payback, growth regulator.

### Введение

В современном производстве зерна, кукуруза занимает одно из лидирующих положений, являясь растением универсального использования [1, с. 20; 2, с. 231; 3, с. 412].

Кукуруза имеет большое агротехническое значение как пропашная культура, которая при надлежащем уходе за посевами способствует очищению полей от сорняков, а при содержании междурядий в чистом и рыхлом состоянии улучшает гидротермический и биохимический режимы почвы [4, с. 22–27].

При внесении научно обоснованных доз удобрений улучшается минеральное питание растений, что способствует мобилизации физиологических ресурсов растений и повышению качества выращиваемого зерна [5, с. 192].

Большая потребность в зерне кукурузы возникает и в связи с развитием животноводства. Это одна из наилучших зернофуражных культур: в одном килограмме зерна она содержит 1,34 кормовых единиц и 78 г переваримого протеина, а по сбору белка с посевной площади кукуруза приближается к пшенице [6, с. 624].

В последние годы в мировой практике все шире применяют препараты, с помощью которых можно искусственно регулировать рост и развитие растений и, как следствие, повысить урожайность [7, с. 167; 8, с. 66; 9, с. 5].

Цель исследований – изучить влияние органических, минеральных макро-, микро-, комплексных удобрений и регулятора роста на урожайность и качество зерна кукурузы при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

### Основная часть

Исследования проводились на опытном поле «Тушково» УНЦ «Опытные поля БГСХА» в 2018–2020 г. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 метра моренным суглинком.

Почва опытного участка в среднем за 3 года исследований имела слабокислую реакцию почвенной среды, среднюю обеспеченность гумусом и подвижными формами меди и цинка (1,52–3,47 мг/кг; 3,9–4,4 мг/кг), повышенное содержание подвижных форм фосфора (216,8–238,4 мг/кг), повышенное и высокое содержание подвижного калия (291,0–328,0 мг/кг) соответственно по методу Кирсанова.

Объектом исследований являлся гибрид кукурузы Ладога ФАО 240. Среднеранний, трёхлинейный. Тип зерна промежуточный. Включён в госреестр сортов Беларуси в 2012 году. Регистрационный номер 2009262. Vegetационный период, дней 106–109.

В опытах применялись удобрения: мочевины (46 % N); аммонизированный суперфосфат (30 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 9 % N); хлористый калий (60 % K<sub>2</sub>O), комплексное удобрение для кукурузы, марка 15–12–19 с 0,2 % Zn и 0,1 % B, разработанное в Институте почвоведения и агрохимии НАН Беларуси; органические удобрения – навоз КРС (влажность 78–79 %, органическое вещество – 21–22 %, N – 0,50–0,52 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,21–0,22 % и K<sub>2</sub>O – 0,55–0,57 %); микроудобрения: Адоб–Zn (6,2 % Zn, 9 % N и 3 % Mg); МикроСтим–Zn (6–8 % Zn, 9–11 % N), МикроСтим–Cu (6–10 % N; 4,5–5,5 % Cu), МикроСтим–ZnB (4,6 %, Zn; 9,3 % N; 3,0 % B; гуминовые вещества – 0,48–6,0 г/л); комплексное удобрение Кристалон (N – 18 %; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 18,0 %; K<sub>2</sub>O – 18,0 %; MgO – 3 %; SO<sub>3</sub> – 5 %; B – 0,025 %; Cu (ЭДТА) – 0,01 %; Fe (ЭДТА) – 0,07 %; Mn (ЭДТА) – 0,04 %; Mo – 0,004 %; Zn (ЭДТА) – 0,025 %.); регулятор роста растений – Экосил – 5 %-ная водная эмульсия тритерпеновых кислот.

Обработку растений кукурузы проводили в фазу 6–8 листьев регулятором роста растений Экосил (50 мл/га), микроудобрением Адоб–Zn (1,5 л/га), комплексными микроудобрениями с регулятором роста МикроСтим–Zn (1,5 л/га) + МикроСтим–Cu (1 л/га), МикроСтим Zn,B (1,65 л/га), комплексным удобрением Кристалон (2 л/га). Общая площадь делянки – 25,2 м<sup>2</sup>, учётная – 16,8 м<sup>2</sup>. Повторность четырёхкратная. Посев кукурузы был произведен сеялкой точного высева СТВ-8К в 2018 г. 5 мая, в 2019 г. – 19 апреля, в 2020 г. – 5 мая. В табл. 1 приведены данные урожайности зерна кукурузы за 3 года исследований. Также приведена окупаемость 1 кг NPK кг зерна (табл. 1).

Таблица 1. Влияние макро-, микроудобрений и регулятора роста на урожайность зерна кукурузы в среднем за 2018–2019 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га			Среднее	Прибавка к контролю, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK, кг зерна
	2018	2019	2020				
Контроль	48,0	50,0	45,9	47,9	–	–	–
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	59,3	57,0	78,9	65,0	17,1	–	8,1
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> (стандартные)	69,3	63,0	95,9	76,0	28,1	–	10,0
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> (с Zn и B)	75,8	66,0	99,9	80,5	32,6	–	11,6
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> – ФОН	83,8	73,0	105,7	87,5	39,5	–	14,1
N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>30</sub> + МикроСтим–Zn	96,8	80,0	112,1	96,3	48,3	8,8	14,6
Фон + МикроСтим–Zn	91,0	79,0	111,5	93,8	45,8	6,3	16,3
Фон + Адоб–Zn	91,3	80,0	111,9	94,4	46,4	6,7	16,5
Фон + МикроСтим–Zn,Cu	91,3	84,0	113,5	96,3	48,3	8,8	17,2
Фон + Кристалон	97,3	95,0	113,9	102,0	54,1	14,6	19,3
Фон + Экосил	90,8	80,0	108,2	93,0	45,0	5,5	16,0
Фон + МикроСтим–ZnB	91,8	90,0	113,7	98,5	50,5	11,0	18,0
Навоз 60 т/га + фон (N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> )	107,8	96,0	118,7	107,5	59,5	20,0	–
Навоз 60 т/га + фон (N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> ) + МикроСтим–Zn	108,5	99,0	124,5	110,6	62,7	23,1	–
НСР <sub>05</sub>	5,4	5,4	7,12	5,17	–	–	–

Применение комплексного АФК удобрения с бором и цинком по сравнению с вариантом, где в эквивалентной дозе (N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub>) применялись карбамид (46 % N); аммонизированный суперфосфат (30 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 9 % N); хлористый калий (60 % K<sub>2</sub>O), увеличивало урожайность зерна кукурузы на 11 ц/га.

Минимальных значений по данному показателю имел вариант без применения удобрений (47,9 ц/га) в среднем за 3 года исследований.

Некорневые подкормки на фоне N<sub>90+30</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> Адоб Zn, МикроСтим Zn, МикроСтим Zn,Cu и МикроСтим Zn,B повышали урожайность зерна кукурузы по сравнению с фоновым вариантом на 6,7, 6,3, 8,8 и 11 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 16,5 16,3, 17,2 и 18,0 кг зерна соответственно.

Применение регулятора роста Экосил увеличивало урожайность зерна кукурузы по сравнению с фоновым вариантом ( $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ ) на 5,5 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 16,0 кг зерна.

Урожайность зерна кукурузы в варианте с применением некорневой подкормки комплексным удобрением Кристалон на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  составила 102,2 ц/га в среднем за 3 года исследований, что на 14,5 ц/га больше фонового варианта. В этом варианте опыта отмечена максимальная окупаемость 1 кг NPK кг зерна (19,3 кг).

Внесение 60 т/га навоза увеличивало урожайность зерна по сравнению с фоном на 20,0 ц/га. Средняя урожайность за 3 года в данном варианте составила 107,5 ц/га.

Максимальная урожайность зерна была получена в варианте с применением навоза на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  с некорневой подкормкой МикроСтим Цинк 75 г/га и составила 110,6 ц/га, что на 23,1 ц/га больше фонового варианта.

Химические анализы зерна кукурузы приведены в табл. 2. Проводили исследования на содержание основных макроэлементов (азота, фосфора, калия) и необходимых для роста и развития кукурузы микроэлементов (меди и цинка) в зерне. А также такие показатели качества зерна кукурузы, как содержание сырой золы, клетчатки и жира (табл. 2).

Чем больше была доза вносимого с удобрением азота, тем больше его содержание было в зерне кукурузы. Минимальное его содержание было в неудобренном контрольном варианте и составило 0,97 %.

Таблица 2. Химические анализы зерна кукурузы в среднем за 2018–2020 гг.

Варианты	Химические анализы зерна кукурузы в среднем за 2018-2020 гг.								
	N, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	K <sub>2</sub> O, %	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Сырая зола, %	Сырой жир, %	Сырая клетчатка %	Сырой протеин, %
Контроль	0,97	0,54	0,44	1,34	11,21	1,60	3,61	2,54	6,09
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	1,02	0,60	0,47	1,34	11,62	1,44	3,14	2,41	6,37
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> (стандартные)	1,03	0,62	0,54	1,37	11,14	1,42	3,41	2,50	6,43
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> (с Zn и В)	1,06	0,58	0,52	1,37	12,45	1,49	3,33	2,49	6,66
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> – ФОН	1,10	0,58	0,53	1,39	11,19	1,44	3,33	2,11	6,91
N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>30</sub> + МикроСтим–Zn	1,20	0,65	0,54	1,41	12,98	1,52	3,54	2,22	7,52
Фон + МикроСтим–Zn	1,16	0,54	0,53	1,45	13,42	1,44	3,62	2,19	7,26
Фон + Адоб–Zn	1,18	0,51	0,52	1,51	15,05	1,54	3,40	2,01	7,40
Фон + МикроСтим–Zn,Cu	1,16	0,61	0,53	2,03	14,46	1,50	3,58	2,19	7,28
Фон + Кристалон	1,34	0,65	0,59	1,78	12,71	1,38	3,54	2,11	8,42
Фон + Экосил	1,12	0,60	0,55	1,49	12,62	1,58	3,36	2,27	7,00
Фон + МикроСтим–ZnВ	1,15	0,59	0,54	1,48	12,94	1,57	3,36	2,21	7,20
Навоз 60 т/га + фон (N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> )	1,46	0,68	0,53	1,64	13,13	1,56	3,50	2,22	9,12
Навоз 60 т/га + фон (N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> ) + МикроСтим–Zn	1,49	0,66	0,54	1,50	13,18	1,46	3,46	1,88	9,31
НСР <sub>05</sub>	0,168	0,074	0,061	0,110	1,095	0,164	0,451	0,482	0,734

В фоновом варианте ( $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ ) содержание азота в зерне кукурузы составило 1,10 % в среднем за все 3 года исследований. Применение некорневой подкормки комплексным удобрением Кристалон на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  увеличивало содержание азота на 0,24 % по сравнению с фоновым вариантом. Максимальное содержание азота в зерне кукурузы было в вариантах с применением органо-минеральной системы удобрения (60 т/га навоза на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  и 60 т/га навоза в сочетании с некорневой подкормкой МикроСтим–Zn на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ ) и составило 1,46 и 1,49 % соответственно.

Максимальное содержание фосфора было в варианте с применением 60 т/га навоза на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  и составило 0,68 %. Во всех остальных вариантах содержание фосфора практически не отличалось. По содержанию калия в зерне кукурузы минимальное значение (0,44 %) было в варианте без применения удобрений.

В фоновом варианте с применением минеральных удобрений в дозе  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  содержание калия в зерне достигло 0,53 %. Во всех остальных вариантах содержание калия не отличалось от фонового варианта, кроме варианта с применением комплексного удобрения Кристалон на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ . В данном варианте было максимальное содержание калия, которое составило 0,59 %.

По содержанию меди минимальное значение (1,34 %) имели варианты с применением минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{90}$  и неудобренный контрольный вариант. В фоновом варианте содержание меди составило 1,39 мг/кг. Наибольшее увеличение содержания меди в зерне кукурузы по сравнению с фоновым вариантом была у следующих вариантов: некорневая подкормка МикроСтим–Zn, Cu на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ , некорневая подкормка комплексным удобрением Кристалон на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ . Содержание меди в данных вариантах составило 2,03 и 1,78 мг/кг соответственно. Максимальное содержание цинка в зерне кукурузы было в варианте с применением некорневой подкормки Адоб–Zn

и составило 15,05 мг/кг. Несколько ниже содержание цинка в зерне было в варианте с применением некорневой подкормки МикроСтим–Zn, Cu на фоне N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> + N<sub>30</sub> (14,46 мг/кг).

Применение минеральных макро-, и микроудобрений, регуляторов роста и органических удобрений не способствовало увеличению содержания сырой золы по сравнению с контрольным вариантом без применения удобрений. Содержание сырой золы в контрольном варианте составило 1,60 %.

Минимальное содержание сырой золы в зерне кукурузы было в варианте с применением некорневой подкормки комплексным удобрением Кристалон на фоне N<sub>90+30</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> – 1,38 %.

В фоновом варианте (N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> + N<sub>30</sub>) содержание сырой золы составило 1,44 %.

По содержанию сырого жира наименьшее значение было в варианте с применением минеральных удобрений в дозе N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> (3,14 %). Ни одна из применяемых систем удобрения в опыте не способствовала увеличению содержания сырого жира в зерне кукурузы по сравнению с контрольным вариантом. В неудобренном контрольном варианте содержание сырого жира составило 3,61 %.

Наименьшее содержание сырой клетчатки в зерне кукурузы отмечено в варианте с применением некорневой подкормки МикроСтим–Zn в сочетании с 60 т/га навоза на фоне N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> + N<sub>30</sub> и составило 1,88 %. Максимальное значение было у варианта без применения удобрений. Содержание сырой клетчатки в данном варианте составляло 2,54 %.

Содержание сырого протеина находится в прямой зависимости от содержания азота в зерне, чем его больше, тем больше содержание протеина.

Содержание сырого протеина в варианте без применения удобрений было минимальным и составило 6,09 %. В фоновом варианте (N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> + N<sub>30</sub>) оно было на 0,82 % выше по сравнению с контрольным вариантом и составило 6,91 %. Наиболее высокое содержание сырого протеина (8,42 %) среди вариантов с применением минеральных систем удобрения было в варианте с некорневой подкормкой комплексным удобрением Кристалон на фоне N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> + N<sub>30</sub>, что на 1,51 % выше фонового варианта. Максимальное содержание сырого протеина в зерне кукурузы было в варианте с применением 60 т/га навоза в сочетании с некорневой подкормкой МикроСтим–Zn на фоне N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> + N<sub>30</sub> и составило 9,31 %. В исследованиях также определяли один из основных хозяйственных показателей – масса тысячи семян (табл. 3).

Применение N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> и N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> повышало массу 1000 семян кукурузы по сравнению с неудобренным контролем в среднем за 3 года на 17,3 г и 25,6 г соответственно. Новое специализированное комплексное АФК удобрение для кукурузы с цинком и бором по сравнению с внесением в эквивалентной дозе (N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub>) мочевины, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия увеличивало массу 1000 семян кукурузы на 32,3 г. Некорневые подкормки на фоне N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> + N<sub>30</sub> Адоб Zn, МикроСтим Zn, МикроСтим Zn, Cu и МикроСтим B, Zn способствовали возрастанию массы 1000 семян кукурузы по сравнению с фоновым вариантом на 12,3 г, 11 г, 20 и 28,6 г соответственно. Подкормка комплексным удобрением Кристалон (Нидерланды) на фоне N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> + N<sub>30</sub> увеличивала массу 1000 семян на 32,3 г.

Таблица 3. Влияние макро-, микроудобрений и регулятора роста на массу 1000 семян кукурузы (в среднем за 2018–2020 гг.)

Варианты	Масса 1000 семян, грамм			
	2018	2019	2020	Среднее
Контроль	220	175	205	200,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	232	199	221	217,3
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> (стандартные)	236	216	225	225,6
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> (с Zn и B)	240	225	232	232,3
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> – ФОН	250	225	248	241,0
N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>30</sub> + МикроСтим–Zn	270	250	266	262,0
Фон + МикроСтим–Zn	260	232	264	252,0
Фон + Адоб–Zn	263	233	264	253,3
Фон + МикроСтим–Zn, Cu	264	249	270	261,0
Фон + Кристалон	266	283	271	273,3
Фон + Экосил	258	233	255	248,6
Фон + МикроСтим–ZnB	270	266	273	269,6
Навоз 60 т/га + фон (N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> )	275	284	270	276,3
Навоз 60 т/га + фон (N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> ) + МикроСтим–Zn	280	300	278	286,0
НСП <sub>05</sub>	3.7	5.9	7.715	5.00

Масса 1000 семян в вариантах с применением МикроСтим Zn на фоне N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>130</sub> + N<sub>30</sub> была выше на 21 г по сравнению с фоновым вариантом N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> + N<sub>30</sub>. Обработка посевов кукурузы регулятором роста Экосил на фоне N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> + N<sub>30</sub> повышала массу 1000 семян на 7,6 г по сравнению с фоном.

Сочетание навоза и минеральных удобрений обеспечивало самую высокую массу 1000 семян кукурузы. Внесение 60 т/га навоза + N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> + N<sub>30</sub> и 60 т/га навоза + N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> + N<sub>30</sub> + МикроСтим Zn повышало массу 1000 семян на 35,3 и 45 г соответственно.

В варианте 60 т/га навоза +  $N_{90}P_{70}K_{120}$  +  $N_{30}$  + МикроСтим Цинк отмечена максимальная масса 1000 семян кукурузы, что и способствовало формированию наиболее высокой урожайности зерна в опытах.

### **Заключение**

Применение микроудобрений способствовало значительному увеличению урожайности зерна кукурузы. По эффективности применение отечественного микроудобрения (МикроСтим Zn, Беларусь) существенно не отличалось от применения зарубежного (Адоб Zn, Польша) и его можно использовать для импортозамещения. Максимальная урожайность зерна была получена в варианте с применением навоза на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  с некорневой подкормкой МикроСтим Цинк 75 г/га и составила 110,6 ц/га, что на 23,1 ц/га больше фонового варианта.

Используемый в опытах регулятор роста Экосил способствовал увеличению массы 1000 семян и урожайности зерна, что доказывает его эффективность. При этом качество зерна незначительно отличалось от других вариантов.

Максимальное содержание азота, сырого протеина и массы 1000 семян в зерне кукурузы было в варианте с применением органоминеральной системы удобрения (60 т/га навоза в сочетании с некорневой подкормкой МикроСтим–Zn на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120}$  +  $N_{30}$ ) и составило 1,49 % N, 9,31 % сырого протеина и 286 грамм массы семян соответственно. Максимальное содержание фосфора в зерне было в варианте с применением 60 т/га навоза на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120}$  +  $N_{30}$  и составило 0,68 %.

Применение комплексного удобрения Кристалон также способствовало увеличению урожайности. С применением данного удобрения была получена урожайность зерна 102 ц/га, и максимальная окупаемость 1 кг NPK – 19,3 кг зерна в среднем за 3 года исследований. Содержание в зерне основных макроэлементов (NPK) также достигало высоких значений при использовании данного удобрения.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Питание и удобрение зерновых культур. Кукуруза / А. Х. Шеуджен [и др.]. – Майкоп, 2010. – 20 с.
2. Шеуджен, А. Х. Питание и удобрение зерновых, крупяных и зернобобовых культур / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, Л. М. Онищенко. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 231 с.
3. Надточаев, Н. Ф. Кукуруза на полях Беларуси / Н. Ф. Надточаев; НПЦ НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 412 с.
4. Сидорович, В. П. Приемы повышения продуктивности посевов кукурузы / В. П. Сидорович, Н. А. Губкина, В. Ф. Петраков // Кормопроизводство. – 2001. – №6. – С. 22–27.
5. Кукуруза / Д. Шпаар [и др.]. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 192 с.
6. Богданов, Г. А. Кормление сельскохозяйственных животных: учеб. пособие / Г. А. Богданов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 624 с.
7. Лихацький, В. І. Капуста цвітна: монографія / В. І. Лихацький, В. М. Чередніченко. – Вінниця, 2010. – 167 с.
8. Калінін, Ф. А. Застосування регуляторів росту в сільському господарстві / Ф. А. Калінін. – Київ: Урожай, 1989. – 66 с.
9. Регуляторы роста растений / С. З. Гамбург [и др.]. – Киев: Колос, 1979. – С. 5.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ДОМИНИРОВАНИЯ ЭФФЕКТА ГЕТЕРОЗИСА И ТРАНСГРЕССИИ В ПИТОМНИКЕ ГИБРИДОВ ЛЮПИНА БЕЛОГО В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ

Ю. С. МАЛЫШКИНА, Е. В. РАВКОВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: yulia1883150@gmail.ru

М. И. ЛУКАШЕВИЧ

«Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В. Р. Вильямса», филиал ВНИИ люпина,  
г. Брянск, Российская Федерация, 241524, e-mail: lupin\_mail@mail.ru

(Поступила в редакцию 27.01.2021)

В результате проведенных исследований были получены 22 комбинации гибридов белого люпина с использованием реципрокных скрещиваний. В первом поколении у гибридных растений определяли истинный и конкурсный гетерозис, а также степень доминирования, во втором и третьем поколениях – степень положительных и отрицательных трансгрессий изучаемых признаков (количество бобов, семян на растении и продуктивность одного растения).

Полученные гибридные растения отличались от родительских форм продолжительностью вегетационного периода, индетерминантным и детерминантным типом роста, зеленой и антоциановой окраской бобов, различной окраской венчика цветка. Полученные индетерминантные формы характеризуются укороченными боковыми побегами, которые цветут одновременно с центральной кистью, а сформировавшиеся бобы боковых кистей находятся на одном уровне в виде щитка с главной кистью, что способствует одновременному созреванию семян и сокращению фазы созревания.

Наиболее продуктивные комбинации были получены при использовании в качестве материнской формы сортов Деснянский (Деснянский × Алы парус, Деснянский × Детер, Деснянский × Мичуринский, Деснянский × Росбел), которые по продолжительности вегетационного периода относятся к среднеспелой группе, Детер (Детер × СН-1022-09, Детер × Алы парус, Детер × Мичуринский, Детер × Росбел) относятся к полуранней группе, Росбел (Росбел × Деснянский) среднеспелая группа, (Росбел × Детер) – полуранняя группа, а в качестве отцовской формы сортов Алы парус, Детер, Мичуринский.

Таким образом, полученный материал будет использован в дальнейшей селекционной работе по определению степени трансгрессии и анализа ценных признаков, с целью создания новых сортов белого люпина различного направления.

**Ключевые слова:** белый люпин, родительские формы, реципрокные скрещивания, гибридные растения.

As a result of the research, 22 combinations of white lupine hybrids were obtained using reciprocal crosses. In the first generation, the true and competitive heterosis, as well as the degree of dominance, were determined in hybrid plants; in the second and third generations, the degree of positive and negative transgressions of the studied traits (the number of beans, seeds per plant, and the productivity of one plant) were determined.

The resulting hybrid plants differed from the parental forms in the length of the growing season, indeterminate and determinant type of growth, green and anthocyanin coloration of beans, different color of the flower corolla. The resulting indeterminate forms are characterized by shortened lateral shoots, which bloom simultaneously with the central raceme, and the formed pods of the lateral racemes are at the same level in the form of a shield with the main raceme, which contributes to the simultaneous ripening of seeds and a reduction in the ripening phase.

The most productive combinations were obtained when using the varieties Desnianskii (Desnianskii × Alyi Parus, Desnianskii × Deter, Desnianskii × Michurinskii, Desnianskii × Rosbel) as the maternal form, which, according to the duration of the growing season, belong to the mid-ripening group, Deter (Deter × SN-1022-09, Deter × Alyi Parus, Deter × Michurinskii, Deter × Rosbel) belong to the semi-early group, Rosbel (Rosbel × Desnianskii) is a mid-ripening group, (Rosbel × Deter) is a semi-early group, and the varieties Alyi Parus, Deter and Michurinskii as the paternal form.

Thus, the obtained material will be used in further breeding work to determine the degree of transgression and analyze valuable traits, in order to create new varieties of white lupine of various directions.

**Key words:** white lupine, parental forms, reciprocal crosses, hybrid plants.

### Введение

Белый люпин является новой и перспективной культурой для нашей страны. Она отличается высоким содержанием незаменимых аминокислот, белка в зерне до 45 %, а в зелёной массе до 20 %, жира до 12 %, витаминов и минеральных веществ, также отсутствием ингибиторов трипсина [1].

Создание сортов белого люпина собственной селекции, адаптированных к условиям республики, является хорошей альтернативой сои и соевых шротов, что в будущем может выступить в качестве импортозамещения сои, удешевления животноводческой продукции и повышения ее конкурентоспособности на мировом рынке [2]. Новые сорта белого люпина должны сочетать в себе такие признаки, как скороспелость, продуктивность и устойчивость к болезням. Совмещение положительных признаков в одном генотипе возможно при использовании гибридизации, с помощью которой можно полу-

чить разнообразный селекционный материал и отобрать константные формы, характеризующиеся комплексом ценных признаков [3]. При подборе пар для скрещиваний необходимо предварительно тщательно изучать исходный материал подбираемых родительских пар, знать их положительные и отрицательные стороны, а также характер наследования.

Повышение урожайности возможно за счет получения трансгрессивных форм, для чего необходимо знать ценность полученных комбинаций скрещиваний. Для этих целей целесообразно изучать явления трансгрессии во втором и последующих поколениях гибридов по хозяйственно полезным признакам, которые выражены сильнее, чем у родительских форм.

Таким образом, для создания в последующем сортов белого люпина с высокой и стабильной урожайностью нами была проведена внутривидовая гибридизация, определены эффекты гетерозиса у гибридов первого поколения, а у гибридов второго и третьего поколения наличие положительной трансгрессии.

Одной из самых важнейших характеристик сорта является его продуктивность, которая тесно связана с элементами структуры урожайности и в первую очередь с массой семян с одного растения (продуктивность одного растения), количество бобов на растении и семян.

На опытном поле кафедры селекции и генетики УО БГСХА ведётся селекционная работа с белым люпином в северо-восточной части Беларуси, которая менее обеспечена теплом, а количество осадков благоприятно для развития антракноза.

Целью наших исследований являлась оценка гибридных растений белого люпина первого, второго и третьего поколения, которые были получены в результате реципрокных скрещиваний. В качестве родительских форм выступали сорта ВНИИ люпина Альый парус, Деснянский, Детер, Мичуринский, сортообразец СН-1022-09 и сорт совместной селекции Росбел.

#### Основная часть

Реципрокные скрещивания использовали для того, чтобы установить наличие материнского эффекта, связанного с цитоплазмой по изучаемым хозяйственно-биологическим признакам [4, 5].

Полученные гибридные семена высевались вручную, площадь делянки зависела от количества семян. Для сравнения высевались родительские формы. Проводились необходимые учёты по хозяйственно ценным признакам. Уборка проводилась вручную, отбирались снопы, которые в дальнейшем в лабораторных условиях были проанализированы по признакам: высота растений, количество продуктивных кистей, количество бобов на центральной кисти и всего бобов на растении, количество семян на центральной кисти и всего семян на растении, продуктивность одного растения, масса 1000 семян.

Данные по гибридным растениям в первом поколении использовались для определения истинного и конкурсного гетерозиса [6], степени доминирования по формуле разработанной Veil и Atkins [7]:

$$Г_{ист} = \frac{F_1 - P_{л.}}{P_{л.}} \cdot 100,$$

где  $Г_{ист}$  – способность гибридов  $F_1$  превосходить по данному признаку лучшую из родительских форм (%);  $F_1$  – среднее значение показателя у гибридов  $F_1$ ;  $P_{л.}$  – среднее значение лучшей родительской формы.

$$Г_{конк} = \frac{F_1 - K}{K} \cdot 100,$$

где  $Г_{конк}$  – способность гибридов  $F_1$  превосходить по данному признаку контрольный сорт (%);  $K$  – показатель изучаемого признака у контрольного сорта.

$$H_p = (F_1 - M_p) / (L_p - M_p),$$

где  $H_p$  – степень доминирования;  $M_p$  – среднее значение показателя у родительских форм;  $L_p$  – среднее значение показателя лучшей родительской формы.

У гибридных растений во втором и третьем поколениях определяли степень трансгрессии изучаемых признаков по методике Воскресенской и Шпоты [8]:

$$T_c = ((P_2 \times 100) / P_p) - 100,$$

где  $T_c$  – степень трансгрессии признака, %;  $P_2$  – максимальное значение признака у гибридов  $F_2$ ;  $P_p$  – максимальное значение признака у лучшего родителя.

Проведённый анализ полученных 22 гибридных комбинаций первого поколения в реципрокных скрещиваниях по хозяйственным признакам дал возможность оценить проявление истинного и конкурсного гетерозиса, а также степень доминирования у белого люпина. По некоторым комбинациям не удалось получить семенной материал из-за сильного поражения антракнозом (табл. 1).



Таблица 1. Анализ истинного и конкурсного гетерозиса и степень доминирования у гибридов F<sub>1</sub> люпина белого по хозяйственным признакам в 2017 г.

№	Комбинация скрещивания	Количество бобов на растении			Количество семян на растении			Масса семян с 1 растения		
		истинный гетерозис, %	конкурсный гетерозис, %	степень доминирования	истинный гетерозис, %	конкурсный гетерозис, %	степень доминирования	истинный гетерозис, %	конкурсный гетерозис, %	степень доминирования
1	Деснянский × Алыи парус	111,1	322,2	8,2	137,4	336,3	7,0	80,6	314,9	5,6
2	Деснянский × Детер	17,5	62,5	2,5	49,7	78,7	7,0	10,7	64,9	3,5
3	Детер × Деснянский	14,5	58,4	2,3	35,5	61,8	5,3	22,3	82,1	6,2
4	Деснянский × Мичуринский	-23,7	76,7	-0,2	-14,3	106,8	0,5	2,0	151,8	1,1
5	Мичуринский × Деснянский	-10,2	108,0	0,5	3,9	150,8	1,1	5,7	160,9	1,3
6	Деснянский × Росбел	-5,5	172,6	0,8	-0,4	222,4	1,0	0	222,6	1,0
7	Росбел × Деснянский	-25,7	114,2	0,0	-20,8	156,4	0,4	-18,3	164,1	0,3
8	Детер × Алыи парус	10,0	120,1	1,4	36,3	150,5	3,1	13,9	161,8	1,7
9	Детер × Мичуринский	-30,8	60,3	-0,1	-35,3	56,1	-0,4	-25,3	84,4	-0,1
10	Мичуринский × Детер	-40,4	38,1	-0,5	-35,6	55,3	-0,4	-35,3	59,6	-0,6
11	Детер × Росбел	-16,2	141,7	0,5	-21,8	152,9	0,3	-37,7	101,5	-0,3
12	Росбел × Детер	-42,3	66,4	-0,3	-43,6	82,5	-0,4	-42,2	87,0	-0,5
13	Детер × СН-1022-09	-8,9	48,7	0,5	8,2	54,6	2,0	-2,1	56,2	0,7
14	СН-1022-09 × Детер	12,2	83,3	1,7	20,9	72,8	3,5	34,7	114,9	5,7
15	Мичуринский × СН-1022-09	-38,4	42,6	-1,6	-30,4	68,1	-0,5	-26,6	81,1	-0,5
16	СН-1022-09 × Мичуринский	51,1	250,0	4,5	56,2	277,0	3,8	67,1	312,3	4,8
17	Росбел × Алыи парус	-26,0	113,4	-0,7	-23,2	148,5	-0,1	-26,4	137,9	-0,8
18	Росбел × Мичуринский	-4,3	176,0	0,6	-0,7	221,3	0,9	-4,0	210,4	0,7
19	Росбел × СН-1022-09	-45,3	57,7	-1,1	-40,4	93,0	-0,4	-39,4	96,0	-0,6
20	СН-1022-09 × Росбел	6,9	208,3	1,3	10,0	256,0	1,4	0,7	158,0	0,2
21	СН-1022-09 × Деснянский	52,3	148,7	7,8	64,6	135,2	5,2	84,5	194,4	26,4
22	СН-1022-09 × Алыи парус	70,8	241,7	8,7	95,9	259,9	9,6	47,5	238,8	4,1

По количеству бобов у гибридов истинный и конкурсный гетерозис и степень доминирования были различными. Положительный истинный гетерозис наблюдается у 9 комбинаций, максимальное значение отмечено у Деснянский × Алыи парус (111,1 %), в обратной комбинации семян не удалось получить, так как она не созревала в наших условиях. У реципрочных гибридов с использованием сочетания сортов для скрещивания Деснянский × Детер по признаку количество бобов на растении истинный гетерозис составил 17,5 %, по признаку количество семян на растении 49,7 %, по продуктивности одного растения – 10,7 %. В обратном скрещивании Детер × Деснянский эффект был чуть ниже по количеству бобов 14,5 % и семян 35,5 %, но по продуктивности выше и составил 22,3 %. В обоих парах по всем трём признакам наблюдалось сверхдоминирование.

При скрещивании сорта Деснянский в качестве материнской формы и в качестве отцовской сорт Мичуринский по первому и второму признаку гетерозис был отрицательный, а по продуктивности составил 2,0 %. При обратном скрещивании положительный результат отмечен по количеству семян 3,9 % и продуктивности – 5,7 %, по которым наблюдалось сверхдоминирование.

В комбинации Детер × Алыи парус по количеству бобов на растении гетерозисный эффект составил 10,0 %, семян – 36,3 % и продуктивности – 13,9 %. По всем трем изучаемым признакам наблюдается сверхдоминирование. В обратной комбинации семян не удалось получить из-за наследования позднеспелости сорта Алыи парус. При скрещивании Детер × СН-1022-09 эффект гетерозиса был отрицательный по количеству бобов и продуктивности за счёт сильной восприимчивости к антракнозу данной комбинации скрещиваний. При обратном скрещивании СН-1022-09 × Детер гетерозис по количеству бобов составил 12,2 %, семян – 20,9 % и продуктивности – 34,7 %, по которым наблюдалось сверхдоминирование.

Отрицательный эффект и депрессия наблюдалась у реципрочных гибридов подобранной пары Мичуринский × СН-1022-09. В обратной комбинации получен высокий гетерозисный эффект, который составил по количеству бобов 51,1 %, семян – 56,2 % и продуктивности – 67,1 %, здесь также отмечено сверхдоминирование. По данной реципрочной комбинации можно отметить, что в качестве материн-

ской формы лучше проявил себя образец СН-1022-09, который отличается по продолжительности вегетационного периода и является более скороспелым. Также наблюдается отрицательный эффект и депрессия при прямом скрещивании сорта Росбел и СН-1022-09 по всем изучаемым признакам. При обратном сочетании гетерозис составлял по количеству бобов на растении 6,9 %, семян – 10,0 %, а продуктивности одного растения – 0,7 %. При этом сверхдоминирование отмечено по первому и второму признакам.

В комбинациях с использованием в качестве материнской формы образца СН-1022-09 и отцовской Деснянский и Алы парус наблюдается высокий эффект гетерозиса и сверхдоминирование по всем трём изучаемым признакам. В первом сочетании с сортом Деснянский гетерозис составил по количеству бобов 52,3 %, семенам – 64,6 % и продуктивности – 84,5 %. Во втором сочетании с сортом Алы парус 70,8 %, 95,9 % и 47,5 % соответственно. Из-за позднеспелости сортов в обратной комбинации семян не удалось получить. Во всех изучаемых комбинациях наблюдался положительный конкурсный гетерозис по количеству бобов на растении, который составил более 100 % у таких комбинаций как Детер × Росбел, Детер × Алы парус, СН-1022-09 × Деснянский, СН-1022-09 × Росбел, СН-1022-09 × Мичуринский, СН-1022-09 × Алы парус, Мичуринский × Деснянский, Росбел × Алы парус, Росбел × Мичуринский, Росбел × Деснянский, Деснянский × Росбел. У комбинации Деснянский × Алы парус отмечено максимальное значение конкурсного гетерозиса 322,2 %. По количеству семян на растении более 200 % конкурсный гетерозис наблюдался у СН-1022-09 × Росбел, СН-1022-09 × Мичуринский, СН-1022-09 × Алы парус, Росбел × Мичуринский, Деснянский × Росбел, а максимальный был у комбинации Деснянский × Алы парус – 336,3 %. По продуктивности с одного растения он варьировал от 56,2 до 314,9 %. Максимальные значения наблюдались у комбинации Деснянский × Алы парус (314,9 %), СН-1022-09 × Мичуринский (312,3 %), СН-1022-09 × Алы парус (238,8 %), Деснянский × Росбел (222,6 %), Росбел × Мичуринский (210,4 %).

Наиболее высокий истинный гетерозис и сверхдоминирование по трём изучаемым признакам отмечен у рецiproкных гибридов при прямом скрещивании Деснянский × Алы парус, Деснянский × Детер, Детер × Алы парус, СН-1022-09 × Деснянский, СН-1022-09 × Алы парус, а также при обратном скрещивании Детер × Деснянский, СН-1022-09 × Мичуринский, СН-1022-09 × Росбел. По всем комбинациям наблюдается положительный эффект по конкурсному гетерозису, так как принятый за контроль сорт Амига является очень поздним и сильно поражается антракнозом.

Анализируя полученные результаты, наибольший интерес представляют гибридные комбинации, в которых наблюдалось сверхдоминирование и проведены индивидуальные отборы лучших продуктивных растений.

В питомнике гибридов F<sub>2</sub> проводили индивидуальный отбор в расщепляющемся потомстве с учетом наличия положительных трансгрессий по комбинациям скрещиваний [9]. В 2018 году было высеяно 19 гибридных комбинаций второго поколения, которое было проанализировано по наличию хозяйственно ценных признаков для дальнейшей селекционной работы. Результаты анализа представлены в табл. 2.

Таблица 2. Определение степени трансгрессии у рецiproкных гибридов белого люпина в F<sub>2</sub> и F<sub>3</sub>.

№	Комбинация скрещивания	Количество бобов на растении		Количество семян на растении		Масса семян с 1 растения	
		степень трансгрессии, %		степень трансгрессии, %		степень трансгрессии, %	
		2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.
1	Деснянский × Алы парус	124,1	11,2	152,3	18,5	156,9	123,9
2	Деснянский × Детер	32,4	42,6	40,5	46,2	48,1	66,5
3	Детер × Деснянский	36,5	24,6	54,2	26,8	44,2	56,8
4	Деснянский × Мичуринский	115,3	7,9	124,4	21,8	101,3	45,8
5	Мичуринский × Деснянский	73,6	-1,7	77,2	0,9	49,4	31,8
6	Деснянский × Росбел	12,0	19,2	-1,6	1,0	40,3	59,6
7	Росбел × Деснянский	36,1	10,6	32,5	9,3	28,6	54,7
8	Детер × Алы парус	25,7	-21,2	39,6	-12,6	117,6	75,8
9	Детер × Мичуринский	32,4	25,3	34,3	37,3	50,0	58,7
10	Мичуринский × Детер	86,5	38,0	96,9	-11,4	30,0	35,8
11	Детер × Росбел	14,5	9,0	8,7	1,8	87,1	80,2
12	Росбел × Детер	33,7	4,6	28,9	1,6	101,6	58,8
13	Детер × СН-1022-10	29,6	14,3	33,3	2,8	188,9	157,4
14	СН-1022-09 × Детер	66,7	-38,5	84,0	-40,2	160,0	45,5
15	Росбел × Алы парус	48,2	-37,2	54,3	-25,4	87,1	51,3
16	Росбел × Мичуринский	19,3	-0,9	20,3	12,0	51,4	40,4
17	Росбел × СН-1022-10	62,7	-13,7	74,6	-18,9	108,1	67,4
18	СН-1022-09 × Росбел	32,5	-17,9	28,0	-25,4	83,9	58,8
19	СН-1022-09 × Мичуринский	63,0	-31,8	55,8	-33,8	72,9	-0,8

По количеству бобов на растении положительная степень трансгрессии была отмечена во всех комбинациях скрещиваний, а максимальное значение было у комбинаций Деснянский × Алы́й парус (124,1 %) и Деснянский × Мичуринский (115,3 %). У 5 комбинаций составляла от 62,7 до 86,5 %, а по остальным варьировала от 12,0 до 48,2 %.

По количеству семян на растении положительная степень трансгрессии наблюдается у 17 комбинаций, максимальное значение по этому показателю было у гибридных комбинаций Деснянский × Алы́й парус (152,3 %) и Деснянский × Мичуринский (124,4 %), у 7 комбинаций скрещиваний варьировала от 54,2 до 96,9 %, по остальным 8 комбинациям составила от 28,0 до 40,5 %. Незначительной она была у комбинации Детер × Росбел, а отрицательной у Деснянский × Росбел.

По признаку продуктивность одного растения наблюдается положительная степень трансгрессии. Реципрокные гибриды по всем комбинациям превосходят родительские формы, а максимальное значение по этому показателю было у гибридных комбинациях Детер × СН-1022-09 (188,9 %) и СН-1022-09 × Детер (160,0 %), Деснянский × Алы́й парус (156,9 %), Детер × Алы́й парус (117,6 %), Росбел × СН-1022-09 (108,1 %), Деснянский × Мичуринский (101,3 %). По остальным комбинациям она составила менее 100 %.

В 2019 г. оценивались гибридные растения белого люпина третьего поколения, полученные от реципрокных скрещиваний. Анализируя полученные данные, следует отметить, что положительная степень трансгрессии сохраняется не во всех гибридных комбинациях и не по всем признакам.

По количеству бобов получена максимальная степень трансгрессии при прямом скрещивании Деснянский × Детер (42,6 %) и обратном Детер × Деснянский (24,6 %), Детер × Мичуринский (25,3 %) и Мичуринский × Детер (38,0 %), Деснянский × Росбел (19,2 %) и Росбел × Деснянский (10,6 %), Детер × Росбел (9,0 %) и Росбел × Детер (4,6 %). Также сохраняется положительная трансгрессия в таких комбинациях как Детер × СН-1022-09 (14,3 %), Деснянский × Алы́й парус (11,2 %), Деснянский × Мичуринский (7,9 %).

По количеству семян отмечена максимальная степень трансгрессии в прямых скрещиваниях Деснянский × Детер (46,2 %), Детер × Мичуринский (37,3 %), Деснянский × Мичуринский (21,8 %), Деснянский × Алы́й парус (18,5%), Росбел × Мичуринский (12,0 %), и при обратных Детер × Деснянский (26,8 %), Росбел × Деснянский (9,3 %).

По продуктивности одного растения положительная трансгрессия наблюдалась в 18 комбинациях. Получена максимальная степень трансгрессии при прямом скрещивании Детер × СН-1022-09 (157,4 %), Деснянский × Алы́й парус (123,9 %), Детер × Росбел (80,2 %), Детер × Алы́й парус (75,8 %), а по остальным варьировала в пределах от 31,8 до 67,4 %.

В полученных трансгрессивных комбинациях отбирались лучшие растения по признакам количество бобов, семян, продуктивность одного растения, с учетом их устойчивости к антракнозу и длины вегетационного периода. Неперспективные комбинации выбраковывались. В процессе работы выделены перспективные комбинации с положительной трансгрессией и отобраны лучшие гибридные растения, которые превосходят родительские формы по продуктивности и обладают другими положительными признаками (продолжительность вегетационного периода, тип ветвления, окраска цветка и бобов).

### **Заключение**

Таким образом, необходимо отметить наиболее продуктивные комбинации Деснянский × Алы́й парус с длиной вегетационного периода 145 дней, Деснянский × Детер (136 дней), Деснянский × Мичуринский (139 дней), Деснянский × Росбел (143 дня), а также сорта Детер в качестве материнского компонента в полученных комбинациях Детер × СН-1022-09 длина вегетационного периода составила 120 дней. В данных комбинациях Детер × Алы́й парус отобраны растения с зеленой и антоциановой окраской бобов, эпигональным и симподиальным типом ветвления, синей и розовой окраской цветка, продолжительностью вегетационного периода 125 и 134 дня. У комбинации Детер × Мичуринский отобраны растения с индетерминатным типом роста, имеющие щитковидный тип, синюю окраску цветка с длиной вегетационного периода в среднем 116 дней. У комбинации Детер × Росбел отобраны растения с симподиальным типом ветвления, синей окраской цветка и антоциановой окраской бобов, продолжительностью вегетационного периода 125 дней. При обратных скрещиваниях получены в комбинации Детер × Деснянский растения с индетерминатным типом роста и длиной вегетационного периода 120 дней, Росбел × Деснянский с темно-синей окраской цветка и длиной вегетационного периода 140 дней, Росбел × Детер с длиной вегетационного периода 125 дней. Полученный материал будет

использован в дальнейшей селекционной работе для создания сортов белого люпина различного направления использования.

*ЛИТЕРАТУРА*

1. Яговенко, Г. Белый люпин в кормлении сельскохозяйственных животных и птиц / Г. Яговенко, А. Сорокин // Термо-боб. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lupin-t.ru/index.php/info/93-belyj-lyupin-v-kormlenii-selskokhozyajstvennykh-zhivotnykh-i-ptitsy> – Дата доступа: 16.08.2020.
2. Малышкина, Ю. С. Мониторинг коллекции белого люпина в условиях северо-востока Беларуси / Ю. С. Малышкина, Е. В. Равков, М. И. Лукашевич // Вестник Белорус. гос. с.-х. академии. – 2020. – № 2. – С. 84–90.
3. Ведров, Н. Г. Селекция и семеноводство полевых культур: учеб. пособие / Н. Г. Ведров. – Красноярск, 2008. – 300 с.
4. Казыдуб, Н. Г. Наследование хозяйственно-ценных признаков гибридами F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub> фасоли овощной в условиях южной лесостепи западной Сибири / Н. Г. Казыдуб, А. П. Клинг // Вестник Алтайского государственного алтайского университета. – 2010. – №8. – С. 20–24.
5. Таранухо, Г. И. Селекция и семеноводство люпина / Г. И. Таранухо. – Минск.: Ураджай, 2009. – 418 с.
6. Абрамова, З. В. Генетика. Программированное обучение. – М.: Агропромиздат, 1985. – 287 с.
7. Beil, G. M. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum / G. M. Beil, R. E. Atkins // Iowa State J. of Science. – 1965. – Vol. 39, №3. – P. 52.
8. Воскресенская, Г. С. Трансгрессии признаков и гибридов Brassica и методика количественного учёта этого явления / Г. С. Воскресенская, В. И. Штопа // Докл. Всесоюз. Акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. – 1967. – № 7. – С. 18–20.
9. Минькач, Т. В. Селекционно-генетическая оценка межвидовых гибридов сои третьего поколения / Т. В. Минькач, О. А. Селихова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, – 2012. – №8 (94). – С. 26–28.

## РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СИЛЬФИИ ПРОНЗЕННОЛИСТНОЙ НА ЗЕЛЕНый КОРМ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ПОСЕВА

**Б. В. ШЕЛЮТО**

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407 e-mail: a.sheliuta@mail.ru*

**Е. В. КОСТИЦКАЯ**

*Могилевская районная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений,  
г. Могилев, Республика Беларусь, e-mail: setena.mogilev@yandex.by*

*(Поступила в редакцию 28.01.2021)*

*В статье рассматривается рентабельность возделывания сильфии пронзеннолистной при уборке на зеленый корм при разных способах посева. Получено, что за годы исследований наиболее прибыльными и наименее затратными были варианты посадки рассады по схеме 70x50 и 70x70. Себестоимость вариантов составила 795,1 руб. / га и 694,9 руб. / га соответственно, что ниже чем при возделывании семенного посева на 261,8 руб./га (70x50) и 362,0 руб./га (70x70), при этом прибыль вариантов составила 2275,3 руб. с га и 1932,0 руб. с га соответственно, что выше по сравнению с семенным посевом на 760,5 руб. с га и 417,2 руб. с га. Рентабельность вариантов с учетом себестоимости и прибыли составила 284 % (70x50) и 274 % (70x70), а при семенном посеве рентабельность получена в два раза ниже.*

**Ключевые слова:** *сильфия пронзеннолистная, семена, рассада, зеленый корм, себестоимость, прибыль, выручка, рентабельность.*

*The article discusses the profitability of cultivation of *Silphium perfoliatum* when harvesting for green fodder with different sowing methods. It was found that over the years of research, the most profitable and least expensive were the variants for planting seedlings according to the 70x50 and 70x70 scheme. The cost of the variants was 795.1 rubles / ha and 694.9 rubles / ha, respectively, which is lower than in the cultivation of seed sowing by 261.8 rubles / ha (70x50) and 362.0 rubles / ha (70x70), while the profit of the variants was 2,275.3 rubles per hectare and 1,932.0 rubles per hectare, respectively, which is higher compared to seed sowing by 760.5 rubles per hectare and 417.2 rubles per hectare. The profitability of the variants, taking into account the cost and profit, was 284 % (70x50) and 274 % (70x70), and with seed sowing, the profitability was two times lower.*

**Key words:** *Silphium perfoliatum, seeds, seedlings, green forage, cost price, profit, revenue, profitability.*

### **Введение**

Зеленая масса сильфии пронзеннолистной содержит в свободном состоянии 17 аминокислот (цистин, лизин, гистидин, аргинин, глицин, серин, аспарагиновая кислота, глютаминовая кислота, треонин, аланин, пролин, тирозин, метионин, валин, фенилаланин, лейцин, триптофан) [2]. Богата зеленая масса растений и макроэлементами: кальций – 18,1 мг/кг, магний – 4,48 мг/кг, фосфор – 2,55 мг/кг, калий – 24,03 мг/кг, сера – 0,40 мг/кг, натрий – 0,40 мг/кг сухого вещества [2]. П. П. Вавилов утверждал, что растения, скошенные до фазы бутонизации, могут быть пригодны для поедания молодняком КРС и птицы, так как содержат высокое количество белка и витаминов [6]. Зеленая масса сильфии хорошо силосуется благодаря высокому содержанию сахаров (38,6 г/кг зеленой массы или 3,86 % при сахарном минимуме 1,48 %), однако из-за повышенной влажности лучше ее силосовать с кормовыми культурами более низкой влажности, например с кукурузой и сорго [7]. Некоторые авторы отмечают, что использовать зеленую массу сильфии можно до самых заморозков [2, 8]. По литературным данным установлена высокая урожайность зеленой массы за два укоса – до 1000 ц/га [9, 3]. В. А. Емелин отмечает, что сильфию можно использовать и как двуукосную культуру (первый укос – цветение, второй – бутонизация), а также и как одноукосную культуру в фазу цветения, так как именно в эту в фазу, по мнению данного автора и других, урожайность зеленой массы самая высокая [10, 11, 12, 13]. При проведении экономического анализа возделывания сильфии пронзеннолистной М. П. Чупиной получена рентабельность от 52 % до 94 % при посеве в чистом виде [14]. В. А. Емелин получал рентабельность от возделывания культуры до 238 % при внесении 80 т/га навоза, без внесения удобрений он получил рентабельность 139 % [15].

### **Основная часть**

Опыты были заложены в 2015 г. на опытном участке «Тушково» Горецкого района. Посев проводили стратифицированными семенами по норме высева 70 тыс. растений/га и по схемам посадки рассады: 70x30, 70x50 и 70x70. Варианты опыта закладывались в 4-кратной повторности, учетная площадь каждой делянки составляла 10 м<sup>2</sup>. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком суглинке, подстилаемом мореным суглинком с глубины около 1 м, является

типичной для северо-восточного региона Республики Беларусь и пригодной для возделывания многолетних трав.

Расчет экономической эффективности изучаемых агроприемов проводили по методике кафедры организации производства в сельхозпредприятиях УО БГСХА. Для определения экономической эффективности рассчитывали себестоимость, выручку, прибыль и рентабельность. В себестоимость включались все затраты на возделывания культуры. Выручка была получена исходя из стоимости зеленой массы умноженной на ее урожайность. Прибыль рассчитывали путем вычисления, от выручки отнимали себестоимость. Рентабельность определяли делением прибыли на себестоимость и умножали на 100 %.

Способы посева оказывали существенное влияние на экономическую эффективность возделывания культуры (см. табл.1). Наиболее затратными были варианты посева семенами и посадки рассады по схеме 70x30, так как затраты на посадочный материал были больше. Себестоимость вариантов составила в 2016 году 987,1 руб./га и 1066,3 руб./га соответственно. Наименее затратным вариантом посева был вариант по схеме посадки рассады 70x70, себестоимость составила 564,3 руб./га.

Выручка с реализации продукции меньше была у семенного посева – 1851,2 руб./га. Со всех вариантов посадки рассады выручка была выше, чем у семенного посева на 91,1 руб./га (70x70) и на 1192,0 руб./га (70x30). Прибыль у вариантов посадки рассады также была выше от 1378,0 руб./га (70x70) до 1976,9 руб./га (70x30). У семенного же посева прибыль была практически в два раза ниже ко всем вариантам посадки рассады и составила 864,1 руб./га. В результате рентабельность вариантов рассады составила от 185 % при посадке по схеме 70x30 и до 256 % при посадке по схеме 70x50. При посадке рассады 70x70 несмотря на меньшую урожайность по сравнению с другими схемами посадки, но ввиду более низких затрат, рентабельность была выше на 59 % к схеме посадки 70x30 и всего на 12 % ниже чем при посадке по схеме 70x50.

На третий год жизни растений затраты на возделывания культуры не сильно отличались от предыдущего года. Наибольшие они были у семенного посева и при посадке рассады по схеме 70x30 (1004,0 руб./га и 1078,1 руб./га соответственно). Наименьшие затраты были при возделывании по схеме посадки 70x70 (666,6 руб./га). Выручка с реализации продукции была выше у рассадного посева по отношению к семенному посеву на 87,7 руб./га (70x70) и на 1139,5 руб./га (70x30). При расчете прибыли тенденция сохранилась. Так, прибыль, полученная от семенного посева составила 1018,9 руб./га, а при посадке по схеме 70x70 прибыль по сравнению с семенным посевом была выше на 425,1 руб./га. При посадке рассады по схемам 70x30 и 70x50 прибыль получена выше чем у семенного посева в два раза (2084, руб./га и 2016,3 руб./га соответственно). Рентабельность семенного посева составила 101 % (+ 13% к 2016 году). При посадке рассады рентабельность составила от 193 % (+8 % к 2016 году – 70x30) до 263 % (+ 7 % к 2016 году – 70x50). При посадке рассады по схеме 70x70 рентабельность по сравнению с 2016 годом снизилась на 27 % и составила 217 %. Связано это с большими затратами, на 102,3 руб./т больше, чем в 2016 году и небольшим приростом прироста, всего на 66,0 руб./га (таблица).

**Экономическая эффективность возделывания сельфнии пронзеннолистной в зависимости от способа посева**

Вариант	Себестоимость продукции, руб./га					Выручка, руб./га					Прибыль руб./га					Уровень рентабельности, %				
	2016	2017	2018	2019	среднее	2016	2017	2018	2019	среднее	2016	2017	2018	2019	среднее	2016	2017	2018	2019	среднее
семена	987,1	1004,0	1128,6	1107,8	1056,9	1851,2	2022,9	3313,2	3099,3	2571,6	864,1	1018,9	2184,6	1991,5	1514,8	88	101	194	180	141
Варианты посадки рассады																				
70x30	1066,3	1078,1	1096,5	1077,9	1079,7	3043,2	3162,4	3355,2	3162,4	3180,8	1976,9	2084,3	2258,7	2084,5	2479,8	185	193	206	193	194
70x50	759,7	767,4	835,4	818,0	795,1	2703,1	2783,7	3488,5	3306,2	3070,4	1943,4	2016,3	2653,1	2488,2	2275,3	256	263	314	304	284
70x70	564,3	666,6	781,0	767,7	694,9	1942,3	2110,6	3295,6	3158,9	2626,8	1378,0	1444,0	2514,6	2391,2	1932,0	244	217	322	311	274

2018 год был самым продуктивным из изученных. Как и во все предыдущие годы исследований, себестоимость была выше у семенного посева (1128,6 руб./га) и при посадке рассады 70x30 (1096,5 руб./га). Наименьшая себестоимость была у варианта посадки рассады по схеме 70x70 – 781,0 руб./га.

Выручка от реализации продукции была выше у рассадного посева, за исключением схемы посадки рассады 70x70, при выручке 3295, руб./га она была ниже на 17, руб./га по сравнению с семенным посевом. У остальных вариантов посадки рассады выручка составила от 3355,2 руб./га (70x30) до 3488,5 руб./га (70x50).

Прибыль вариантов посадки рассады составила от 2258,7 руб./га (70x30) до 2653,1 руб./га (70x50), что выше по сравнению с прибылью семенного посева минимум на 74,1 руб./га.

Рентабельность составила 194 % (+ 93 % к 2017 году) у семенного посева. У схем посадки рассады рентабельность была выше на 12 % при посадке по схеме 70x30 и на 128 % при посадке по схеме 70x70.

Несмотря на то, что при схеме посадки 70x70 была ниже урожайность, чем у других вариантов посадки рассады, всего на 5,5 т/га к варианту по схеме 70x50 и на 1,7 т/га к варианту по схеме 70x30, но с более низкими затратами, рентабельность была получена высокая.

На пятый год жизни силфвии пронзеннолистной тенденция по себестоимости затрат сохранилась. Наибольшая себестоимость была при посеве семенами и при посадке рассады по схеме 70x30 (1107,8 руб./га и 1077,9 руб./га соответственно). Как и во все исследуемые годы, наименьшая себестоимость была у варианта посадки рассады по схеме 70x70–767,7 руб./га.

По причине снижения урожайности зеленой массы, ввиду погодных условий, снижалась и выручка. Так, по сравнению с 2018 году выручка с семенного посева снизилась на 213,9 руб./га и составила 3099,3 руб./га. Для рассадного посева выручка снижалась от 192,8 руб./га (70x30) до 136,7 руб./га (70x70) и составила от 3158,9 руб./га (70x70) до 3306,2 руб./с га 70x50).

Прибыль в наибольшей степени, по сравнению с предыдущим годом, снизилась у семенного посева – на 193,1 руб./га (1991,5 руб./га). У рассадного посева прибыль составила от 2084,5 руб./га (70x30) до 2488,2 руб./га (70x50). В наибольшей степени у рассадного посева прибыль снизилась у варианта посадки рассады 70x30 – на 174,2 руб./га.

Рентабельность составила 180 % у семенного посева. У вариантов посадки рассады рентабельность варьировала от 193 % (70x30) до 311 % (70x70).

В среднем за годы исследований (2016–2019 гг.) выручка с реализации зеленого корма была выше у рассадного посева, причем в большей мере при посадках по схемам 70x30 и 70x50 – 3180,8 руб./га и 3070,4 руб./га соответственно. У семенного посева она составила всего 2571,6 руб./га. Прибыль была выше при посадке рассады по схемам 70x30 и 70x50 – 2479,8 руб./га и 2275,3 руб./га соответственно с рентабельностью 194 % и 284 %.

У варианта по схеме посадки 70x70 рентабельность составила 274 %. Как видно по данным исследований, вариант по схеме посадки 70x70 с небольшой выручкой, но с более низкой себестоимостью, по экономической эффективности практически достигал уровня самого рентабельного варианта посадки рассады по схеме 70x50.

### **Заключение**

1. Уровень рентабельности возрастал с возрастом жизни растений и ростом урожайности зеленой массы.

2. Наименее рентабельными в среднем за годы исследований были варианты посева семенами по схеме посадки рассады 70x30 – 141 % и 194 % соответственно.

3. Наиболее прибыльными при этом и наименее затратными были варианты посадки рассады 70x50 и 70x70. Себестоимость вариантов в среднем составила 795,1 и 694,9 руб. с га, а прибыль – 2275,3 руб. с га и 1932,0 руб. с га соответственно. Рентабельность этих вариантов была не ниже 274 % в среднем за годы исследований.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Емелин, В. А. Силфвия пронзеннолистная: хозяйственная ценность, биология и технология возделывания / В. А. Емелин. – Витебск: ВГАВМ, 2011. – 36 с.
2. Вавилов, П. П. Новые кормовые культуры / П. П. Вавилов, А. А. Кондратьев. – М.: Россельхозиздат, 1975. – 351 с.
3. Таранов, М. Т. Биохимия кормов / М. Т. Таранов, А. Х. Сабиров. – М.: Агропромиздат, 1987. – 22 с.

4. Шкодина, Е. П. Сравнительная оценка качества зеленой массы традиционных и новых кормовых культур Новгородской области / Е. П. Шкодина // Аграрная наука на современном этапе: состояние, проблемы, перспективы: матер. II Международн. науч.-практ. конф., Вологда, 28 февраля 2019 г. – Вологда, 2019. – С. 307–312.
5. Данилов, К. П. Влияние срока и кратности скашивания на урожайность сивльфии пронзеннолистной / К. П. Данилов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – № 3. – С. 53–55.
6. Седельников, Б. Г. Основные технологические приемы возделывания и использования сивльфии пронзеннолистной на корм в южной лесостепи Омской области: автореф... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Б. Г. Седельников // Омский ГАУ. – Омск, 2003. – 16 с.
7. Емелин, В. А. Морфологические, биологические и хозяйственные особенности сивльфии пронзеннолистной при многолетнем изучении исходного материала / В. А. Емелин. – Витебск: ВГАВМ, 2015. – С. 109–113.
8. Струк, А. М. Механизированная уборка семян сивльфии пронзеннолистной / А. М. Струк // Кормопроизводство. – 2003. – № 7. – С. 24–26.
9. Усенко, А. В. Многоукосное использование травостоя сивльфии пронзеннолистной в южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ...канд. сельхоз. наук: 06.01.01 / А. В. Усенко; Омск. госуд. аграр. ун-т. – Омск, 2011. – 17 с.
10. Савин, А. П. Влияние минеральных удобрений на нектарную, кормовую и семенную продуктивность сивльфии пронзеннолистной / А. П. Савин, Н. А. Гудимова // Современные проблемы пчеловодства и апитерапии: монограф. / ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства». – Рыбное, 2019. – С. 187–191.
11. Чупина, М. П. Экономико-энергетическая оценка влияния покровных культур на продуктивность сивльфии пронзеннолистной в Западной Сибири / М. П. Чупина, А. Ф. Степанов // Омский научный вестник. – Омск, 2015. – С. 190–192.
12. Емелин, В. А. Приемы возделывания сивльфии пронзеннолистной в условиях Западно-Казахстанской области при орошении: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09. / В. А. Емелин; Западно-Казахстанский государственный университет – Кинель, 2000. – 23 с.



## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ АЗОТОВИТ И ФОСФАТОВИТ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ СУРЕПИЦЫ НА СЕМЕНА

А. С. МАСТЕРОВ, Д. И. РОМАНЦЕВИЧ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: doktormaster@mail.ru

(Поступила в редакцию 28.01.2021)

*Исследования в области микробиологии и биотехнологии ведут к разработке биопрепаратов, позволяющих на уровне химических средств повышать урожайность сельскохозяйственных культур. Микробиологические биопрепараты отличаются высокой эффективностью при правильном применении, совместимостью биологических препаратов с агрохимикатами, отсутствием негативного влияния на растения при обработке, снижении стресса у растений, отсутствием отрицательного влияния на качество сельскохозяйственной продукции, высокой экологичностью. Основное преимущество биологизации в том, что она предусматривает комплексный подход к факторам, определяющим почвенное плодородие и полную реализацию генетического потенциала растений – насыщение почвенной биоты полезными микроорганизмами, снижение фитопатогенной нагрузки и повышение почвенного плодородия. В статье приведены результаты исследований по влиянию обработки семян и некорневого внесения биологических препаратов на урожайность семян и экономическую эффективность возделывания озимой сурепицы на семена в условиях северо-восточной зоны Республики Беларусь.*

*Азотовит и Фосфатовит – новые органоминеральные микробиологические удобрения, обеспечивающие растения основными элементами минерального питания (NPK). Успешно применяются крупными агрохолдингами, сельхозпредприятиями и фермерскими хозяйствами России, Казахстана, Германии, Австрии, Швейцарии, Франции и Голландии, используя как на открытом грунте, так и в теплицах.*

*На основании проведенных исследований, можно рекомендовать применение биологических препаратов при возделывании озимой сурепицы на семена. Обработка семян озимой сурепицы перед посевом Азотовитом и Фосфатовитом в дозе по 1 л/т совместно с внесением Азотовита в дозе 0,5 л/га в фазе начала бутонизации позволяет получить достоверную прибавку урожайности семян в 1,4 ц/га с рентабельностью производства в 49 %.*

**Ключевые слова:** озимая сурепица, биологические препараты, Азотовит, Фосфатовит, урожайность, экономическая эффективность.

*Research in the field of microbiology and biotechnology leads to the development of biological products that allow increasing the yield of agricultural crops at the level of chemical agents. Microbiological properties of biopreparations are distinguished by high efficiency when used correctly, by the compatibility of biological products with agrochemicals, by the absence of negative impact on plants during cultivation, by reduced stress in plants, no negative impact on the quality of agricultural products, high environmental friendliness. The main advantage of biologization is that it provides an integrated approach to the factors that determine soil fertility and the full realization of the genetic potential of plants – saturation of soil biota with beneficial microorganisms, a decrease in phytopathogenic load and an increase in soil fertility. The article presents results of studies on the effect of seed treatment and foliar application of biological preparations on seed yield and economic efficiency of growing winter cress for seeds in the north-eastern zone of the Republic of Belarus.*

*Azotovit and Phosphatovit are new organic-mineral microbiological fertilizers that provide plants with the basic elements of mineral nutrition (NPK). They are successfully used by large agricultural holdings, agricultural enterprises and farms in Russia, Kazakhstan, Germany, Austria, Switzerland, France and the Netherlands, both outdoors and in greenhouses.*

*Based on the studies carried out, it is possible to recommend the use of biological preparations in the cultivation of winter cress for seeds. Treatment of winter cress seeds before sowing with Azotovit and Phosphatovit at a dose of 1 l / t together with the introduction of Azotovit at a dose of 0.5 l / ha in the budding phase allows obtaining a reliable increase in seed yield of 0.14 t / ha with a production profitability of 49 %.*

**Key words:** winter cress, biological preparations, Azotovit, Phosphatovit, productivity, economic efficiency.

### Введение

В современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур все большую популярность приобретают экологически безопасные агенты, поскольку внесение высоких доз минеральных удобрений и химических средств защиты растений без достаточного научного обоснования и с нарушением технологии применения может повлечь за собой довольно опасные экологические следствия.

Уже сегодня производители имеют на вооружении ряд современных эффективных препаратов, которые прекрасно зарекомендовали себя в растениеводстве. С целью удешевления технологий возделывания сельскохозяйственных культур и поддержки экологического состояния окружающей среды, разработаны альтернативные пути улучшения азотного и фосфорного питания растений, в частности, предпосевная бактериализация семян отобранными штаммами азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих бактерий.

Применение биопрепаратов ассоциативного действия дает возможность совершить частичную замену минеральных удобрений или снизить дозу их применения, повысив коэффициент их использования растениями [1, 6].

## Основная часть

Исследования проводились в 2016–2019 годах в учебно-опытном севообороте кафедры земледелия УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА», расположенного в Могилевской области Республики Беларусь. Схема опыта включала следующие варианты: 1)  $N_{20}P_{40}K_{60} + N_{70}$  – фон; 2) фон + Азотовит – обработка семян (2,0 л/т); 3) фон + Фосфатовит – обработка семян (2,0 л/т); 4) фон + Азотовит + Фосфатовит – обработка семян (по 1,0 л/т); 5) фон + Азотовит в фазе начала бутонизации (1,0 л/га); 6) фон + Фосфатовит в фазе начала бутонизации (1,0 л/га); 7) фон + Азотовит + Фосфатовит в фазе начала бутонизации (по 0,5 л/га); 8) фон + Азотовит + Фосфатовит – обработка семян (по 1,0 л/т) + Азотовит в фазе начала бутонизации (0,5 л/га); 9) фон + Азотовит + Фосфатовит – обработка семян (по 1,0 л/т) + Фосфатовит в фазе начала бутонизации (0,5 л/га); 10) фон + Азотовит + Фосфатовит – обработка семян (по 1,0 л/т) + Азотовит + Фосфатовит в фазе начала бутонизации (по 0,5 л/га).

Азотовит и Фосфатовит – новые органоминеральные микробиологические удобрения, обеспечивающие растения основными элементами минерального питания (НРК). Успешно применяются крупными агрохолдингами, сельхозпредприятиями и фермерскими хозяйствами России, Казахстана, Германии, Австрии, Швейцарии, Франции и Голландии, используя как на открытом грунте, так и в теплицах. Один комплект удобрений Азотовит и Фосфатовит при совместном применении позволяет существенно сократить или полностью исключить использование химических препаратов. Азотовит и Фосфатовит имеют жидкую форму. Рекомендуется совместное применение Азотовита с удобрением Фосфатовит.

Азотовит содержит в себе род бактерий *Azotobacter chroococcum*, число жизнеспособных клеток штамма В-9029 не менее 5 млрд/см<sup>3</sup> + комплекс метаболитов растений (полезная почвенная микрофлора). Класс опасности: 4 (малоопасный продукт) – нетоксичен, непатогенен, пожаровзрывобезопасен.

Фосфатовит содержит в себе род бактерий *Bacillus mucilaginosus*, число жизнеспособных клеток штамма В-8966 не менее 120 млн/см<sup>3</sup> + комплекс метаболитов растений (полезная почвенная микрофлора). Класс опасности: 4 (малоопасный продукт) нетоксичен, непатогенен. Пожаровзрывобезопасен [4].

Исследования проводились с озимой сурепицей сорта Вероника. Общая площадь делянки 36 м<sup>2</sup>, учетная 24,7 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная [2]. В опытах применялись удобрения: мочевины (46 % N), аммонизированный суперфосфат (33 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 8 % N), хлористый калий (60 % K<sub>2</sub>O). Посев озимой сурепицы был произведен 2 сентября в 2016 году, 3 сентября в 2017 году и 8 сентября в 2018 году сеялкой СПУ-6.

Норма высева семян озимой сурепицы 1,5 млн шт/га. Предшественником озимой сурепицы был люпин на зеленое удобрение. Учет урожайности семян сплошной поделяночный в 2017 году комбайном Сампо-2010, в 2018 году и 2019 году – комбайном селекционным малогабаритным Wintersteiger. Агротехника возделывания общепринятая для Беларуси [5]. Защита растений озимой сурепицы включала внесение гербицида Пронит (2,0 л/га) против сорных растений и обработку против вредителей инсектицидом Рекс-Флор (0,1 кг/га).

В целом методика закладки опытов, проведения наблюдений и анализов общепринятая в исследовательской работе [2, 3].

Достоверной зависимости полевой всхожести озимой сурепицы от обработки семян Азотовитом не установлено. При обработке семян озимой сурепицы перед посевом Фосфатовитом в дозе 2,0 л/т количество взошедших растений увеличилось на 20–29 шт., а полевая всхожесть соответственно на 13–20 %. Совместная обработка семян Азотовитом и Фосфатовитом со снижением нормы расхода до 1,0 л/т по каждому препарату позволила увеличить полевую всхожесть – до 90 %. Причем, совместное применение двух препаратов за счет усиления действия позволяет снизить дозу их применения.

Обработка семян сурепицы Азотовитом влияния не перезимовку растений не оказала. Достоверно выше перезимовка растений отмечена при применении Фосфатовита в дозе 2,0 л/т и при совместном использовании для обработки семян Азотовита (1,0 л/т) и Фосфатовита (1,0 л/т).

Максимальная биологическая урожайность семян озимой сурепицы в 2017 году получена в варианте с  $N_{20}P_{40}K_{60} + N_{70}$  + Азотовит (ос) + Фосфатовит (ос) + Азотовит (нб) + Фосфатовит (нб) – 180,3 г/м<sup>2</sup>, в 2018 году – 191,5 г/м<sup>2</sup> (табл. 1).

Таблица 1. Влияние микробиологических препаратов на биологическую урожайность семян озимой сурепицы

Вариант опыта	Урожайность, г/м <sup>2</sup>				± к фону, г/м <sup>2</sup>
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее	
1. N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>70</sub> – фон	154,2	176,1	195,0	175,1	–
2. Фон + Азотовит (ос*)	165,1	179,3	211,2	185,2	+10,1
3. Фон + Фосфатовит (ос)	160,4	171,2	190,3	173,9	-1,2
4. Фон + Азотовит (ос) + Фосфатовит (ос)	160,9	182,9	212,0	185,3	+10,2
5. Фон + Азотовит (нб**)	164,4	179,1	190,1	177,9	+2,8
6. Фон + Фосфатовит (нб)	163,3	174,1	185,9	174,4	-0,7
7. Фон + Азотовит (нб) + Фосфатовит (нб)	169,7	185,6	190,5	181,9	+6,8
8. Фон + Азотовит (ос) + Фосфатовит (ос) + Азотовит (нб)	173,2	184,8	209,5	189,2	+14,1
9. Фон + Азотовит (ос) + Фосфатовит (ос) + Фосфатовит (нб)	168,6	184,5	206,1	186,4	+11,3
10. Фон + Азотовит (ос) + Фосфатовит (ос) + Азотовит (нб) + Фосфатовит (нб)	180,3	191,5	209,8	193,9	+18,8

\*обработка семян, \*\*обработка в начале бутонизации.

В 2019 году максимальная биологическая урожайность семян озимой сурепицы была в варианте с совместной обработкой семян Азотовитом и Фосфатовитом – 212,0 г/м<sup>2</sup>.

В 2018 году максимальная урожайность семян озимой сурепицы 18,0 ц/га получена в варианте опыта с внесением минеральных удобрений в дозе N<sub>20</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> + N<sub>70</sub> + обработка семян перед посевом Азотовитом (1,0 л/т) и Фосфатовитом (1,0 л/т) + обработка растений в начале бутонизации Азотовитом (0,5 л/га) и Фосфатовитом (0,5 л/га). Этот же вариант показал максимальную урожайность и в 2017 году – 17,0 ц/га. Все остальные варианты опыта с обработкой семян и некорневым внесением Азотовита и Фосфатовита в 2017 году не отличались по урожайности семян от фонового варианта (прибавка находилась в пределах НСР) (табл. 2).

Таблица 2. Влияние микробиологических препаратов на хозяйственную урожайность семян озимой сурепицы

Вариант опыта	Урожайность, ц/га				Прибавка к фону, ц/га
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее	
1. N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>70</sub> – фон	14,9	16,2	18,5	16,5	–
2. Фон + Азотовит (ос*)	15,0	16,5	20,2	17,2	0,7
3. Фон + Фосфатовит (ос)	14,8	16,0	18,6	16,5	0,0
4. Фон + Азотовит (ос) + Фосфатовит (ос)	15,2	17,3	20,0	17,5	1,0
5. Фон + Азотовит (нб**)	15,0	16,5	18,6	16,7	0,2
6. Фон + Фосфатовит (нб)	14,9	16,0	18,5	16,5	0,0
7. Фон + Азотовит (нб) + Фосфатовит (нб)	15,9	16,5	18,7	17,0	0,5
8. Фон + Азотовит (ос) + Фосфатовит (ос) + Азотовит (нб)	16,2	17,5	20,1	17,9	1,4
9. Фон + Азотовит (ос) + Фосфатовит (ос) + Фосфатовит (нб)	15,5	17,3	20,2	17,7	1,2
10. Фон + Азотовит (ос) + Фосфатовит (ос) + Азотовит (нб) + Фосфатовит (нб)	17,0	18,0	19,7	18,2	1,7
НСР <sub>05</sub>	1,51	1,10	1,11		

В 2018 году на 1,3 ц/га выше урожайность семян по сравнению с фоном (N<sub>20</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> + N<sub>70</sub>) была в варианте с дополнительной обработкой семян озимой сурепицы перед посевом Азотовитом и Фосфатовитом по 1,0 л/т + обработка растений в начале бутонизации Азотовитом в дозе 0,5 л/га.

В 2019 году на одном уровне хозяйственная урожайность семян озимой сурепицы была получена в вариантах с обработкой семян Азотовитом. Так, при обработке семян только Азотовитом урожайность семян была на уровне 20,2 ц/га. Добавление к Азотовиту препарата Фосфатовит не привело к изменению урожайности семян. Неэффективными оказались обработки растений сурепицы в начале фазы бутонизации Азотовитом и Фосфатовитом.

В среднем за три года исследований достоверная прибавка урожайности получена в вариантах, где на фоне минеральных удобрений N<sub>20</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> + N<sub>70</sub> проводилась обработка семян перед посевом Азотовитом (1,0 л/т) и Фосфатовитом (1,0 л/т), а также при совместной обработке семян и некорневым внесением Азотовита и Фосфатовита. Причем, прибавка урожайности семян в этих вариантах получена за счет применения Азотовита.

Все варианты опыта показали значительный экономический эффект. Так, прибыль в вариантах опытов колебалась от 111,0€ до 149,8€ на 1 га посева озимой сурепицы. Наибольшая прибыль получена в вариантах с обработкой семян Азотовитом, совместной обработкой семян Азотовитом и Фосфатовитом, а также с обработкой семян Азотовитом и Фосфатовитом с добавлением в фазу начала бутонизации Азотовита.

Рентабельность производства также была высокой. Так, на озимой сурепице она доходила до 52 %.

Таким образом, наиболее экономически выгодными вариантами на озимой сурепице была обработкой семян Азотовитом на фоне  $N_{20}P_{40}K_{60} + N_{70}$  (прибыль – 142,9€, рентабельность – 50 %), обработка семян Азотовитом и Фосфатовитом на фоне  $N_{20}P_{40}K_{60} + N_{70}$  (прибыль – 149,8€, рентабельность – 52 %) и вариант с обработкой семян Азотовитом и Фосфатовитом + некорневое внесение Азотовита в фазу начала бутонизации на фоне  $N_{20}P_{40}K_{60} + N_{70} +$  (прибыль – 146,2€, рентабельность – 49 %).

Таблица 3. Экономическая эффективность возделывания озимой сурепицы

Показатели	Вариант опыта									
	1. $N_{20}P_{40}K_{60} + N_{70}$ – фон	2. Фон + Азотовит (ос)	3. Фон + Фосфатовит (ос)	4. Фон + Азотовит (ос) + Фосфатовит (ос)	5. Фон + Азотовит (нб)	6. Фон + Фосфатовит (нб)	7. Фон + Азотовит (нб) + Фосфатовит (нб)	8. Фон + Азотовит (ос) + Фосфатовит (ос) + Азотовит (нб)	9. Фон + Азотовит (ос) + Фосфатовит (ос) + Фосфатовит (нб)	10. Фон + Азотовит (ос) + Фосфатовит (ос) + Азотовит (нб) + Фосфатовит (нб)
Урожайность, ц/га	16,5	17,2	16,5	17,5	16,7	16,5	17,0	17,9	17,7	18,2
Стоимость продукции, €	412,5	430,0	412,5	437,5	417,5	412,5	425,0	447,5	442,5	455,0
Всего затрат, €	285,7	287,1	285,8	287,7	298,9	299,5	314,0	301,3	301,9	316,4
Прибыль, €	126,8	142,9	126,7	149,8	118,6	113,0	111,0	146,2	140,6	138,6
Себестоимость 1 ц семян, €	17,3	16,7	17,3	16,4	17,9	18,2	18,5	16,8	17,1	17,4
Рентабельность, %	44	50	44	52	40	38	35	49	47	44

Применение Азотовита и Фосфатовита в фазу бутонизации как отдельно, так и совместно привело к снижению рентабельности производства по сравнению с фоновым вариантом.

### Заключение

На основании проведенных исследований можно рекомендовать применение биологических препаратов при возделывании озимой сурепицы на семена. Обработка семян озимой сурепицы перед посевом Азотовитом и Фосфатовитом в дозе по 1 л/т совместно с внесением Азотовита в дозе 0,5 л/га в фазе начала бутонизации позволяет получить достоверную прибавку урожайности семян в 1,4 ц/га с рентабельностью производства в 49 %.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Вся правда об эффективности использования микробиологических препаратов для повышения урожайности [Электронный ресурс]. Портал агробизнеса. – Режим доступа: <https://agrostory.com/info-centre/knowledge-lab/the-whole-truth-about-the-efficiency-of-microbio-logical-preparations-to-increase-yield/>. – Дата доступа: 10.11.2019.
2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – изд. 5-е, перераб. и доп. – Москва: Колос, 1985. – 416 с.
3. Земледелие: практикум: учебное пособие / А. С. Мастеров [и др.]; под ред. А. С. Мастерова. – Минск: ивц минфина, 2019. – 300 с.
4. Микробиологические препараты Азотовит и Фосфатовит: описание и применение. [Электронный ресурс]. АППЯПМ. – Режим доступа: <http://asprus.ru/blog/mikrobiologicheskie-udobreniya-azotovit-i-fosfatovit-opisanie-i-primenenie/>. – Дата доступа: 10.01.2020.
5. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разработ: Ф. И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – 2-е изд. испр. и доп. – Минск: Беларус. навука, 2013. – 476 с.
6. Романцевич, Д. И. Экономическая эффективность применения Азотовита и Фосфатовита на озимой сурепице и редьке масличной / Д. И. Романцевич, А. С. Мастеров, Т. Н. Лисенкова, А. С. Журавский / Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: сб. ст. по материалам XIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию кафедры растениеводства (Горки, 30–31 января 2019 г.). – Горки: БГСХА, 2019. – С. 233–236.

**БАЛАНС АЗОТА В ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СВЯЗИ С АЗОТНЫМИ ПОДКОРМКАМИ И СОДЕРЖАНИЕМ В ПОЧВЕ ГУМУСА****В. Б. ВОРОБЬЕВ, В. В. КОЗЛОВА***УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407**(Поступила в редакцию 29.01.2021)*

*В исследованиях, проведенных методом микроплощадок в производственных посевах озимой пшеницы учебно-опытного хозяйства УО БГСХА на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве установлено, что баланс азота в почве зависит не только от дозы азотного удобрения, но и от ее гумусированности. В зависимости от вариантов опыта содержание азота в зерне находилось в пределах от 1,75 до 2,07; в соломе – от 0,32 до 0,48 % от массы сухого вещества. Оно практически не зависело от содержания в почве гумуса и определялось в первую очередь дозой азотного удобрения и величиной урожайности. Предложены уравнения полиномиальных линий тренда, характеризующие изменение урожайности зерна озимой пшеницы в зависимости от содержания в почве гумуса при разных дозах азотного питания, показана трендовая модель интенсивности хозяйственного баланса азота. При всех уровнях азотного питания наиболее высокий хозяйственный вынос азота отмечен на делянках с содержанием гумуса около 2,00 %. На всех уровнях гумусированности почвы хозяйственный баланс азота на делянках без применения азотных удобрений был отрицательным. Ранневесенняя азотная подкормка в дозе  $N_{90}$  обеспечила отрицательное значение данного показателя в интервале гумусированности почвы от 1,10 до 3,10 %. В варианте с применением второй азотной подкормки при содержании в почве гумуса от 1,40 до 2,60 %, третьей – 1,80–2,20 %.*

*В вариантах опыта без азотных подкормок и с дозами азота  $N_{90}$ ,  $N_{90+30}$ ,  $N_{90+30+30}$  наименьшая интенсивность хозяйственного баланса азота (соответственно 40,56; 102,5; 108,1; 114,6 %) была получена при гумусированности почвы от 2,00–2,20 %.*

**Ключевые слова:** *Озимая пшеница, азотные подкормки, урожайность зерна, содержание гумуса, баланс азота.*

*In studies carried out by the method of micro-plots in production crops of winter wheat at the educational and experimental farm of Belarusian State Agricultural Academy on sod-podzolic light loamy soil, it was found that nitrogen balance in the soil depends not only on the dose of nitrogen fertilizer, but also on its humus content. Depending on the variants of the experiment, the nitrogen content in the grain ranged from 1.75 to 2.07; in straw – from 0.32 to 0.48 % of dry matter mass. It practically did not depend on the content of humus in the soil and was determined primarily by the dose of nitrogen fertilization and the value of the yield. Equations of polynomial lines of trend are proposed that characterize the change in grain yield of winter wheat depending on the content of humus in the soil at different doses of nitrogen nutrition; a trend model of the intensity of economic balance of nitrogen is shown. At all levels of nitrogen nutrition, the highest economic nitrogen removal was noted on plots with a humus content of about 2.00 %. At all levels of soil humus content, the economic balance of nitrogen on plots without the use of nitrogen fertilizers was negative. Early spring nitrogen fertilization at a dose of  $N_{90}$  provided a negative value of this indicator in the range of soil humus content from 1.10 to 3.10 %. In the variant with the second nitrogen fertilization, the content of humus in the soil ranged from 1.40 to 2.60 %, the third – 1.80–2.20 %.*

*In the variants of the experiment without additional nitrogen fertilization and with doses of nitrogen of  $N_{90}$ ,  $N_{90+30}$ ,  $N_{90+30+30}$ , the lowest intensity of economic balance of nitrogen (respectively 40.56; 102.5; 108.1; 114.6 %) was obtained with the soil humus content of 2.00–2.20 %.*

**Key words:** *winter wheat, nitrogen fertilization, grain yield, humus content, nitrogen balance.*

**Введение**

Озимая пшеница одна из культур, которая требовательна к азотному питанию. Недостаток азота особенно на ранних стадиях критичен для урожая, а избыток – вреден. Поэтому создание оптимальных условий питания в течение вегетации имеет важное значение для обеспечения высокой продуктивности сельскохозяйственных культур. Если дозы и сроки внесения азотного удобрения подобраны правильно, то азот внесенный с минеральными удобрениями хорошо усваивается растениями. В итоге растения формируют высокий урожай с хорошим качеством и большую массу растительных остатков [5].

В литературе накоплено большое количество данных о формировании баланса азота под разными культурами [1, 3, 4]. Вместе с тем очень мало информации, говорящей о том, как содержание в почве гумуса влияет на его приходную и расходную статьи. Азот используется растениями не только из удобрений, но и из почвы. Его основные запасы сосредоточены в органическом веществе. Соответственно, чем больше в почве содержится гумуса, тем больше азота используется из почвы, что в конечном итоге оказывает существенное влияние на баланс этого элемента. Именно поэтому целью наших исследований было изучить, как различные дозы азотного удобрения в посевах озимой пшеницы влияют на баланс азота в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с различным содержанием гумуса.

Баланс азота мы рассчитывали путем сопоставления количества данного элемента, поступившего в почву, с его расходом на создание урожая и непроизводительными потерями. При этом его значение выражали как в абсолютных величинах, так и отношением прихода азота к его расходу, выраженном в

процентах. При расчетах приходной статьи учитывали поступление азота с минеральными удобрениями, поступление симбиотического азота, приход с осадками и семенами. Расходная статья включала в себя вынос азота с урожаем основной и побочной продукции, его потери за счет вымывания и денитрификации и выноса с сорняками [6].

#### Основная часть

Исследования проводились в 2012, 2015 и 2016 гг. методом микроплощадок [2] в производственных посевах озимой пшеницы учебно-опытного хозяйства УО БГСХА.

Для этого были подобраны два поля с выровненным рельефом и автоморфными условиями увлажнения, расположенные на почве одного генезиса и имеющие одинаковую историю. Почва опыта дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на лессе.

Ежегодно на одном из подобранных полей с существенным различием в содержании гумуса выделялся массив опытного участка протяженностью около 1 км и шириной 60 м, на котором на фоне  $P_{60}K_{120}$ , внесенных в основную заправку изучались 3 варианта азотных подкормок:  $N_{90}$ ,  $N_{90+30}$  и  $N_{90+30+30}$ .

Первая подкормка проводилась в начале весенней вегетации растений, вторая и третья – в фазу конец кущения – начало выхода в трубку и в фазу флагового листа. Контролем служил вариант без азотных подкормок.

Объект исследования – озимая пшеница сорта Богатка. Предшественником являлся озимый рапс.

Норма высева озимой пшеницы – 5 млн всхожих семян на гектар.

Уход за посевами включал: обработку гербицидом «Марафон» и обработку фунгицидом «Рекс Дуо». В основную заправку под озимую пшеницу было внесено 2,4 ц/га аммонизированного суперфосфата и 2 ц/га хлористого калия.

На каждом варианте азотного удобрения было выделено по 36 учетных площадок размером 0,52 м<sup>2</sup>, с которых учитывали урожайность зерна и соломы, отбирались образцы почвы для анализа их гумусового состояния и агрохимических свойств.

Результаты исследований подвергнуты корреляционному анализу. Метеорологические условия в годы проведения исследований существенно различались между собой. В совокупности они оказали влияние на динамику формирования урожая и его конечную величину. Однако в целом агрометеорологические условия в годы закладки и проведения опытов можно охарактеризовать как благоприятные для роста и развития зерновых культур.

На основании результатов трех лет исследований были рассчитаны уравнения полиномиальных линий тренда изменения урожайности зерна озимой пшеницы, возделываемой на почве с различным содержанием гумуса при разных дозах азотного удобрения (табл. 1). Для этого в совокупности было использовано около 450 пар сравнения. При этом степень соответствия трендовой модели исходным данным характеризовалась коэффициентами аппроксимации ( $R^2$ ), находящимися в пределах от 0,62 до 0,63. Это говорит о том, что от 62 до 63 % всех изменений урожайности зерна озимой пшеницы были обусловлены изменением содержания в почве гумуса.

Таблица 1. Уравнения полиномиальных линий тренда изменения урожайности зерна озимой пшеницы (Y, ц/га) в зависимости от содержания в почве гумуса (X, %) при разных дозах азотного питания

Азотные подкормки, кг д.в./га	Уравнения полиномиальных линий тренда	Коэффициент аппроксимации, $R^2$	Интервал содержания в почве гумуса, %
Без подкормок	$Y = -12,604X^2 + 52,583X - 14,601$	0,62	1,0–3,0
$N_{90}$	$Y = -12,813X^2 + 52,795X - 5,5733$	0,63	1,0–3,2
$N_{90+30}$	$Y = -13,252 X^2 + 53,33X + 2,1084$	0,63	1,0–3,0
$N_{90+30+30}$	$Y = -11,685X^2 + 45,95X + 13,183$	0,63	1,0–3,4

Обобщение трехлетних данных, объединенных в один массив, показывает, что самая низкая урожайность была получена в вариантах без азотного удобрения и составила 25,4 ц/га (при содержании гумуса приблизительно около 1,0 %) (рис. 1). Оптимальное содержание гумуса, при котором была максимальная урожайность от 39,2 до 40,1 ц/га в данном варианте – 1,80–2,20 %.

Самая высокая урожайность была получена при внесении азота в дозе 110 и 150 кг/га д. в. и составила 55,8 и 57,3 ц/га д. в. при уровне гумусированности 2,00 %.

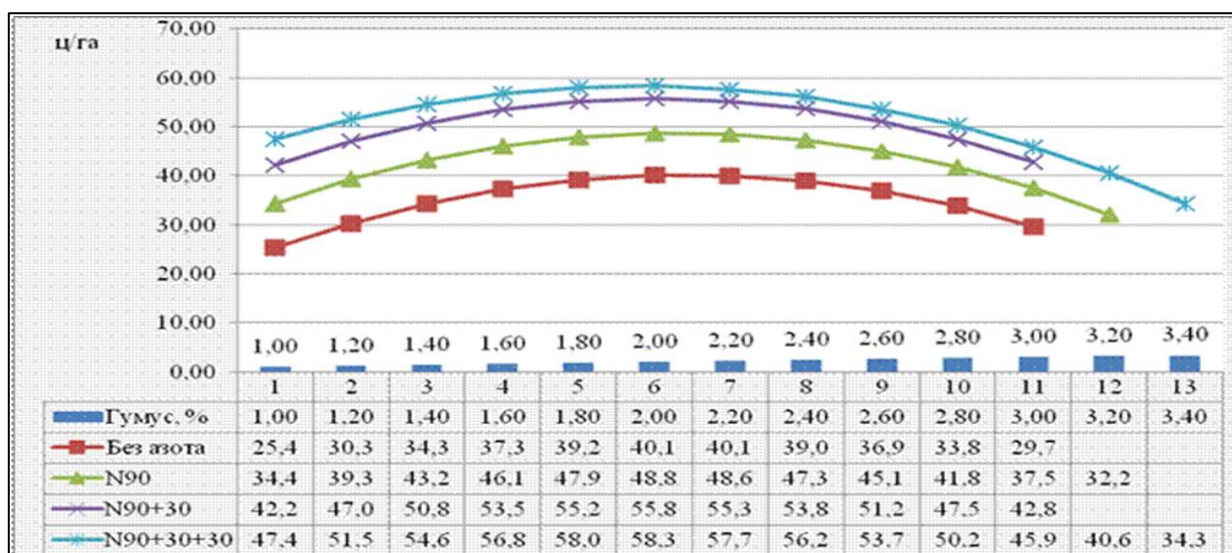


Рис. 1. Трендовая модель изменения урожайности зерна (ц/га) озимой пшеницы в зависимости от доз азотного удобрения и содержания в почве гумуса (%).

В наших исследованиях содержание азота в зерне составило в среднем от 1,75 до 2,07; в соломе – от 0,32 до 0,48 % от массы сухого вещества (табл. 2). Оно практически не зависело от содержания в почве гумуса и определялось в первую очередь дозой азотного удобрения. Соответственно вынос азота с урожаем озимой пшеницы определялся в большей степени урожайностью зерна и соломы и несколько меньшей – содержанием азота в продукции.

Таблица 2. Содержание азота в зерне и соломе озимой пшеницы при разных дозах азотных подкормок и статистические характеристики его количественной изменчивости

Азотные подкормки, кг д.в./га	Годы								В среднем N в зерне, % от массы сухого вещества
	2012				2015				
	N в зерне, % от массы сухого вещества	Статистические характеристики			N в зерне, % от массы сухого вещества	Статистические характеристики			
S <sup>2</sup>		V, %	S <sub>x</sub> , %	S <sup>2</sup>		V, %	S <sub>x</sub> , %		
Без подкормок	1,67±0,0669	0,0398	11,96	1,99	1,83±0,067	0,0411	11,07	1,84	1,75
N <sub>90</sub>	1,68±0,0443	0,0175	7,87	1,31	2,06±0,068	0,0417	9,93	1,65	1,87
N <sub>90+30</sub>	1,73±0,0584	0,0304	10,08	1,68	2,17±0,079	0,0564	10,94	1,83	1,95
N <sub>90+30+30</sub>	1,96±0,0848	0,0641	13,12	2,18	2,18±0,061	0,0327	7,94	0,94	2,07
Азотные подкормки, кг д.в./га	2012				2015				В среднем N в соломе, % от массы сухого вещества
	N в соломе, % от массы сухого вещества	Статистические характеристики			N в соломе, % от массы сухого вещества	Статистические характеристики			
		S <sup>2</sup>	V, %	S <sub>x</sub> , %		S <sup>2</sup>	V, %	S <sub>x</sub> , %	
Без подкормок	0,21±0,0274	0,0067	38,93	6,48	0,43±0,033	0,0098	23,12	3,85	0,32
N <sub>90</sub>	0,28±0,0309	0,0085	32,91	5,48	0,49±0,039	0,0138	24,06	4,01	0,38
N <sub>90+30</sub>	0,28±0,0374	0,0125	39,86	6,64	0,53±0,043	0,0161	23,95	3,99	0,41
N <sub>90+30+30</sub>	0,37±0,0360	0,0115	29,05	4,84	0,59±0,043	0,0165	21,75	3,63	0,48

Во всех вариантах опыта наиболее высокий хозяйственный вынос азота с урожаем (зерно+солома) был отмечен на делянках с содержанием гумуса около 2,00 % (табл. 3). В контрольных вариантах значение данного показателя было равно 99,6 кг/га. При ранневесенней азотной подкормке – 127,2 кг/га. При подкормке в фазу конец кушения – начало выхода в трубку – 148,4 кг/га, на фоне трех азотных подкормок – 166,1 кг/га. Увеличение гумусированности почвы до 3,00 % привело к снижению хозяйственного выноса азота с урожаем. Хозяйственный баланс азота в варианте без применения азотных подкормок был отрицательным (дефицитным). При минимальном содержании в почве гумуса 1,00 % значение данного показателя составило -57,1 кг/га. При содержании гумуса в почве 2,00–2,20 % хозяйственный баланс составил -86,6 кг/га. Увеличение содержания в почве гумуса от 1,00 до 2,00 % сопровождалось снижением данного показателя на 2,9 кг/га на каждые 0,10 % гумуса. Ранневесенняя азотная подкормка в дозе N<sub>90</sub> обеспечила положительный хозяйственный баланс (8,69 и 10,0 кг/га) лишь при гумусированности почвы 1,00 и 3,20 %. При содержании в почве гумуса от 1,20 до 3,00 % данный показатель был отрицательным.



В варианте с применением второй азотной подкормки хозяйственный баланс азота был положительным (18,9, 6,04, 3,83, 13,6 кг д.в./га) при содержании в почве гумуса 1,00, 1,20, 3,00, 3,20 % соответственно. В интервале гумусированности от 1,40 до 2,6 % данный показатель был отрицательным.

Третья азотная подкормка обеспечила положительный хозяйственный баланс почти на всех уровнях гумусированности почвы, лишь только при содержании в почве гумуса от 1,80–2,20 % данный показатель был меньше нуля.

По мере увеличения содержания в почве гумуса до оптимального значения интенсивность хозяйственного баланса азота снижалась. Во всех вариантах опыта наименьший показатель был получен при гумусированности почвы от 2,00–2,20 %, при таком содержании гумуса значение данного показателя составило 40,56; 102,5; 108,1; 114,6 % соответственно для вариантов опыта без азотных подкормок и с дозами азота N<sub>90</sub>, N<sub>90+30</sub>, N<sub>90+30+30</sub>.

Таблица 3. Трендовая модель интенсивности хозяйственного баланса азота в зависимости от доз азотного удобрения и содержания гумуса в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Показатели	Азотные подкормки	Содержание гумуса, %												
		1,0	1,20	1,40	1,60	1,80	2,0	2,20	2,40	2,60	2,80	3,0	3,20	3,40
Хозяйственный вынос азота	Без подкормок	70,1	80,1	88,2	94,1	97,9	99,6	99,6	97,6	93,7	88,0	80,5		
	N <sub>90</sub>	94,3	106,0	115,0	121,5	125,4	127,2	126,6	123,7	119,0	112,1	103,5	93,0	
	N <sub>90+30</sub>	114,1	127,0	136,7	143,4	147,3	148,4	147,0	143,2	137,2	129,2	119,4		
	N <sub>90+30+30</sub>	139,1	149,1	156,8	162,3	165,2	166,1	164,6	160,9	154,8	146,2	135,6	122,6	107,2
Хозяйственный баланс азота	Без подкормок	-57,1	-67,1	-75,2	-81,1	-84,9	-86,6	-86,6	-84,6	-80,7	-75,0	-67,5		
	N <sub>90</sub>	8,69	-2,98	-12,0	-18,5	-22,4	-24,2	-23,6	-20,7	-16,0	-9,14	-0,49	100	
	N <sub>90+30</sub>	18,9	6,04	-3,71	-10,4	-14,3	-15,4	-14,0	-10,2	-4,24	3,83	13,6		
	N <sub>90+30+30</sub>	23,9	13,9	6,19	0,72	-2,24	-3,06	-1,57	2,11	8,24	16,8	27,4	40,4	55,8
Интенсивность хозяйственного баланса азота	Без подкормок	57,59	50,42	45,81	42,92	41,28	40,56	40,56	41,41	43,13	45,94	50,17		
	N <sub>90</sub>	138,3	123,0	113,4	107,4	104,0	102,5	103,0	105,4	109,6	116,3	126,0	140,1	
	N <sub>90+30</sub>	140,6	126,3	117,3	111,8	108,9	108,1	109,2	112,0	116,8	124,2	134,4		
	N <sub>90+30+30</sub>	136,9	127,6	121,4	117,3	115,2	114,6	115,7	118,3	123,0	130,2	140,4	155,3	177,7

### Заключение

1. Содержание азота в зерне и соломе озимой пшеницы возрастало по мере увеличения дозы азотного удобрения и не зависело от гумусированности почвы.

2. Вынос азота с урожаем озимой пшеницы, а соответственно и его баланс определялся не только его содержанием в продукции, но урожайностью зерна и соломы и зависело от гумусированности почвы.

3. Самая низкая урожайность была получена в вариантах без азотного удобрения и составила 25,4 ц/га при содержании гумуса около 1,00 %. Максимальная урожайность была получена при оптимальном содержании гумуса 1,80–2,20 %.

4. Во всех вариантах опыта наибольший хозяйственный вынос азота был отмечен на учетных площадках с содержанием гумуса 2,00 %. При такой гумусированности почвы в варианте без азотных подкормок хозяйственный вынос азота составил 99,6 кг д.в./га, в варианте с дозой N<sub>90</sub>–127,2; N<sub>90+30</sub>–148,4 и N<sub>90+30+30</sub>–166,1 кг д.в./га.

5. По мере увеличения содержания в почве гумуса до оптимального значения интенсивность хозяйственного баланса азота снижалась. Во всех вариантах опыта наименьшее значение данного показателя было получено при гумусированности почвы от 2,00–2,20 %.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Аркуша, В. Е. Влияние длительного возделывания на неудобренном фоне культур зерносвекловичного севооборота на их урожай и агрохимические показатели чернозема деградированного / В. Е. Аркуша, А. И. Буджерак // Агрохимия. – 1998. – № 11. – С. 11–17.

2. Воробьев, В. Б. Методика закладки полевого опыта на почве с различным уровнем содержания гумуса. Рекомендации для научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов учебных заведений агроэкологического профиля / В. Б. Воробьев, Г. В. Седукова. – Горки, 2018. – 20 с.

3. Кадыров, М. А. Многолетние травы основная база для производства травяных кормов / М. А. Кадыров, П. П. Васько // Земляробствааховараслін. – 2006. – №3. – С. 11–13.

4. Кулаковская, Т. Н. Влияние условий питания на химический состав растений / Т. Н. Кулаковская, Т. В. Позняк // Почвоведение и агрохимия. – Минск: Ураджай, 1975. – Вып. 12. – С. 111–120.

5. Лапа В. В., Кулеш О. Г., Лопух М. С. Вынос и баланс элементов питания в зернотравяном севообороте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / В. В. Лапа, О. Г. Кулеш, М. С. Лопух // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51) – С. 143–150.

6. Методика расчета элементов питания в земледелии Республики Беларусь / РУП «Институт почвоведения и агрохимии». Минск. – 2007. – 24 с.



## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИМИ СОСТАВАМИ С МИКРОУДОБРЕНИЯМИ

О. В. КЛОЧКОВА, В. В. ХОЛОДИНСКИЙ

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,  
г. Жодино, Республика Беларусь, 222160

(Поступила в редакцию 29.01.2021)

В статье приведены результаты лабораторного скрининга удобрений на основе аминокислот и микроудобрений на основе наночастиц кобальта, меди, марганца и железа (разработка ученых Научно-исследовательского института физико-органической химии НАН Беларуси) для предпосевной обработки семян люпина узколистного сорта Миртан. В опытах установлено, что все виды предпосевного замачивания семян в растворах микроудобрений стимулируют рост корневой системы. Длина и сырая масса корней по отношению к контролю достоверно увеличилась на 18,3–55,1 % и 19,3–58,5 % соответственно. При изучении влияния микроудобрений, внесенных в питательный раствор Кнопа, высота растений достоверно возросла на 7,7–14,5 %, а длина корневой системы – на 14,3–58,1 %. Введение микроэлементов и аминокислот в обменные процессы растительного организма на ранних этапах роста люпина узколистного оказывает достоверное положительное влияние на рост и развитие корневой системы люпина, а стимуляционные эффекты по надземной части растений, в большинстве случаев, носят недостоверный, но положительный характер.

В полевых условиях в защитно-стимулирующие составы для предпосевного обеззараживания семян протравителем МаксимXL вводились моно и комплексные микроудобрения марки «Наноплант» и удобрения Террасорб Комплекс, Фертигрейн Старт. Установлено, что обработка семян защитно-стимулирующими составами с удобрениями положительно влияет на рост и развитие люпина узколистного, повышает полевую всхожесть семян на 2,7–8,5 %, сохраняемость растений на 8,3–12,0 %, плотность растений в посевах на 14,0–20,0 % и урожайность зерна люпина на 5,1 ц/га или 22,4 %.

**Ключевые слова:** люпин узколистный, микроудобрения, защитно-стимулирующие составы, зерно, урожайность.

The article presents results of laboratory screening of fertilizers based on amino acids and micronutrient fertilizers based on nanoparticles of cobalt, copper, manganese and iron (developed by scientists of the Scientific Research Institute of Physical Organic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus) for pre-sowing treatment of seeds of narrow-leaved lupine of the variety Mirtan. It was found in experiments that all types of pre-sowing soaking of seeds in solutions of micronutrient fertilizers stimulate the growth of the root system. The length and raw weight of roots in relation to the control significantly increased by 18.3–55.1 % and 19.3–58.5 %, respectively. When studying the effect of micronutrient fertilizers introduced into Knop's nutrient solution, the plant height significantly increased by 7.7–14.5 %, and the length of the root system – by 14.3–58.1 %. The introduction of trace elements and amino acids into the metabolic processes of plant organism at the early stages of growth of narrow-leaf lupine has a significant positive effect on the growth and development of the root system of lupine, and the stimulation effects on the aboveground part of plants, in most cases, are unreliable, but positive.

In the field, mono and complex micronutrient fertilizers of the Nanoplant brand and fertilizers Terrasorb Complex, Fertigrain Start were introduced into protective-stimulating compositions for pre-sowing disinfection of seeds with the MaximXL seed dressing agent. It has been established that the treatment of seeds with protective-stimulating compounds with fertilizers has a positive effect on the growth and development of narrow-leaf lupine, increases the field germination of seeds by 2.7–8.5 %, the survival rate of plants by 8.3–12.0 %, the density of plants in the crops by 14.0–20.0 % and the yield of lupine grain by 0.51 t / ha or 22.4 %.

**Key words:** narrow-leaved lupine, micronutrient fertilizers, protective and stimulating compounds, grain, productivity.

### Введение

Анализ лабораторных опытов показал, что при введении микроэлементов в обменные процессы растительного организма на ранних этапах роста люпина узколистного стимуляционные эффекты по надземной части растений в большинстве случаев носят недостоверный, но положительный характер. Однако достоверно положительное влияние изучаемых микроудобрений на рост и развитие корневой системы люпина показывает необходимость проведения исследований в полевых условиях.

Оценку влияния удобрений для предпосевной обработки семян на выживаемость и сохраняемость растений, показатели структуры урожайности и урожайность люпина проводили в полевых условиях на люпине узколистном сорте Першацвет в 2011–2014 гг. на полях Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию.

В технологический процесс возделывания люпина любые химические средства интенсификации, независимо от направления их использования, будь то гербициды, протравители, фунгициды, значительно снижают ростовые процессы у люпина и оказывают негативное влияние на количество и активность клубеньковых бактерий на корнях, угнетая способность культуры накапливать симбиотический азот в ризосфере.

Современные технологии показывают, что снять или уменьшить вредоносность пестицидов на культуру можно путем применения регуляторов роста, физиологически активных веществ и микроудобрений, оптимизируя метаболизм растений, начиная с самого раннего гетеротрофного периода питания. Самым распространенным и дешевым способом повышения адаптационных свойств культуры является использование в защитных составах для защиты семян и растений стимуляторов роста, микроэлементов и аминокислот [1, 2, 3].

Целью исследований являлась оценка влияния микроэлементов на основе металлов наночастиц кобальта (М-э Со), меди (М-э Сu), марганца (М-э Мn) и железа (М-э Fe) (разработка ученых Научно-исследовательского института физико-органической химии НАН Беларуси), а также аминокислотных препаратов Терра-сорб Комплекс, Фертигрейн Старт и Тубелак на показатели роста люпина узколистного при применении их в предпосевную подготовку семян.

#### **Основная часть**

В качестве предварительного метода оценки выбран экспресс-метод замачивания семян люпина в растворах микроудобрений. Семена помещали на двое суток для набухания в растворы микроэлементов и регулятора роста. Норму расхода микроэлементов выбрали из ранее полученных результатов лабораторных опытов в чашках Петри. Затем высаживали в емкости с водой по 15 растений в каждую в 6 повторностях. Параллельно был проведен опыт по выращиванию люпина на питательной среде Кнопа. Семена до появления корешков замачивали в воде, затем помещали в отверстия на крышке сосуда с питательной средой Кнопа + испытываемые компоненты. В обоих случаях через две недели растения извлекали из сосудов и проводили измерение длины и массы корней, а также высоты растений и их сырой массы.

В опытах установлено, что все виды предпосевного замачивания семян стимулируют рост корневой системы. Длина и сырая масса корней по отношению к контролю достоверно увеличилась на 18,3–55,1 % и 19,3–58,5 % соответственно. Среди изучаемых вариантов опыта выделился вариант, тормозящий рост растений люпина – М-э Сu, 0,25 мг/л. Возможно, для замачивания семян люпина данная концентрация металла завышена. Достоверное увеличение высоты растений люпина получено в варианте замачивания семян в растворе М-э Со – на 5,5 % и в растворе «Наноплант Со, Мn, Сu, Fe 0,25 мг/л + Тубелак, 50 мг/л» – на 16,5 %. В этих же вариантах отмечена и достоверно большая масса растений на 19,7 и 54,6 %. Во всех остальных вариантах опыта высота растений была в пределах высоты растений семена которых замачивали в воде (контроль): Наноплант Со,Мn,Сu,Fe 0,25 мг/л – +2,5 % к контролю и М-э Fe, 0,5 мг/л – + 1,0 % к контролю, или достоверно ниже контрольного варианта (М-э Сu, 0,25 мг/л – - 6,4 % и М-э Мn, 0,25 мг/л – -16,0 %). Но надо отметить, что масса растений в этих вариантах была выше контроля на 10,4–21,7 %, кроме варианта М-э Сu, 0,25 мг/л, где данный показатель, хоть и недостоверно, но был ниже на 12,4 %.

При изучении влияния микроудобрений, внесенных в питательный раствор Кнопа, на рост люпина узколистного результаты были схожи с опытом, где семена замачивались в растворах микроудобрений. Однако сбалансированный питательный раствор позволил более ярко проявиться стимуляционным свойствам изучаемых микроэлементов и аминокислотному препарату Тубелак. По всем вариантам опыта (кроме «М-э Сu») высота растений достоверно увеличилась на 7,7–14,5 %, а длина корневой системы – на 14,3–58,1 %. Рост зеленой части растений был более интенсивным в вариантах использования комплексного удобрения Наноплант Со,Мn,Сu,Fe и его совместного применения с аминокислотным препаратом Тубелак, в данных вариантах и масса наземной части и масса корневой системы были выше контроля на 12,1–17,9 % и 31,5–51,1 % соответственно.

Наибольший стимуляционный эффект в двух опытах обеспечили микроудобрения Наноплант Со, Мn, Сu, Fe и аминокислотное удобрение Тубелак: сырая масса растений увеличилась на 23,5–23,9 % и 23,5–48,9 % соответственно. Наибольшее влияние на массу растений оказали микроэлементы Со и Мn при замачивании семян в их растворах: +22,3 % и 25,2 % соответственно. Использование данных удобрений в питательном растворе обеспечило повышение массы растений на 5,1 и 8,7 % соответственно. Стабильно эффективным по влиянию на массу растений показало железо – прирост составил 11,8–13,7 %. Использование меди в норме расхода 0,25 г/л в обоих способах изучения эффективности привело к снижению общей массы растений на 13,9–15,6 %.

Анализ лабораторных опытов показал, что при введении микроэлементов в обменные процессы растительного организма на ранних этапах роста люпина узколистного стимуляционные эффекты по надземной части растений в большинстве случаев носят недостоверный, но положительный характер.

Однако достоверно положительное влияние изучаемых микроудобрений на рост и развитие корневой системы люпина показывает необходимость проведения исследований в полевых условиях.

Оценку влияния удобрений для предпосевной обработки семян на выживаемость и сохраняемость растений, показатели структуры урожайности и урожайность люпина проводили в полевых условиях на люпине узколистом сорте Першацвет в 2011–2014 гг. на полях Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию.

Для проведения полевых исследований разработчиками микроудобрения Наноплант были представлены следующие микроудобрения Наноплант Co, Mn, Cu, Fe (массовая доля микроэлементов 1,75 г/л, в том числе Co -0,36, Mn -0,36, Cu -0,43, Fe -0,60), Наноплант Mn, Наноплант Cu, Наноплант Co, Наноплант Fe (массовая доля микроэлементов 0,5 г/л). В качестве удобрения с аминокислотами в 2012 и 2013 году применяли Террасорб комплекс, в 2014 – Фертигрейн Старт.

При инкрустации семян расход комплексного препарата составил по  $\Sigma_{дв} = \sim 6,0$  г/т (Co  $\sim 1,25$  г/т + Mn  $\sim 1,25$  г/т + Cu  $\sim 1,5$  г/л + Fe  $\sim 2,0$  г/т). Расходы монопрепаратов: Нано Co  $\sim 1,25$  г/т; Нано Mn  $\sim 1,25$  г/т; Нано Cu  $\sim 1,5$  г/т; Нано Fe  $\sim 2,0$  г/т. Расход Террасорб комплекс и Фертигрейн Старт по препарату 1,25 л/т.

Полевая всхожесть семян, выживаемость и сохраняемость растений проводились методом учета растений на закрепленных площадках первой и третьей повторности по 0,48 м<sup>2</sup>. Структура урожайности определялась по общепринятой методике снопового анализа после ручной уборки всех растений на закрепленных площадках. Уборку посевов проводили методом прямого комбайнирования и учета урожайности поделочно с последующим пересчетом ее на 100 % чистоту и стандартную влажность (14 %).

Статистическая обработка данных проводилась методами дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [4] с помощью пакета программ, входящего в состав Microsoft Excel и с использованием компьютерной программы ANOVA.

Фенологические наблюдения в годы проведения исследований показали, что фазы развития растений по всем вариантам опыта наступали в одни сроки, и визуальных отличий по развитию и росту растений не наблюдалось. Установлено: протравитель Максим XL в норме расхода 1,0 л/т семян не оказывал негативного влияния на полевую всхожесть семян люпина узколистного, которая составила в среднем за три года 89,7 %. Введение в защитный состав препарата на основе аминокислот Террасорб комплекс в 2012 и 2013 году повысило полевую всхожесть на 15,0 и 7,5 % соответственно. Использование в качестве аминокислотного препарата удобрения Фертигрейн Старт не оказало значимого влияния на рассматриваемый показатель. В среднем за три года полевая всхожесть в данном варианте протравливания семян (Максим XL + аминокислотный препарат) повысилась на 8,5 % (табл. 1).

Таблица 1. Влияние микроудобрений в защитных составах для обработки семян люпина узколистного на их полевую всхожесть, %

Вариант	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Среднее	± к фону	± к контролю
Контроль	82,0	95,0	84,0	87,0		
Максим XL – Фон	82,0	92,0	95,0*	89,7		2,7
Фон+Аминокислотные препараты	97,0*	99,5*	90,0*	95,5	5,8	8,5
Фон + Наноплант Co, Mn, Cu, Fe	90,0*	92,0	96,6*	92,9	3,1	5,9
Фон +Наноплант Mn	90,0*	91,0	88,0	89,7	–	2,7
Фон + Наноплант Cu	82,0	97,0*	92,0*	90,3	0,6	3,3
Фон + Наноплант Co	93,0*	96,5*	88,0	92,5	2,9	5,5
Фон + Наноплант Fe	92,0*	95,5	99,0*	95,8	5,8	8,5
Средняя по опыту	87,6	94,8	95,5			

*НСР<sub>05</sub>*

\*отклонения к контролю.

Использование при обработке семян Наноплант Cu, Наноплант Co, Наноплант Fe два года из трех достоверно изменяло полевую всхожесть относительно фонового варианта (Максим XL). Наноплант Co и Наноплант Fe повышали рассматриваемый показатель на 4,5–11,0 % и 5,0–10,0 % соответственно. Достоверное влияние Наноплант Cu и Наноплант Mn было значимым только в один год из трех. В среднем за три года баковая смесь Максим XL + Наноплант Mn повысило полевую всхожесть люпина узколистного на 2,7 %, а баковая смесь Максим XL + Наноплант Cu – на 3,3 %. Лучшими вариантами баковой смеси по влиянию на полевую всхожесть оказалась смесь Максим XL + Наноплант Fe (+8,5 % к контролю), Максим XL + Наноплант Co, Mn, Cu, Fe (+5,9 % к контролю) и Наноплант Co (+5,5 % к контролю).

Если полевая всхожесть люпина узколистного в годы исследований была достаточно высокой, в среднем по опыту 87,6–94,8 %, то сохраняемость растений в посеве по годам исследований отличалась значительно. В среднем по опыту в 2012 году сохраняемость составила 64,4 %, в 2013 году – 57,2 %, и самой высокой (85,1 %) была в 2014 году (табл. 2).

Влияние микроудобрений на данный показатель было более значимым, чем влияние на полевую всхожесть. Все изучаемые составы для предпосевной обработки семян повышали данный показатель относительно контроля в среднем за три года на 8,3–12,0 %, в то время, как протравитель Максим XL сохранял дополнительно 7,1 % растений. Наибольшее влияние на жизнеспособность растений оказали аминокислотные препараты Наноплант Mn (+ 5,7 % к контролю), Наноплант Fe (+8,6 %) и Наноплант Co, Mn, Cu, Fe (+ 13,6 %). Выживаемость люпина узколистного относительно контроля возросла на 5,0–13,6 %. Показатели выживаемости и сохраняемости растений объясняют повышение плотности растений в посеве. В среднем за три года по вариантам опыта рассматриваемый показатель относительно контроля повышался на 14,0–20,1 %.

Таблица 2. Влияние микроудобрений в защитных составах для обработки семян люпина узколистного на сохраняемость растений в посеве, %

Вариант	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Среднее	± к фону	± к контролю
Контроль	55,0	46,5	77,5	59,7		
Максим XL - Фон	62,0*	54,8*	83,6	66,8		7,1
Фон+Аминокислотные препараты	68,0*	57,8*	87,0*	70,9	4,1	11,2
Фон + Наноплант Co, Mn, Cu, Fe	70,0*	60,8*	84,0*	71,6	4,8	11,9
Фон +Нано Mn	71,0*	60,0*	84,0*	71,7	4,9	12,0
Фон + Нано Cu	62,0*	55,5*	86,5*	68,0	1,2	8,3
Фон + Нано Co	62,0*	60,0*	85,0*	69,0	2,2	9,3
Средняя по опыту	64,4	57,2	85,1*	68,9		

*HCP<sub>05</sub>*

4,6      7,1      6,2

\*отклонения к контролю.

Средняя урожайность люпина в опыте составила 27,0 ц/га, в том числе, в 2012 году – 25,7 ц/га, в 2013 – 23,0, в 2014 – 32,5 ц/га. Надо отметить, что в случае посева непротравленными семенами урожайность в годы исследований составила соответственно 20,3; 18,6 и 29,4 ц/га. Обработка семян защитно-стимулирующими составами в среднем за годы исследований позволили получить дополнительно 5,1 ц/га или 22,4% зерна люпина (табл. 3).

Таблица 3. Влияние обработки семян защитно-стимулирующими составами с микроудобрениями на урожайность люпина узколистного

Вариант	Урожайность, ц/га											
	2012 г.	± к фону, ц/га	± к фону, %	2013 г.	± к фону, ц/га	± к фону, %	2014 г.	± к фону, ц/га	± к фону, %	Среднее	± к фону, ц/га	± к фону, %
Контроль	20,3			18,6			29,4			22,8		
Максим XL - Фон	24,2			21,2			30,6			25,3		
Фон+Аминокислотные удобрения	25,8	1,6	6,6	23,8**	2,6	12,3	34,5**	3,9	12,7	28,0	2,7	10,7
Фон + Наноплант Co, Mn, Cu, Fe	28,2**	4,0	16,5	24,1**	2,9	13,7	33,4	2,8	9,2	28,6	3,3	13,0
Фон +Нано Mn	25,9	1,9	7,0	23,9**	2,7	12,7	38,4**	7,8	25,5	29,4	4,1	16,2
Фон + Нано Cu	26,5**	2,3	9,5	25,0**	3,8	17,9	32,6	2,0	6,5	28,0	2,7	10,7
Фон + Нано Co	27,9**	3,7	15,3	24,9**	3,7	17,5	32,5	1,9	6,2	28,4	3,1	12,3
Фон + Нано Fe	26,8**	2,6	10,7	22,2	1,0	4,7	28,3	-2,3	-7,6	25,8	0,5	2,0
Среднее по опыту	25,7			23,0			32,5			27,0		
Среднее по вариантам баковых обработок	26,8	6,5*	32,0*	23,6	5,0*	26,9*	33,3	3,9*	13,3*	27,9	5,1*	22,4*
<i>HCP<sub>05</sub></i>	2,1			2,4			3,0					

\*отклонения к контролю;

\*\*достоверное отклонение к фону.

В 2012 году обработка составами в среднем по опыту обеспечила получение 6,5 ц/га или 32,0 % зерна. Введение в фунгицидный состав микроэлементов повышало урожайность на 1,9–4,0 ц/га: достоверно при применении Наноплант Co, Mn, Cu, Fe – на 4,0 ц/га (16,5 %), Наноплант Co – на 3,7 ц/га (15,3 %), Наноплант Fe – на 2,6 ц/га (10,7 %), Наноплант Cu – на 2,3 ц/га (9,5 %). Использование в текущем году Наноплант Mn и Терра-сорб Комплекс достоверно на урожайность не влияло.

В 2013 году обработка составами в среднем по опыту позволила получить дополнительно 5,0 ц/га или 26,9 % зерна. Введение в фунгицидный состав микроэлементов повышало урожайность на 1,0–3,8 ц/га: достоверно при применении Наноплант Со, Мп, Сu, Fe – на 2,9 ц/га (13,7 %), Наноплант Со – на 3,7 ц/га (17,5 %), Наноплант Мп – на 2,7 ц/га (12,7 %), Наноплант Сu – на 3,8 ц/га (17,9 %), Терра-сорб Комплекс – на 2,6 ц/га (12,3 %). Наноплант Fe не оказывал достоверного влияния на урожайность люпина узколистного.

Эффективность микроудобрений в 2014 году было наименьшим: в среднем по опыту прирост урожайности зерна составил 3,9 ц/га или 13,3 %. Достоверно повысило урожайность применение Наноплант Мп – на 7,8 ц/га (25,5 %) и аминокислотного удобрения Фертигрейн Старт – на 3,9 ц/га (12,7 %). Влияние остальных удобрений на формирование урожайности находилось в пределах ошибки опыта.

Как видно из представленных данных, наибольшую прибавку относительно контрольного варианта обеспечили защитно-стимулирующие составы на основе протравителя и Наноплант марганца – + 4,1 ц/га (16,2 %). Примерно равное влияние в среднем за три года показали Наноплант Со и Наноплант комплексный – 3,1–3,3 ц/га. Наноплант медь и аминокислотные удобрения повысили урожайность культуры на 2,7 ц/га или 10,7 %.

### **Заключение**

1. Обработка семян защитно-стимулирующими составами с удобрениями в среднем за годы исследований позволили получить дополнительно 5,1 ц/га, или 22,4 % зерна люпина.

2. Эффективность удобрений по годам исследований значительно отличалась и, видимо, зависела от обеспеченности почв элементами питания и складывающихся условий вегетации:

– удобрения на основе аминокислот два года из трех повышали урожайность люпина узколистного на 12,3–12,7 %, в среднем за годы исследований прибавка к варианту обработки семян протравителем МаксимXL составила 2,7 ц/га (10,7 %).

– введение в фунгицидный состав Наноплант Со, Мп, Сu, Fe повышало урожайность в годы исследований на 9,2–16,5 %, в среднем за три года – на 3,3 ц/га, или 13,0 %.

– использование в защитном составе Наноплант Мп повышало урожайность в годы исследований на 7,0–25,5 %, в среднем за три года – на 4,1 ц/га, или 16,2 %.

– эффективность удобрения Наноплант Сu по годам исследований было менее значимой: рост урожайности составил от 6,5 до 17,9 %, в среднем за три года – 2,7 ц/га (10,7 %).

– применение Наноплант Со повышало урожайность в годы исследований на 6,2–17,5 %, в среднем за три года на 3,1 ц/га, или 12,3 %.

3. Рост урожайности, обеспеченный защитно-стимулирующими составами, происходил за счет повышения полевой всхожести семян на 2,7–8,5 %, сохранности растений в посеве на 8,3–12,0 % и продуктивной плотности растений в посеве на 14,0–20,0 %, что в свою очередь можно объяснить положительным влиянием микроудобрений на рост и развитие корневой системы.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Привалов Ф. И. Роль микроэлементов в предпосевной подготовке семян / Ф. И. Привалов // Земляробства і ахова раслін. 2009. – №2. – С. 10–12.

2. Бруй, И. Г. Нанозащита от стрессов / И. Г. Бруй, С. Азизбеян, В. Домаш // Наше сельское хозяйство. 2018. – №7. – С. 58–61.

3. Персикова, Т. Ф. Влияние микроэлементов, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений на показатели структуры урожайности люпина узколистного / Т. Ф. Персикова, М. Л. Радкевич // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии: научно-методический журнал. – 2017. – № 2. – С. 37–40.

4. Радкевич, М. Л. Эффективность различных форм микроэлементов в предпосевной обработке семян люпина узколистного / М. Л. Радкевич // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства : сборник научных трудов : посвящается памяти члена-корреспондента РАСХН и НАН КР, академика МАЭП И РАВН Якова Васильевича Бочкарева / Российская академия сельскохозяйственных наук, «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева», «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова», Мещерский филиал, Российское общество почвоведов имени В. В. Докучаева, Рязанское отделение. – Рязань, 2011. – Вып. 9. – С. 611–613.

5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

## ОЦЕНКА СЫРЬЕВОГО ПОТЕНЦИАЛА ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

Н. В. СТЕПАНОВА, Д. П. ЧИРИК

РУП «Институт льна»,  
аг. Устье, Республика Беларусь, 211003

(Поступила в редакцию 02.02.2021)

В работе представлено народнохозяйственное значение льна масличного при использовании семян в пищевой промышленности, медицине и кормопроизводстве, а также его технологические преимущества. Проведен анализ возделывания льна, производства и экспорта семян в мире и стояния развития культуры в Республике Беларусь за период 2016–2019 годы. Лидирующими мировыми производителями семян в настоящее время являются страны постсоветского пространства Республика Казахстан и Российская Федерация, валовой сбор семян которых составляет 600–700 тысяч тонн. Страна дальнего зарубежья Канада, долгое время удерживающая первенство по посевной площади льна масличного и производству семян, сегодня занимает третье место в мире с валовым сбором семян 494 тысяч тонн. Полученные семена страны экспортируют в объеме: Российская Федерация 90–93 %, Республика Казахстан 76–80 %, Канада 75–93 %. В Украине посевные площади льна масличного уменьшились в 3,5 раза, экспорт продукции – на 25 %. Площади посева льна масличного в Беларуси за анализируемый период составляют 1,4–2,4 тысяч гектаров и сконцентрированы в трех областях. Это не обеспечивает потребность страны в семенах и продуктах их переработки (масле, жмыхе, шроте). Остается без внимания побочная продукция культуры – льнотреста, содержащая 18–21 % неориентированного волокна, которое может использоваться для производства бумаги и нетканых материалов. Нежелание льносеющих организаций возделывать лен масличный в Беларуси определено высокой конкуренцией со странами производителями семян с низкой себестоимостью (Казахстана, России), а также ценовой политикой на семена внутри страны.

**Ключевые слова:** лен масличный, площадь посева, валовой сбор семян, производство, экспорт.

The paper presents the national economic importance of oil flax when using seeds in the food industry, medicine and fodder production, as well as its technological advantages. We have analyzed the cultivation of flax, the production and export of seeds in the world and in the Republic of Belarus for the period of 2016–2019. The leading world seed producers are currently the post-Soviet countries the Republic of Kazakhstan and the Russian Federation, whose gross collection of seeds is 600–700 thousand tons. A non-CIS country Canada, which for a long time holds the lead in the sown area of oil flax and seed production, today ranks third in the world with a gross collection of 494 thousand tons of seeds. The obtained seeds are exported in the following volume: Russian Federation – 90–93 %, the Republic of Kazakhstan – 76–80 %, Canada – 75–93 %. In Ukraine, the acreage of oil flax decreased by 3.5 times, the export of products – by 25 %. The sowing area of oil flax in Belarus for the analyzed period is 1.4–2.4 thousand hectares and is concentrated in three regions. This does not meet the country's need for seeds and products of their processing (oil, cake, meal). A by-product of the crop, flax straw, containing 18–21 % unoriented fiber, which can be used for the production of paper and nonwovens, is ignored. The reluctance of flax-sowing organizations to cultivate oil flax in Belarus is determined by high competition with countries producing seeds with low cost (Kazakhstan, Russia), as well as by the price policy for seeds within the country.

**Key words:** oil flax, sowing area, gross yield of seeds, production, export.

### Введение

Основной продукцией льна масличного в Беларуси являются семена, содержащие в сухом веществе до 48 % масла, 18–33 % белка, 5–12 % слизи, 12–26 % углеводов, а также органические кислоты, ферменты, витамины, стеролы, макро и микроэлементы, пищевые волокна, лигнаны и другие ценные питательные элементы [1, 2, 3, 4, 5]. Белок семян льна содержит полный набор наиболее часто встречающихся аминокислот, характеризуется высоким и средним содержанием незаменимых аминокислот (треонин, валин, метионин, изолейцин, фенилаланин, лизин, лейцин) и высокой биологической ценностью по аминокислотному скору 68–142 % [6].

Но самым ценным составляющим семени является жир, или льняное масло, которое по составу и свойствам можно классифицировать как биологически активную добавку к пище и рассматривать как натуральный биологически активный комплекс, обладающий лечебно-профилактическими свойствами: антиатеросклеротическими, антиаритмическими, антитромботическими, противовоспалительными, антиаллергическими. По своей биологической ценности оно занимает первое место среди всех растительных масел [7, 8]. Важнейшими компонентами растительных жиров являются жирные кислоты, которые делятся на насыщенные (пальмитиновая, стеариновая) и ненасыщенные (олеиновая, линолевая, линоленовая и др.). Качество растительного масла и его польза для здоровья определяется содержанием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), самая ценная из которых – омега-3. Именно эта кислота активно чистит сердечно-сосудистую систему от зашлакованности холестерином и липидами; снижает повышенный тонус сосудов; регулирует деятельность эндокринной и нервной систем. Согласно нормам физиологического питания, потребность в омега-3 жирных кислотах для взрослого населения составляет в сутки 1,2 грамма [9]. Добавление 5–30 % льняной необезжиренной

муки (в зависимости от содержания ПНЖК в семенах) в рецептуру мучных кондитерских изделий удовлетворяет потребность взрослого населения в омега-3 на 29–58 % [10].

Отходы производства масла – шрот и жмых – представляют собой хорошо переваримый кормовой концентрат белка, способный обеспечить существенную коррекцию белкового и аминокислотного питания животных и птицы, получение роста объемов и качества продукции животноводства. Количество оставшегося жира в массе шрота не более 3 %; жмыха – не более 10 %.

Несмотря на перечисленные достоинства получаемой продукции, объемы посевных площадей льна масличного в Беларуси не наращиваются с годами, а культура из новой (в 2010 г.) сегодня получила статус невостребованной.

Цель работы заключалась в проведении анализа возделывания льна масличного, производства и экспорта семян в мире и стояния развития культуры в Республике Беларусь.

#### Основная часть

Многие страны в последние годы активно поддерживают программы по расширению посевов льна масличного, увеличивают объемы производства пищевого льняного масла, что расценивается как значительный шаг к оздоровлению населения. Долгое время лидирующую позицию по производству льна масличного занимала Канада. Посевные площади страны доходили до 2 млн гектаров [11]. Однако, начав выращивать ГМО-сорты, канадские фермеры резко потеряли рынок [12], уступив его аграриям России и Казахстана. Это обстоятельство активизировало страны постсоветского пространства к увеличению посевных площадей льна масличного. В 2019 году в Российской Федерации возделывалось 814,7 [13], в Казахстане – 1287,0 тыс. гектаров [14], что по сравнению с 2016 годом увеличилось на 15 и 98 %, соответственно (таблица). Получаемая продукция востребована не только на внутренних рынках данных стран, но и успешно экспортируется в страны Европы.

Посевные площади льна масличного, 2016–2019 гг.

Страна	Посевная площадь, тыс. га			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Беларусь	2,4	1,7	1,4	2,2
Российская Федерация	708,9	568,5	745,6	814,7
Казахстан	650,0	831,0	1100,0	1287,0
Украина	62,0	47,0	60,0	17,0

Сегодня по данным немецкого аналитического агентства OIL WORLD тройку мировых производителей и экспортеров льна масличного составляют Казахстан, Россия и Канада (рис. 1, 2) [15].

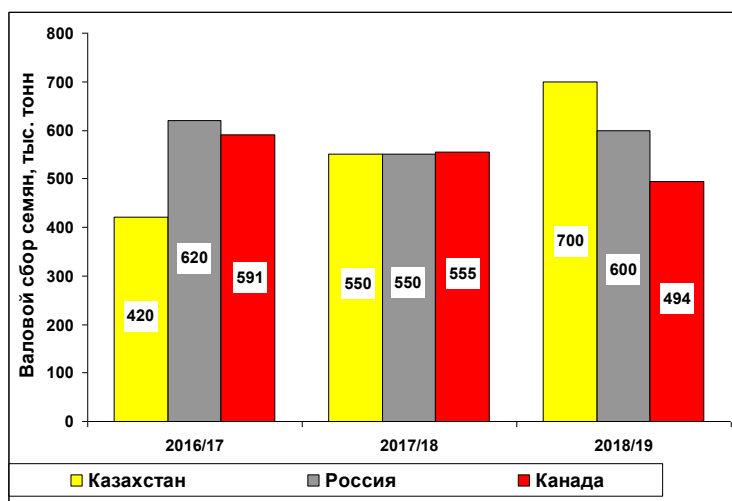


Рис. 1. Валовой сбор семян льна масличного основными мировыми странами-производителями

Площадь посева масличного льна в Республике Казахстан в 2019 году достигла рекордного показателя – 1,287 млн гектаров и по сравнению с 2016 годом увеличилась в 2 раза. К основным причинам наращивания Казахстаном производства следует отнести высокую засухоустойчивость и неприхотливость культуры в части агротехники, высокую маржинальность производства при невысоком потенциале урожайности, стабильную цену на семена. Ежегодно 76–80 % семян страна экспортирует, главным образом, в Бельгию.

В Украине посевные площади под льном масличным в 2019 году по сравнению с 2018 годом уменьшились в 3,5 раза – с 60 до 17 тыс. гектаров, а экспорт продукции снизился на 25 % [16].

Россия отправляет на экспорт 90–93 % продукции льна масличного. Посевная площадь культуры в 2019 году по сравнению с Казахстаном составила 63 % при практически равном объеме экспорта семян 540–550 тыс. тонн.

Беларусь располагает необходимыми условиями для выращивания льна масличного и занимает удачное территориальное положение для сотрудничества с европейскими потребителями. Но посевная площадь культуры по-прежнему остается ограниченной. В 2019 году она составила 2230 га (-7 % к 2016 г.). В то время как на внутреннем рынке страны преобладает льняное масло импортного производства и ежегодно тратится валюта на закупку зарубежом белковых добавок для животноводства. В структуре потребления растительных масел в Беларуси льняное, горчичное и оливковое масла занимают менее 1 %, пальмовое – 2 %, соевое – 5 %, рапсовое – 48 %, подсолнечное – 44 % [17].

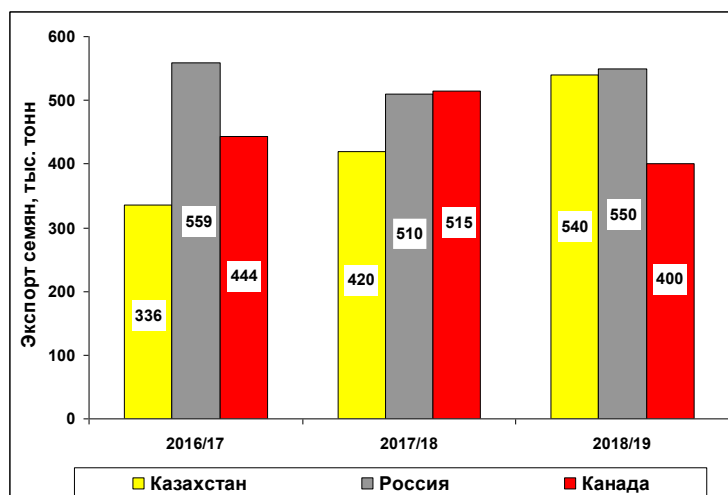


Рис. 2. Экспорт семян льна масличного основными странами-производителями

Сегодня лен масличный высевается лишь в трех областях республики (Минской, Гродненской, Витебской), несмотря на то, что испытание сортов ведется во всех регионах Беларуси. Выделены две сырьевые зоны по возделыванию льна масличного: ОАО «Воложинский льнокомбинат» Минской области, ОАО «Кореличи-лен» филиал «Лидлен» Гродненской области, оснащенные маслоперерабатывающими линиями для производства льняного масла.

Лен масличный имеет следующие технологические преимущества:

- легко преодолевает недостаток влаги в начальный период своего развития;
- продуктивно усваивает поздние осадки;
- практически не полегает;
- является хорошим предшественником для зерновых культур;
- при севе и уборке используется та же техника, что и для зерновых, не требуя затрат на приобретение специализированных агрегатов;
- сроки уборки хорошо вписываются в общий конвейер производства зерновых.

Для получения стабильных урожаев льнопродукции разработана и постоянно совершенствуется технология возделывания льна масличного с использованием отечественных сортов; невысоких норм высева семян; льнопригодных почв с оптимальным уровнем кислотности; экономически окупаемых доз удобрений в зависимости от обеспеченности почвы элементами питания и предшественников; системы интегрированной защиты, включающей ассортимент экономически эффективных химических и биологических средств защиты растений, что обеспечивает получение урожайности семян 15–20 ц/га с содержанием жира 40–45 %. Фактическая урожайность семян в льносеющих хозяйствах страны составляет 4–7 ц/га. Заинтересованные хозяйства получают 12–15 ц/га семян.

Низкие урожайность и объем посевных площадей объясняются незаинтересованностью льносеющих организаций возделывать лен масличный, которая выражается низкими ценами на семена без учета цели использования (пищевое, техническое), отсутствием надбавок за масличность сверх базисной нормы. Беларусь не может конкурировать с соседними странами, лидирующими по производству семян льна масличного, которые имеют залежные земли и применяют нулевую технологию выращивания с минимальными производственными затратами.

Кроме того, возделывание масличного льна в Беларуси имеет одностороннее направление и ориентировано только на получение семян. Солома, которая могла бы послужить сырьем для изготовления шпагата, бумаги, нетканых материалов, сегодня практически не перерабатывается. После уборки семян



зерновым комбайном стеблевая деструктурированная масса непригодна для переработки на производственных линиях мта с применением классической технологии. Переработка такой соломы в Беларуси возможна при модернизации старых линий МТА с установкой дополнительных трясил. Выход волокнистой массы из тресты льна масличного составляет 18–21 % при невысоких затратах. Получаемое неориентированное волокно крепкое на разрыв (разрывная нагрузка скрученной ленточки 54–112 Н) и при содержании костры и сорных примесей до 24 % соответствует номеру короткого волокна 2,00. При высокой заостренности массы получаемый продукт является паклей. При самых скромных урожайности соломы 2 тонны с гектара и выходе волокна 19 % на полях ежегодно сжигается  $\approx$  3,5 тысячи тонн соломы льна масличного, что соответствует  $\approx$  600 тоннам неориентированного волокна, которое может стать дополнительным источником текстильного волокна и повысить эффективность льняного подкомплекса.

### **Заключение**

В тройку мировых лидеров по производству (494–700 тыс. тонн) и экспорту (400–550 тыс. тонн) семян льна масличного в настоящее время входят страны Казахстан, Россия и Канада. Первенство принадлежит Республике Казахстан, которая в 2019 году увеличила посевные площади культуры до 1,287 млн гектаров, а валовой сбор семян до 700 тыс. тонн. Низкие посевные площади льна масличного в Беларуси объясняются высокой конкуренцией со стороны производителей семян с низкой себестоимостью (Казахстана, России), а также ценовой политикой на семена внутри страны. Повысить эффективность выращивания льна масличного возможно за счет переработки его льнотресты, содержащей 18–21 % неориентированного волокна.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Пономарева, М. Л. Селекционно-генетические аспекты изучения льна масличного в условиях Республики Татарстан / М. Л. Пономарева, Д.А. Краснова. – Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2010. – 144 с.
2. Особенности химического состава семян некоторых масличных культур / И. В. Шведов [и др.] // Научно-технические аспекты производства экологически чистых масел, белковых продуктов с высокими потребительскими качествами: сб. докл. междунар. науч.-произ. конф., Краснодар, 2003 г. / ФГБНУ ВНИИМК. – Краснодар, 2003. – С. 80–87.
3. Лукомец, В. М. Научное обеспечение производства масличных культур в России / В. М. Лукомец. – Краснодар: ООО «Просвещение-юг», 2006. – 100 с.
4. Колотов, А. П. Качество основной продукции льна масличного в условиях среднего Урала / А. П. Колотов // Пермский аграрный вестник. – №2 (18). – 2017. – С. 23–28.
5. Zanwar, A. A. Cardioprotective activity of flax lignan concentrate extracted from seeds of *Linum usitatissimum* in isoprenalin induced myocardial necrosis in rats / A. A. Zanwar, M. V. Hegde, S. L. Bodhankar // *Interdisciplinary Toxicology*. – 2011. – V. 4. – P. 90–97.
6. Воронова, Н. С. Исследование белков семян льна как полноценных и необходимых для здоровья человека / Н. С. Воронова, Л. С. Бередица // Молодой ученый. – 2015. – № 14 (94). – С. 144–147.
7. Генетика, физиология и биохимия льна / В. В. Титок [и др.]; под общ. ред. Л. В. Хатылевой. – Минск: Беларус. навука, 2010. – 220 с.
8. Zuk, M. Engineering flax plants to increase their antioxidant capacity and improve oil composition and stability / M. Zuk, A. Prescha, M. Stryszewska, J. Szopa // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2012. – V. 60. – P. 5003–5012.
9. Перспективы использования семян льна и льняной муки / Т.Б. Цыганова [и др.] // *Хлебопечение России*. – 2014. – №4. – С. 18–19.
10. Меренкова, С. Разработка технологии обогащенных мучных кондитерских изделий на основе использования продуктов переработки семян льна масличного / С. Меренкова, А. Колотов // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии»*. – 2017. – Т. 5, № 2. – С. 49–59.
11. Рынки. Льняной рай / Мой бизнес [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <https://msb.aval.ua>. – Дата доступа: 03.01.2018.
12. Особенности возделывания льна масличного в Канаде / Рослёнконопля [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://www.rosflaxhemp.ru/publikacii.html/id/3079>. – Дата доступа: 12.09.2020.
13. Посевные площади льна-кудряша (лен масличный) в России. Итоги 2019 года / *Агровестник* [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/industries/linen/posevnye-ploshchadi-lna-kudryasha-len-maslichnyj-v-rossii-itogi-2019-goda.html>. – Дата доступа: 29.07.2020.
14. Площадь сева масличного льна в Казахстане в 2019 году стала рекордной / *Oilworld* [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://www.oilworld.ru/analytics/worldmarket/297112>. – Дата доступа: 29.07.2020.
15. Лен: Казахстан входит в ТОП-3 мировых производителей и экспортеров / Все о пищевой индустрии [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://foodindustry.kz/len-kazahstan-vhodit-v-top-3-mirovyh-proizvoditelej-i-eksporterov>. – Дата доступа: 29.07.2020.
16. Украина теряет экспортные позиции на мировом рынке льна / УкрАгроКонсалт [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://www.ukragroconsult.com/news/ukraina-teryaet-eksportnie-pozitsii-na-mirovom-rinke-lna>. – Дата доступа: 29.07.2020.
17. Белоруссия на 50 % зависит от импорта растительных масел / *Oilworld* [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://www.oilworld.ru/analytics/processing/311755>. – Дата доступа: 29.07.2020.

## АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ, РИЗОБИАЛЬНОГО ИНОКУЛЯНТА И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ПОСЕВНОМ ГОРОХЕ

О. В. МАЛАШЕВСКАЯ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 02.02.2021)

*Наиболее продуктивной зернобобовой культурой в почвенно-климатических условиях Беларуси является горох. Зернобобовые культуры с высоким содержанием белка экономически выгодно использовать для балансирования концентрированных кормов [1].*

*Актуальным вопросом является использование в технологии удобрений, улучшающих корневое питание растений и их рост, защищающих от болезней и вредителей. Испытания новых препаратов на горохе доказали их положительное действие на продуктивность культуры и представляет научный и практический интерес*

*Описаны результаты опыта на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве по изучению действия макро-, микроудобрений, комплексных удобрений, регулятора роста и ризобияльного инокулянта на урожайность гороха посевного, а также экономическую эффективность. Применение комплексного АФК с В и Мо на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве увеличивало урожайность семян посевного гороха на 6,0 ц/га. Обработка посевов Адоб В и МикроСтим В на фоне N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> повышала урожайность семян гороха на 4,5 и 4,9 ц/га, а Экосилом и Кристалоном – на 4,9 ц/га. Обработка семян гороха ризобияльным инокулянтом на фоне N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> и N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> + МикроСтим В обеспечивала максимальную урожайность семян (39,3 и 39,7 ц/га), выход сырого белка (8,37 и 8,58 ц/га) и переваримого протеина (7,20 и 7,38 ц/га).*

*Расчет экономической эффективности показал, что все варианты опыта с применением удобрений, регулятора роста и ризобияльного инокулянта на горохе посевном были рентабельны. По результатам проведенного опыта установлено, что наиболее высокий чистый доход (прибыль) был получен при применении ризобияльного инокулянта на фоне N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub>, который составил 136,1 доллар USD, при рентабельности 136,9 %.*

**Ключевые слова:** горох, урожайность, удобрения, регуляторы роста, экономическая эффективность.

*The most productive leguminous crop in the soil and climatic conditions of Belarus is peas. Pulses with a high protein content are economically beneficial for balancing concentrated feed.*

*An urgent issue is the use of fertilizers that improve the root nutrition of plants and their growth, protect against diseases and pests. Tests of new drugs on peas have proven their positive effect on crop productivity and is of scientific and practical interest.*

*The article describes results of an experiment on sod-podzolic light loamy soil to study the effect of macro-, micronutrient fertilizers, complex fertilizers, growth regulator and rhizobial inoculant on the yield of peas, as well as economic efficiency. The use of complex NPK with B and Mo on sod-podzolic light loamy soil increased the yield of peas by 0.6 t / ha. The treatment of crops with Adob B and MicroStim B against the background of N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> increased the yield of pea seeds by 0.45 and 0.49 t / ha, and with Ecosil and Kristalon – by 0.49 t / ha. The treatment of pea seeds with a rhizobial inoculant against the background of N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> and N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> + MicroStim B ensured the maximum seed yield (3.93 and 3.97 t / ha), the yield of crude protein (0.837 and 0.858 t / ha) and digestible protein (0.720 and 0.738 t / ha).*

*The calculation of economic efficiency showed that all variants of the experiment with the use of fertilizers, growth regulator and rhizobial inoculant on seed peas were cost-effective. Based on the results of the experiment, it was found that the highest net income (profit) was obtained when using the rhizobial inoculant against the background of N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub>, which amounted to USD 136.1, with a profitability of 136.9 %.*

**Key words:** peas, productivity, fertilizers, growth regulators, economic efficiency.

### Введение

Важной задачей сельскохозяйственных организаций является производство продукции высокого качества с наименьшими затратами материальных и трудовых ресурсов. Одним из путей решения этой задачи является применение ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Повышение продуктивности зернобобовых за счет использования биологических регуляторов роста, которые обеспечивают не только экологическую чистоту, но и снижение энергетических затрат, является актуальным в производстве. При оценке эффективности применения регуляторов роста необходимо установить количественные показатели и качественные характеристики приемов, а также измерить стоимость с дополнительными затратами, необходимыми для его проведения [2].

В исследованиях В. Н. Босака, при возделывании зернобобовых для получения зерна на дерново-подзолистых почвах, применение минеральных удобрений обеспечило чистый доход в размере 229,5–1207,4 тыс. руб./га при рентабельности 130–395 %. При выращивании зернобобовых на зеленую массу значения экономических показателей составили соответственно 101,8–466,4 тыс. руб. га и 52–71 % [3].

В исследованиях лаборатории микроэлементов РУП «Института почвоведения и агрохимии» на люпине узколистном на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве отмечалось повышение урожайности и улучшение качественных показателей зерна от применения жидкого микроудобрения МикроСил-

Бор в различных дозах. Некорневая подкормка в фазу начало бутонизации данным микроудобрением в дозе 0,33 и 0,66 л/га в сравнении с фоновым вариантом обеспечила прибавку урожайности зерна соответственно 3,7 и 4,3 ц/га и рентабельность составила – 198–212 % [4].

Исследования С. И. Камбулова, проведенные на сорте гороха Ангела на черноземе обыкновенном с содержанием гумуса 3,4 % показали, что применение биологических препаратов и стимуляторов роста положительно влияют на урожайность и качество получаемой продукции. Выявлено, что применение регуляторов роста и биопрепаратов в технологии возделывании гороха было экономически оправдано. Наибольшую эффективность показали следующие препараты: Экстрасол с прибавкой урожая 0,56 т/га (14,6 %) и уровнем рентабельности 232 %, Мивал Агро – 0,54 т/га (14,1 %) и уровнем рентабельности 192 %, Биогумат Кубанский – 0,55 т/га (14,3 %) и уровнем рентабельности 271 % [5].

По проведенным исследованиям В. Ф. Баранова, на черноземе выщелоченным сверхмощным слабогумусным тяжелосуглинистым гранулометрического состава, при применении новых регуляторов роста, наиболее экономически эффективным было применение препарата Альбита для инкрустирования семян сои на фоне КПИС. В данном варианте получены самые высокие показатели валового дохода, чистой прибыли и рентабельности, а также наименьшая себестоимость 1 т зерна [6].

Исследования А. А. Громова [7] с горохом сорта Флагман 9 на учебно-опытном поле Оренбургского ГАУ показали, что активизация стартовых процессов роста, за счет микроэлементов и регуляторов роста, симбиотической деятельности гороха оказывает положительное влияние на урожайность гороха. Установлено, что препарат циркон повышал урожайность на 2,1 ц/га относительно контроля. Максимальной урожайностью, в среднем за два года исследований, отличались посевы с применением бора – 14,9 ц/га, прибавка составляет 6,4 ц/га. При использовании ризоторфина, циркона и бора проявляется синергетический эффект, при этом урожайность составила 16,4 ц/га.

Согласно рекомендациям [8], к рациональным приемам использования микроэлементов относятся такие, при которых с наименьшими затратами можно получить высокие прибавки урожая и улучшить качество сельскохозяйственной продукции. В большинстве стран Европы внесение микроэлементов в почву считается невыгодным с экономической и экологической точек зрения. В настоящее время разработаны и применяются такие эффективные способы, как обработка семян и некорневые подкормки. Наиболее эффективным способом применения микроудобрений являются некорневые подкормки, так как они позволяют обеспечить растения микроэлементами в периоды, когда в них ощущается максимальная потребность.

Основной принцип оценки экономической эффективности использования удобрений – это сопоставление эффекта, полученного при их применении, в виде дополнительного урожая. Экономические методы оценки позволяют разносторонне подходить к определению эффективности удобрений с учетом различных факторов: природных, организационных и технологических почвенно-климатических условий, доз, видов, форм удобрений, отзывчивости на них культур и сортов и других факторов [9].

### **Основная часть**

Цель исследований – изучить влияние на урожайность и экономическую эффективность применения удобрений и регуляторов роста при возделывании посевного гороха применения новых форм удобрений для допосевного внесения, сочетания минеральных удобрений с регулятором роста Экосилом, многокомпонентным удобрением для некорневых подкормок (Кристалон), комплексным микроудобрением с регулятором роста (МикроСтим В) и ризобияльного инокулянта.

Опыты с горохом посевным сорта Миллениум проводились в 2015–2017 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком. По индексу окультуренности почва опытного участка относится к среднеокультуренной (0,7–0,9). Почва опытного участка за годы исследований имела слабокислую и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды ( $pH_{KCl}$  5,9–6,4), низкое и среднее содержание гумуса (1,3–1,6 %), высокое содержание подвижного фосфора (261,1–298,1 мг/кг), среднее и повышенное – калия (172,5–232,5 мг/кг), среднее содержание бора (0,6–0,7 мг/кг) и меди (1,6–2,9 мг/кг). Предшественником гороха был овес. Посев гороха проводился с нормой высева семян 1,5 миллиона всхожих семян на гектар.

В опытах применялись удобрения для основного внесения: карбамид (N–46 %), аммофос (N–12 %,  $P_2O_5$ –52 %), хлористый калий (60 %), из комплексных удобрений использовали новое комплексное удобрение марки N:P:K (6:21:32) с 0,16 % В и 0,09 % Мо, которое разработали в РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси». В опытах исследовали новый препарат для инокуляции семян гороха на основе специфических штаммов клубеньковых бактерий гороха *Rhizobium leguminosarum*

biovar viceae 27П. Препарат разработан РУП «Институт микробиологии НАН Беларуси». Инокуляция семян проводилась в день посева ручным способом в дозе 200 мл на гектарную норму высева семян [10, 11].

В фазе бутонизации проводились следующие обработки посевов: борной кислотой (300 г/га) и молибдатом аммония (80 г/га), микроудобрением Адоб В в дозе 0,33 л/га, регулятором роста Экосил (75 мл/га), комплексным микроудобрением с регулятором роста МикроСтим В (содержит в 1 л 5 г азота, 150 г бора, 0,6–8,0 мг/л гуминовых веществ) – в дозе 0,33 л/га. Проводили две обработки комплексным удобрением Кристалон. Первая подкормка проводилась в фазе выбрасывания усов Кристалоном желтым марки 13-40-13 в дозе 2 кг/га, который наряду с азотом, фосфором и калием содержит бор (0,025 %), медь (0,01 %), железо (0,07 %), марганец (0,04 %), молибден (0,004 %), цинк (0,025 %). Вторая подкормка Кристалоном особым марки 18-18-18 + 3MgO (содержит бор 0,025 %, медь 0,01 %, железо 0,07 %, марганец 0,04 %, молибден 0,004 %, цинк 0,025 %) проводилась в дозе 2 кг/га в фазу начала образования бобов.

Минеральные удобрения существенно повышали урожайность семян гороха (табл. 1). Допосевное внесение стандартных удобрений N<sub>10</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> увеличивало урожайность семян по сравнению с контролем на 4,3 ц/га, а N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> – на 7,4 ц/га. В данных вариантах окупаемость 1 кг NPK кг семян составила в среднем за 3 года 3,9 и 4,2 кг. Увеличение доз минеральных удобрений до N<sub>30</sub>P<sub>75</sub>K<sub>120</sub> способствовало дальнейшему повышению урожайности семян гороха, при этом окупаемость 1 кг NPK кг семян не увеличивалась. Применение до посева комплексного удобрения (АФК с В и Мо) для зернобобовых культур по сравнению с вариантом с эквивалентными дозами стандартных удобрений (N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub>), повышало урожайность семян гороха на 6,0 ц/га [12].

Таблица 1. Действие удобрений, регуляторов роста и ризобияльного инокулянта на урожайность семян гороха в среднем за 2015–2017 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га				Хозяйственный вынос элементов питания, кг/га			Удельный вынос элементов питания (кг) на 1 т основной продукции с учетом побочной		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Средняя	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Без удобрений	21,3	25,1	26,1	24,2	106,1	28,8	68,7	43,8	6,6	28,4
2. N <sub>10</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	28,5	27,3	29,7	28,5	119,1	33,5	78,1	41,8	8,0	27,4
3. N <sub>18</sub> P <sub>63</sub> K <sub>96</sub> – фон	32,4	30,1	32,2	31,6	143,3	41,1	92,2	45,3	9,1	29,2
4. N <sub>30</sub> P <sub>75</sub> K <sub>120</sub>	34,0	32,3	34,9	33,7	146,6	39,5	93,7	43,5	9,1	27,8
5. АФК удобрение с В и Мо (в дозе NPK эквивалентной вар. 3)	38,1	36,0	38,6	37,6	169,1	44,3	111,8	45,0	9,9	29,7
6. Фон + В и Мо	35,3	34,3	36,6	35,4	157,3	43,3	101,4	44,4	9,8	28,6
7. Фон + Адоб В	36,1	34,6	37,7	36,1	161,3	43,6	115,7	44,7	9,8	32,0
8. Фон + Кристалон	38,0	35,8	38,2	37,3	162,0	45,0	106,7	43,4	10,4	28,6
9. Фон + Экосил	37,6	34,9	37,1	36,5	168,2	44,0	95,3	46,1	9,5	26,1
10. Фон + МикроСтим В	37,0	34,7	37,7	36,5	159,3	40,8	88,6	43,6	9,4	24,3
11. Фон + инокулянт	41,2	36,7	40,1	39,3	176,7	47,8	109,9	45,0	10,6	28,0
12. Фон + инокулянт + МикроСтим В	41,7	37,1	40,4	39,7	185,9	48,0	122,8	46,8	10,3	30,9
НСР <sub>05</sub>	1,5	1,9	1,3	0,9	–	–	–	–	–	–

Эффективными оказались некорневые подкормки микроэлементом бором при использовании жидких микроудобрений Адоб В и МикроСтим В. Урожайность семян в этих вариантах опыта возрастала по сравнению с фоном N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> на 4,5 и 4,9 ц/га. Таким образом, применение белорусского микроудобрения МикроСтим В по эффективности не уступало польскому микроудобрению Адоб В и его можно использовать для импортозамещения. При двухкратной обработке посевов гороха комплексным удобрением Кристалон урожайность семян по сравнению с фоновым вариантом возросла на 5,7 ц/га. Достаточно высокая урожайность семян гороха (37,6 и 37,3 ц/га) и окупаемость 1 кг NPK кг семян (7,6 и 7,4 кг) отмечена в вариантах с применением АФК удобрения с В и Мо и Кристалона на фоне N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub>. Инокуляция семян гороха ризобияльным инокулянтom на фоне N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> и N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> + МикроСтим В повышала урожайность семян на 7,7 и 8,1 ц/га. В этих вариантах опыта получена максимальная урожайность семян (39,3–39,7 ц/га).

Макро-, микроудобрения, регуляторы роста и инокуляция семян повышали хозяйственный вынос элементов питания. Максимальный хозяйственный вынос элементов питания отмечен в варианте с применением N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> + инокулянт + МикроСтим В. Удельный вынос элементов питания варьировал в удобряемых вариантах опыта в незначительных пределах и составил по азоту 41,8–46,8, фосфору –

8,0–10,6 и по калию 24,3–32,0 кг/т основной продукции с учетом побочной. Следует отметить, что удельный вынос по фосфору несколько возрос в удобряемых вариантах по сравнению с вариантом, где удобрения не вносились (табл. 1).

В вариантах с применением удобрений, регуляторов роста и инокуляцией семян ризобияльным инокулянтом существенно возрос выход переваримого протеина. Максимальных значений он достигал в вариантах с инокуляцией семян ризобияльным инокулянтом в варианте N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub>–7,03 и N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> + МикроСтим В – 7,17 ц/га (табл. 2). В удобряемых вариантах обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином была выше и составила от 128 до и 132 г.

Таблица 2. Влияние удобрений и регуляторов роста на выход переваримого протеина, сбор сырого белка и обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином у гороха сорта Миллениум в 2015–2017 гг.

Вариант	Выход, ц/га к. ед.	Сбор сырого белка, ц/га	Выход переваримого протеина, ц/га	Обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином, г
1. Без удобрений	34,5	4,92	4,23	123
2. N <sub>10</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	39,6	5,82	5,00	126
3. N <sub>18</sub> P <sub>63</sub> K <sub>96</sub> – фон	44,2	6,62	5,69	128
4. N <sub>30</sub> P <sub>75</sub> K <sub>120</sub>	47,4	7,03	6,05	128
5. АФК удобрение с В и Мо (в дозе NPK эквивалентной варианту 3)	52,6	8,07	6,94	132
6. Фон + В и Мо	49,5	7,45	6,41	129
7. Фон + Адоб В	50,6	7,60	6,53	129
8. Фон + Кристалон (особый + желтый)	52,3	7,87	6,77	129
9. Фон + Экосил	51,5	7,93	6,82	132
10. Фон + МикроСтим В	51,6	7,69	6,61	128
11. Фон + инокулянт	55,1	8,18	7,03	128
12. Фон + инокулянт + МикроСтим В	55,6	8,34	7,17	129

Экономическая эффективность применения удобрений рассчитывалась по методике Института почвоведения и агрохимии «Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений» [13], в сопоставимых ценах на дату 15.12.2020. При расчете экономической эффективности стоимость всей полученной прибавки и чистый доход выражены в долларах США и позволяют определить более выгодные варианты систем удобрения (табл. 3). Для определения чистого дохода предварительно рассчитывалась стоимость прибавки урожая, полученной за счет применения удобрений, инокуляции семян, регулятора роста и микроэлементов, также затраты на их применение, уборку и доработку полученной прибавки урожая.

Все варианты опыта с применением удобрений на горохе посевном сорта Миллениум обеспечивали получение чистого дохода и были рентабельны.

Таблица 3. Эффективность применения удобрений и регуляторов роста на посевах гороха сорта Миллениум (среднее за 2015–2017 гг.)

Вариант	Прибавка, т/га	Стоимость прибавки, \$/га	Затраты на получение прибавки, \$/га	Чистый доход, \$/га	Рентабельность, %
1. Без удобрений	–	–	–	–	–
2. N <sub>10</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	0,43	67,1	41,8	25,3	60,6
3. N <sub>18</sub> P <sub>63</sub> K <sub>96</sub> – фон	0,74	115,4	68,0	47,4	69,7
4. N <sub>30</sub> P <sub>75</sub> K <sub>120</sub>	0,95	148,2	82,7	65,6	79,3
5 АФК удобрение с В и Мо (в дозе NPK эквивалентной варианту 3)	1,34	209,0	110,3	98,7	89,5
6. Фон + В и Мо	1,12	174,7	85,4	89,3	104,6
7. Фон + Адоб В	1,19	185,6	88,9	96,8	108,9
8. Фон + Кристалон	1,31	204,4	115,8	88,5	76,4
9. Фон + Экосил	1,23	191,9	92,0	99,9	108,6
10. Фон + МикроСтим В	1,23	191,9	89,1	102,8	115,4
11. Фон + инокулянт	1,51	235,6	99,4	136,1	136,9
12. Фон + инокулянт + МикроСтим В	1,55	241,8	106,8	135,1	126,5

Наибольший чистый доход (прибыль) был получен в вариантах с инокуляцией семян ризобияльным инокулянтом на фоне N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub>–136,1 \$/га, в варианте с инокуляцией семян и применением МикроСтим В–135,1, а также в вариантах при применении МикроСтим В и Экосил на фоне N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub>–102,8 и 99,9 \$/га.

Более высокой рентабельность была на фоне  $N_{18}P_{63}K_{96}$  в вариантах с инокуляцией семян ризобийным инокулянтом – 136,9 % и с применением МикроСтим В – 126,5 %, а также МикроСтим В – 115,4 %. Несколько ниже эти показатели были при применении Экосила, Адоб В, В и Мо на фоне  $N_{18}P_{63}K_{96}$ . Рентабельность при применении комплексного АФК удобрения с В и Мо и Кристалонов была 89,5 и 76,4 %.

Эффективность некорневых подкормок определяется снижением норм расхода дорогостоящих микроудобрений и возможностью устранения дефицита микроэлементов в критические для растения фазы роста – в период максимального роста и формирования генеративных органов (бутонизации-цветение).

### **Заключение**

1. На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение комплексного АФК удобрения с В и Мо повышало урожайность семян посевного гороха по сравнению с внесением аммофоса и хлористого калия в эквивалентных по азоту, фосфору и калию дозах  $N_{18}P_{63}K_{96}$  на 6,0 ц/га. Внекорневая обработка посевов в фазу бутонизации препаратами Адоб В, Экосилом и МикроСтим В на фоне  $N_{18}P_{63}K_{96}$  повышала урожайность семян гороха на 4,5, 4,9 и 4,9 ц/га, а Кристалоном – на 5,7 ц/га. Инокуляция семян гороха ризобийным инокулянтом на фоне  $N_{18}P_{63}K_{96}$  и  $N_{18}P_{63}K_{96}$  + МикроСтим В увеличивала урожайность семян на 7,7 и 8,1 ц/га и обеспечивала максимальную урожайность (39,3 и 39,7 ц/га).

2. В варианте с применением  $N_{18}P_{63}K_{96}$  + инокулянт + МикроСтим В отмечен максимальный хозяйственный вынос элементов питания. Удельный вынос элементов питания варьировал в удобряемых вариантах опыта в незначительных пределах и составил по азоту 41,8–46,8, фосфору – 8,0–10,6 и по калию 24,3–32,0 кг/т основной продукции с учетом побочной.

3. Наиболее высокий чистый доход на посевном горохе (136,1 \$/га) и рентабельность (136,9 %) были в варианте с инокуляцией семян ризобийным инокулянтом на фоне  $N_{18}P_{63}K_{96}$ . Несколько ниже эти показатели были при применении Адоб В, Экосила и МикроСтим В на фоне  $N_{18}P_{63}K_{96}$ .

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Кукреш, Л. В. Горох / Л. В. Кукреш, Н. П. Лукашевич. – Минск: Ураджай, 1997. – 159 с.
2. Экономическая эффективность применения регуляторов роста [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://neznaniya.net/agronomija/primenenie-udobrenij/868-ekonomicheskaya-effektivnost-primeneniya-regulyatorov-rosta.html>. – Дата доступа: 24.02.2020.
3. Экономическая эффективность применения удобрений при возделывании зернобобовых культур / В. Н. Босак [и др.] // Аграрная экономика. – 2010. – № 9. – С. 45–50.
4. Влияние кобальтовых удобрений на урожайность и качество клевера лугового / М. В. Рак [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 1 (46). – С. 208–214.
5. Эффективность новых регуляторов роста при предпосевном инкрустировании семян сои [Электронный ресурс] / В. Ф. Баранов [и др.] // АГРО XXI «Издательство Агрорус». – 2009. – № 1–3. – Режим доступа: <https://www.agroxxi.ru/journal/20090103/20090103011.pdf>. – Дата доступа: 22.02.2020.
6. Эффективность возделывания гороха при использовании микроудобрений и регуляторов роста / С. И. Камбулов [и др.] // Научный журнал КубГАУ. – 2017. – № 129(05). – С. 1081–1089.
7. Эффективность применения регуляторов роста и микроэлементов на посевах гороха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib.ugsha.ru:8080/bitstream/123456789/3395/1/2009-07-36-39.pdf>. – Дата доступа: 24.02.2020.
8. Применение микроудобрений и регуляторов роста в интенсивном земледелии: рекомендации / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2015 – 48 с.
9. Оптимизация системы удобрения сельскохозяйственных культур при комплексном применении макро, микроудобрений, регуляторов роста и бактериальных препаратов: рекомендации / И. Р. Вильдфлуш, А. Р. Цыганов, П. А. Саскевич, О. И. Чикида, А. С. Мастеров, О. И. Мишура [и др.]. – Горки: БГСХА, 2017. – 34 с.
10. Эффективность применения удобрений, регуляторов роста и инокулянта на посевном горохе / О. В. Малашевская, И. Р. Вильдфлуш // В сборнике: Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК. Материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2019. – С. 175–180.
11. Экономическая эффективность применения удобрений и регуляторов роста на полевом горохе / О. В. Малашевская // В сборнике: Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов – регионам. Сборник научных трудов по результатам работы IV международной молодежной научно-практической конференции. – 2019. – С. 79–83.
12. Вильдфлуш, И. Р. Влияние макро-, микроудобрений, регуляторов роста и ризобийного инокулянта на урожайность и качество семян посевного гороха / И. Р. Вильдфлуш, О. В. Малашевская // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – № 1(60). – С. 228.
13. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений: метод. рекомендации / И. М. Богдевич [и др.]. – Минск: РУП Институт почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.

## ВЛИЯНИЕ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА И ЗАТРАТЫ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ВОЛОКНА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

В. А. ПРУДНИКОВ, Н. В. СТЕПАНОВА, Д. П. ЧИРИК, С. Р. ЧУЙКО

РУП «Институт льна»,  
аг. Устье, Республика Беларусь, 211003

(Поступила в редакцию 02.02.2021)

В условиях 2019–2020 годов в северо-восточной части Беларуси проведены исследования по оптимизации минерального питания льна-долгунца при возделывании его на дерново-подзолистой связносупесчаной почве, содержащей органического вещества 1,6–1,8 %, подвижных форм фосфора 160–165, калия 145–180, цинка 3,6–4,6, бора 0,47–0,52, меди 1,2–2,4 мг/кг почвы, с обменной кислотностью почвы рНк<sub>с</sub> 5,2–5,3. В работе представлены результаты исследований по влиянию доз азотного удобрения, применяемого в почву до посева, на потребление основных элементов питания растениями в динамике их развития, затраты на формирование тонны сухой биомассы и волокна. Внесение азотного удобрения в дозах 15–45 кг/га д.в. увеличивало содержание азота в растениях в фазы «ёлочка» на 0,44–1,09 %, в бутонизацию на 0,06–0,18 %, в цветение на 0,18–0,31 % и не оказывало существенного влияния на содержание в них фосфора и калия. Увеличение дозы азота с 15 до 30–45 кг/га д.в. повышало урожайность волокна на 1,6 ц/га (на 13 %), хозяйственный вынос урожаем азота на 7–15 кг/га (на 12–26 %), фосфора на 3–6 кг/га (на 12–26 %), калия на 7–8 кг/га (на 13–14 %). При повышении азота до 45 кг/га д.в. установлено увеличение затрат на формирование тонны волокна азота на 5,5 кг/т (на 12 %), фосфора на 2,1 кг/т (на 13 %) при урожайности волокна на уровне азотного удобрения 30 кг/га д.в. Хозяйственный вынос урожаем калия повышался с 55 до 63 кг/га, однако затраты его на формирование тонны волокна были одинаковыми 44 кг/т.

**Ключевые слова:** лен-долгунец, супесчаная почва, азотное удобрение.

In the conditions of 2019–2020, in the northeastern part of Belarus, studies were carried out to optimize the mineral nutrition of long-fiber flax when cultivating it on sod-podzolic cohesive sandy soil containing 1.6–1.8 % of organic matter, mobile forms of phosphorus – 160–165 mg / kg of soil, potassium – 145–180, zinc – 3.6–4.6, boron – 0.47–0.52, copper – 1.2–2.4 mg / kg of soil, with exchangeable soil acidity рН<sub>к<sub>с</sub></sub> – 5.2–5.3. The paper presents results of research into the influence of doses of nitrogen fertilizer applied to the soil before sowing on the consumption of basic nutrients by plants in the dynamics of their development, the cost of forming a ton of dry biomass and fiber. Nitrogen fertilization in doses of 15–45 kg / ha of acting substance increased the nitrogen content in plants in the herringbone phase by 0.44–1.09%, in budding phase – by 0.06–0.18 %, in flowering phase – by 0.18–0.31 %, and did not have a significant effect on the content of phosphorus and potassium in them. Increasing the nitrogen dose from 15 to 30–45 kg / ha of acting substance increased the yield of fiber by 0.16 t / ha (by 13 %), economic removal of nitrogen by crop – by 7–15 kg / ha (by 12–26 %), phosphorus – by 3–6 kg / ha (by 12–26 %), potassium – by 7–8 kg / ha (by 13–14 %). With an increase in nitrogen to 45 kg / ha of acting substance, we established an increase in nitrogen rate for the formation of a ton of fiber by 5.5 kg / t (by 12 %), phosphorus – by 2.1 kg / t (by 13 %), with a fiber yield at the level of nitrogen fertilization of 30 kg / ha of acting substance. The economic removal of potassium by the crop increased from 55 to 63 kg / ha, but its input for the formation of a ton of fiber was the same – 44 kg / t.

**Key words:** long-fiber flax, sandy loam soil, nitrogen fertilization.

### Введение

Супесчаные почвы в общей площади пашни республики занимают 48,4 % [1]. Согласно отраслевому регламенту возделывания льна-долгунца среди супесчаных почв для посева льна являются пригодными дерново-подзолистые связносупесчаные, подстилаемые суглинком и песком, и рыхлосупесчаные, подстилаемые суглинком [2]. Супесчаные почвы, в сравнении с суглинистыми, характеризуются меньшим содержанием физической глины, минеральных и органических коллоидов, гумуса, элементов питания и менее устойчивым водным режимом. В них быстрее разлагаются органические остатки и удобрения, поэтому в связи с низкой поглотительной способностью происходят значительные потери питательных веществ (особенно азота), усиливающиеся при избытке осадков. Эти особенности следует учитывать при планировании минерального питания сельскохозяйственных культур для получения требуемого урожая.

Уровень азотного питания является определяющим фактором продуктивности и качества льна-долгунца, а также потребления льном других элементов питания. Недостаток азота приводит к недобору урожая, а избыток – к наращиванию биомассы в ущерб образованию волокна. Кроме того, увеличение содержания азота в стебле стимулирует образование трудно растворимых форм пектинов, что затрудняет отделяемость костры от волокна и снижает номер волокна [3]. Высокие дозы азотных удобрений вызывают обводненность тканей растений льна, уменьшение толщины кутикулы и оболочки клетки, что облегчает проникновение возбудителей болезней в ткани растений, снижение массы семян и содержания масла в семенах [4, 5].

При расчете доз минеральных удобрений для сельскохозяйственных культур в учебнике «Агрохимия» [6] рекомендуются одинаковые величины затрат элементов питания на единицу продукции для суглинистых и супесчаных почв, что требует уточнения.

Цель исследований заключалась в установлении влияния доз азотного удобрения на химический состав растений льна-долгунца и затраты основных элементов питания при формировании единицы урожая волокна.

### Основная часть

Полевые опыты закладывались на опытном поле ОАО «Хотимский льнозавод» Хотимского района, Могилевской области с использованием сорта льна-долгунца Грант. Исследования осуществлялись в слабозасушливых погодных условиях периода вегетации 2019 г. (ГТК 1,3) и переувлажненных 2020 г. (ГТК 1,9).

Почва опытного участка дерново-подзолистая связносупесчаная, развивающаяся на водно-ледниковых пылевато-песчаных супесях, подстилаемых моренным суглинком с глубины 0,7–0,8 метра. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы были следующие: рНксл 5,2–5,3, содержание органического вещества 1,6–1,8 %, подвижных фосфатов 160–165, калия 145–180, цинка 3,6–4,6, бора 0,47–0,52, меди 1,2–2,4 мг/кг почвы. Почва характеризовалась средним содержанием фосфора, калия, бора, цинка, низким и средним содержанием меди. Повторность полевого опыта четырехкратная, площадь общей делянки – 28, учетной – 15 м<sup>2</sup> [7].

Семена льна обрабатывались защитно-стимулирующим составом, включающим протравитель Витавакс 200ФФ, 2,0 л/т, инсектицид Табу, 1,0 л/т, микроэлементы цинк 120, бор 100 г/т д.в. Минеральные удобрения вносили весной в виде двойного суперфосфата, хлористого калия и КАСа согласно схеме опыта. Обработка почвы включала осеннюю вспашку на глубину пахотного слоя 20 см, весеннюю культивацию для «закрытия влаги» на глубину 5–7 см, вторую культивацию для заделки минеральных удобрений на глубину 8–10 см, предпосевную обработку почвы агрегатом АКШ-6. Посев льна-долгунца осуществлялся сеялкой СПУ-6Л с шириной междурядий 6,25 см, нормой высева 20 млн всхожих семян на гектар.

Против сорной растительности посевы обрабатывались композиционным составом Агритокс, 0,7 + Секатор турбо, 0,05 (фаза «ёлочка») + Миура, 1,0 л/га (через 7 дней); против болезней льна – Феразим, 1,0 л/га. Уборка посева осуществлялась тереблением (ТЛН-1,5) с последующей вязкой стеблей в снопы, ручным обмолотом и расстилом в ленты. Химический состав растений льна определяли методом мокрого озоления с последующим определением макроэлементов [8].

На связносупесчаной почве, содержащей 1,6–1,8 % органического вещества, изучались дозы азотного удобрения от 15 до 45 кг/га д.в. при внесении в почву на фоне фосфорно-калийного удобрения Р<sub>60</sub>К<sub>120</sub>.

В фазе «ёлочка» в сухом веществе растений льна-долгунца в варианте без азотного удобрения содержалось 3,56 % азота (таблица 1). При внесении в почву 15 кг/га д.в. азотного удобрения содержание азота в растениях увеличилось до 4,00 % (на 0,44 %). С увеличением азота с 15 до 30 кг/га д.в. содержание его в растениях повышалось на 0,38 %, с 30 до 45 кг/га д.в. – на 0,27 %.

Таблица 1. Влияние доз азотного удобрения на содержание в растениях льна-долгунца азота, фосфора и калия по фазам развития, 2019–2020 гг.

Доза азота, кг/га д.в.	Содержание в сухом веществе, %								
	фаза «ёлочка»			фаза бутонизации			фаза цветения		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
0 (контроль)	3,56	0,72	2,65	1,16	0,62	2,36	0,94	0,46	1,48
15	4,00	0,73	2,70	1,22	0,63	2,38	1,12	0,42	1,58
30	4,38	0,73	2,71	1,27	0,61	2,39	1,16	0,41	1,58
45	4,65	0,74	2,71	1,34	0,60	2,41	1,25	0,40	1,58

В контрольном варианте в сухой биомассе растений в фазе бутонизации льна содержалось 1,16 % азота, в фазе цветения – 0,94 %. Внесение азотного удобрения в дозах 15–45 кг/га д.в. повышало содержание азота в фазе бутонизации на 0,06–0,18 %, в цветение льна – на 0,18–0,31 %.

Увеличение дозы минерального азота обеспечило тенденцию к повышению содержания фосфора в сухой массе растений льна в фазе «ёлочка» и тенденцию к снижению содержания фосфора в фазах бутонизации и цветения льна. Применение азотного удобрения незначительно повышало содержание калия в сухом веществе биомассы с 2,65 до 2,71 % в фазе «ёлочка», с 2,36 до 2,41 в бутонизацию, с 1,48 до 1,58 % в цветение льна.



Расчеты потребления растениями минерального азота свидетельствуют, что увеличение дозы азотного удобрения до 15–45 кг/га д.в. по отношению к контролю повышало потребление его в фазе «ёлочка» на 4,2–9,6 кг/га (на 29–66 %), в бутонизацию на 7,7–18,0 кг/га (на 25–59 %), в фазе цветения на 12,3–27,9 кг/га (на 37–84 %) (табл. 2). Кроме того, увеличение дозы азотного удобрения на гектар посева повышало потребление льном фосфора по фазам развития: в «елочку» на 0,4–0,8, в бутонизацию на 3,4–5,4, в цветение на 0,8–3,4 кг/га; а также калия, соответственно, на 1,8–3,2, 12,5–25,5, 11,9–25,1 кг/га. Таким образом, с увеличением дозы азотного удобрения до 15–45 кг/га д.в. потребление растениями фосфора в фазе «ёлочка» повышалось на 13–27 %, в фазе бутонизации на 21–33 %, в фазе цветения на 5–21 %; потребление калия, соответственно, на 17–29 %, 20–41 %, 23–48 %.

Затраты азота на формирование тонны сухой массы в фазе «ёлочка» в контрольном варианте составили 35,6 кг/т, при внесении азота 15–45 кг/га д.в. повышались до 40,0–46,5 кг/т сухого вещества, или на 4,4–10,9 кг/т по сравнению с контролем. В фазы бутонизации и цветения льна азотное удобрение незначительно повышало затраты азота на формирование тонны сухого вещества: без азотного удобрения затраты азота составили 11,6 и 9,4 кг/т, при внесении 15–45 кг/га д.в. азота – 12,2–13,4 и 11,2–12,5 кг/т соответственно.

Таблица 2. Влияние азотного удобрения на потребление и затраты основных элементов питания растениями льна-долгунца по фазам развития, 2019–2020 гг.

Доза азота, кг/га д.в.	Сухая масса, ц/га	Потребление элементов, кг/га			Затраты элементов, кг/т сухой массы		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
фаза «ёлочка»							
0 (контроль)	4,1	14,6	3,0	10,9	35,6	7,3	26,6
15	4,7	18,8	3,4	12,7	40,0	7,2	27,0
30	5,0	21,9	3,6	13,6	43,8	7,2	27,2
45	5,2	24,2	3,8	14,1	46,5	7,3	27,1
фаза бутонизация							
0 (контроль)	26,3	30,5	16,3	62,0	11,6	6,2	23,6
15	31,3	38,2	19,7	74,5	12,2	6,3	23,8
30	35,1	44,6	21,4	83,9	12,7	6,0	23,9
45	36,2	48,5	21,7	87,2	13,4	6,0	24,1
фаза цветение							
0 (контроль)	35,3	33,2	16,2	52,2	9,4	4,6	14,8
15	40,6	45,5	17,0	64,1	11,2	4,2	15,8
30	47,6	55,2	19,5	75,2	11,6	4,1	15,8
45	48,9	61,1	19,6	77,3	12,5	4,0	15,8

Повышение доз азотного удобрения слабо влияло на затраты фосфора и калия при формировании единицы сухого вещества, которые составили по фазам развития льна: «ёлочка» 7,2–7,3 и 27,0–27,2; бутонизация 6,0–6,3 и 23,8–24,1; цветение 4,0–4,2 и 15,8 кг/т сухой массы соответственно.

Повышение доз азотного удобрения от 0 до 45 кг/га д.в. способствовало накоплению азота в семенах льна с 3,45 до 3,72–4,47 %, соломе с 0,56 до 0,65–0,72 % (табл. 3). Это обеспечило тенденцию повышения содержания фосфора в соломе, мякине, семенах и калия в семенах, но не оказывало влияния на содержание калия в соломе и мякине.

Таблица 3. Влияние доз азотного удобрения на содержание азота, фосфора и калия в соломе, мякине и семенах, фаза ранней желтой спелости, 2019–2020 гг.

Доза азота, кг/га д.в.	Содержание в сухом веществе, %								
	в соломе			в мякине			в семенах		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
0 (контроль)	0,56	0,27	0,91	0,78	0,46	0,93	3,45	0,73	0,80
15	0,65	0,29	0,90	0,80	0,47	0,99	3,72	0,73	0,80
30	0,68	0,29	0,92	0,81	0,52	0,99	3,94	0,81	0,88
45	0,72	0,32	0,89	0,82	0,52	0,94	4,47	0,89	0,90

Вынос элементов питания льном не является постоянной величиной и зависит от почвенно-климатических условий, агротехники возделывания и биологических особенностей сортов льна [9]. В среднем за два года в общей массе урожая льна-долгунца (солома + мякина + семена) в варианте без азотного удобрения хозяйственный вынос азота составил 48,4, фосфора 18,7, калия 51,6 кг/га (табл. 4). Азотное удобрение в дозах 15–45 кг/га д.в. повышало общий вынос азота до 58,0–73,1 кг/га, или на 20–51 % по отношению к контролю, а также фосфора до 21,2–26,8 кг/га (на 13–43 %) и калия до 54,9–62,5 кг/га (на 6–21 %).

Таблица 4. Влияние азотного удобрения на хозяйственный вынос урожаем льна-долгунца и затраты элементов питания на формирование тонны волокна, 2019–2020 гг.

Доза азота, кг/га д.в.	Урожайность волокна, ц/га	Вынос урожая, кг/га			Затраты на волокно, кг/т		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
0 (контроль)	10,5	48,4	18,7	51,6	46,1	17,8	49,1
15	12,6	58,0	21,2	54,9	46,0	16,8	43,6
30	14,2	65,1	23,7	62,0	45,8	16,7	43,7
45	14,2	73,1	26,8	62,5	51,5	18,9	44,0

Расчет затрат на единицу продукции выполнен на основе полученной в опыте урожайности волокна. В среднем за два года исследований затраты на формирование тонны льноволокна без внесения азотного удобрения составили: азота 46,1, фосфора 17,8 и калия 49,1 кг при урожайности волькна 10,5 ц/га. Внесение азотного удобрения в почву в дозе 15–30 кг/га д.в. не повышало затраты азота и фосфора на формирование тонны волокна, но снижало затраты калия на 5 кг/т, или на 11 %. Увеличение дозы азота до 45 кг/га д.в. по отношению к 30 кг/га д.в. увеличивало затраты азота на 5,7 кг/т (на 12 %), фосфора на 2,2 кг/т волокна (на 13 %) при идентичной урожайности волокна 14,2 ц/га.

### Заключение

В условиях 2019–2020 годов при возделывании льна-долгунца на дерново-подзолистой связноу-песчаной почве, содержащей органического вещества 1,6–1,8 %, подвижных калия 145–180, фосфора 160–165, меди 1,2–2,4, цинка 3,6–4,6 и бора 0,47–0,52 мг/кг почвы, внесение азотного удобрения перед посевом в почву в дозах 15–45 кг/га д.в. увеличивало содержание азота в растениях в фазы «ёлочка» на 0,44–1,09 %, в бутонизацию на 0,06–0,18 %, в цветение на 0,18–0,31 % и не оказывало существенного влияния на содержание в них фосфора и калия.

Внесение под лен-долгунец 15–45 кг/га д.в. азотного удобрения по сравнению с вариантом без азота повышало содержание азота в семенах на 0,27–1,02 %, в соломе на 0,10–0,16 %, что увеличивало хозяйственный вынос азота урожаем с 48 до 58–73 кг/га (на 20–51 %), а затраты азота на формирование тонны волокна составили 46–52 кг/т. Внесение 15–45 кг/га д.в. азотного удобрения повышало общий вынос калия на 3,3–10,9 кг/га (на 6–21 %), однако затраты калия на формирование тонны волокна были ниже на 5,1–5,5 кг/т (на 10–11 %). Увеличение дозы азотного удобрения до 45 кг/га д.в. повышало содержание фосфора в семенах на 0,16 %, соломе на 0,05 %, мякине на 0,06 %, общее потребление фосфора урожаем с 19 до 27 кг/га (на 43 %), затраты его на формирование тонны волокна с 18 до 19 кг/т (на 6 %). Доза азотного удобрения 30 кг/га д.в. была достаточной для получения максимальной за годы исследования урожайности льноволокна 14 ц/га.

### ЛИТЕРАТУРА

- Кулаковская, Т. Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т. Н. Кулаковская. – Минск: Ураджай, 1978. – 272 с.
- Отраслевой регламент. Возделывание льна-долгунца. Типовые технологические процессы / В. Г. Гусаков, [и др.]. // утвержден Минсельхозпрод РБ. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2012. – 47 с.
- Соболев, М. А. Химия льна и лубоволокнистых материалов / М. А. Соболев. – Москва: Изд-во науч.-технич. лит. лег. пром. «Гизлегпром», 1963. – 142 с.
- Абушинова, Е. В. Продуктивность семян льна масличного в зависимости от применения азотных удобрений на дерново-карбонатных почвах в условиях ленинградской области: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Е. В. Абушинова. – Санкт-Петербург, 2018. – 142 л.
- Прудников, В. А. Влияние доз азотного удобрения на формирование урожая маслосемян новых сортов льна масличного / В. А. Прудников, Д. Ю. Фесько // Вестник Белорусской Государственной Сельскохозяйственной Академии. – 2016. – № 3. – С. 53–55.
- Агрохимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под общ. ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.
- Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
- Агрохимия. Практикум: учебное пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, С. П. Кукреша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 368 с.
- Эффективность применения удобрений на посевах льна масличного в условиях Северного Кавказа / Н. М. Тишков [и др.] // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2005. – №2 (133). – С. 63–68.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА НА СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

В. А. ПРУДНИКОВ, Д. П. ЧИРИК, Н. В. СТЕПАНОВА, С. Р. ЧУЙКО

РУП «Институт льна»,  
аг. Устье, Республика Беларусь, 211003

(Поступила в редакцию 08.02.2021)

Лен-долгунец относится к группе культур чувствительных к недостатку микроэлементов. Для установления их влияния на урожайность и качество льнопродукции на опытном поле ОАО «Хотимский льнозавод» Могилевской области проведены исследования по эффективности микроудобрений в минеральной и хелатной формах при внесении их в почву перед посевом и по вегетации растений на дерново-подзолистой связносупесчаной почве, содержащей органического вещества 1,6–1,8 %, подвижных форм фосфора 160–165, калия 145–180, цинка 3,6–4,6, бора 0,47–0,52, меди 1,2–2,4 мг/кг почвы, с обменной кислотностью почвы рНксл 5,2–5,3. В слабо засушливых погодных условиях периода вегетации 2019 года (ГТК 1,3) и переувлажненных 2020 года (ГТК 1,9) с использованием сорта льна-долгунца Грант максимальные прибыль с гектара посева 677,6 рублей и рентабельность выращивания 44 % получены при внесении в почву минерального цинка, 2,0 кг/га д.в. (сульфата цинка) обеспечившего получение урожайности семян 7,1, льняной тресты 47,0 ц/га номером 1,50. Максимальные прибавки семян 1,4, тресты 3,7, а также волокна общего 1,6, в том числе длинного 1,4 ц/га получены при совместном внесении в почву минеральных бора, 1,0 + цинка, 2,0 + меди, 1,0 + марганца, 2,0 кг/га д.в., но увеличение затрат на приобретение и внесение микроудобрений снижало экономическую эффективность производства льнопродукции. Применение препаратов с хелатными микроэлементами Микростим, 2,0 л/га и Мультилен, 3,0 л/га в фазе «елочка» льна-долгунца достоверно повышало только урожайность семян на 10 %.

**Ключевые слова:** лен-долгунец, микроэлементы, супесчаная почва, урожайность, рентабельность.

*Fiber flax belongs to the group of crops sensitive to the lack of micronutrients. To establish their influence on the yield and quality of flax products on the experimental field of JSC "Khotimsk flax plant" of Mogilev region, studies were carried out on the effectiveness of micronutrient fertilizers in mineral and chelate forms when they were introduced into the soil before sowing and during the vegetation of plants on sod-podzolic sandy loamy soil containing 1.6–1.8 % of organic matter, mobile forms of phosphorus – 160–165 mg / kg of soil, potassium – 145–180, zinc – 3.6–4.6, boron – 0.47–0.52, copper – 1.2–2.4 mg / kg of soil, with exchangeable soil acidity рНксл 5.2–5.3. In slightly arid weather conditions of the growing season of 2019 (hydrothermal index 1.3) and hyperhumid conditions of 2020 (hydrothermal index 1.9), using the Grant fiber flax variety, the maximum profit per hectare of sowing of 677.6 rubles and the profitability of growing of 44 % were obtained with application of mineral zinc in the soil, 2.0 kg / ha of acting agent (zinc sulfate), which ensured the yield of seeds of 0.71 t / ha, flax straw number 1.50–4.7 t / ha. The maximum additional yield of seed of 0.14 t / ha, straw – 0.37 t / ha, as well as total fiber – 0.16 t / ha, including the long fiber – 0.14 t / ha, were obtained with the combined introduction into the soil of mineral boron (1.0 kg / ha of acting agent) + zinc (2.0) + copper (1.0) + manganese (2.0 kg / ha of acting agent), but an increase in the cost of purchasing and applying micronutrient fertilizers reduced the economic efficiency of production of flax products. The use of preparations with chelated microelements Microstim (2.0 l / ha) and Multilen (3.0 l / ha) in the herringbone phase of fiber flax significantly increased only the seed yield by 10%.*

**Key words:** fiber flax, microelements, sandy loam soil, productivity, profitability.

### Введение

Научно обоснованное применение микроудобрений в сельскохозяйственном производстве базируется не только на потребности культуры льна, но и на их содержании в почве. В работах многих исследователей указывается на тесную взаимосвязь между содержанием подвижных форм микроэлементов в почве и эффективностью внесенных микроэлементов с удобрениями [1, 2, 3, 4]. В большинстве почв наблюдается недостаток одного или нескольких элементов. Смешивание отдельных солей микроэлементов для применения в производстве связано с рядом трудностей, так как отдельные металлы-микроэлементы могут образовывать труднорастворимые соединения. Кроме того, на почвах близко к нейтральным по кислотности, а также с высоким содержанием фосфора образуются трудноусвояемые формы некоторых микроэлементов, что также требует дополнительной коррекции минерального питания для растений. Поэтому, наряду с солями микроэлементов, следует рассматривать использование их хелатных форм, применение которых из-за высокой стоимости может осуществляться в виде подкормок.

Лен-долгунец относится к группе культур, чувствительных к недостатку микроэлементов, особенно цинка. В наших исследованиях на суглинистой почве с оптимальной для льна обменной кислотностью (рНксл 5,1–5,3) и низкой обеспеченностью цинком (1,75 мг/кг) внесение в почву сульфата цинка 3,0 кг/га д.в. повышало урожайность общего на 1,7 и длинного волокна на 1,2 ц/га, при низкой обеспеченности почвы медью (1,50 мг/кг), внесение под лён сернокислой меди 0,5 кг/га д.в. повышало урожайность общего на 1,4 и длинного волокна на 1,2 ц/га [1]. Использование микроудобрений на льне-долгунце при возделывании его на супесчаной почве являются недостаточно изученными.

Цель исследований заключалась в установлении влияния микроудобрений на урожайность и качество льнопродукции, и их экономическую эффективность при возделывании льна-долгунца на супесчаной почве.

### Основная часть

Эффективность микроудобрений устанавливалась на опытном поле ОАО «Хотимский льнозавод» Хотимского района, Могилевской области на дерново-подзолистой связносупесчаной почве, развивающейся на водно-ледниковых пылевато-песчаных супесях, подстилаемых моренным суглинком с глубины 0,7–0,8 метра. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы были следующие: рН<sub>ксл</sub> 5,2–5,3, содержание органического вещества 1,6–1,8 %, подвижных фосфатов 160–165, калия 145–180, цинка 3,6–4,6, бора 0,47–0,52, меди 1,2–2,4 мг/кг почвы. Почва характеризовалась средним содержанием фосфора, калия, бора, цинка, низким и средним содержанием меди. Исследования осуществлялись в слабо засушливых погодных условиях периода вегетации 2019 года (ГТК 1,3) и переувлажненных 2020 года (ГТК 1,9) с использованием сорта льна-долгунца Грант. Повторность полевого опыта четырехкратная, площадь общей делянки – 28, учетной – 15 м<sup>2</sup> [5].

Макроудобрения вносили весной в почву в виде КАСа, двойного суперфосфата, хлористого калия (N<sub>25</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>); микроудобрения в минеральной (сульфат цинка, сульфат меди, борная кислота, сернокислый марганец) и хелатной (Микростим, Мультилен) формах – согласно схеме опыта. Обработка почвы включала осеннюю вспашку на глубину пахотного слоя 20 см, весеннюю культивацию для «закрытия влаги» на глубину 5–7 см, вторую культивацию для заделки минеральных удобрений на глубину 8–10 см, предпосевную обработку почвы агрегатом АКШ-6. Посев льна-долгунца осуществлялся сеялкой СПУ-6Л с шириной междурядий 6,25 см, нормой высева 20 млн всхожих семян на гектар. Семена льна обрабатывались защитно-стимулирующим составом, включающим протравитель Витавакс 200ФФ, 2,0 л/т, инсектицид Табу, 1,0 л/т, микроэлементы цинк 120, бор 100 г/т д.в. Против сорной растительности посева обрабатывались композиционным составом Агритокс, 0,7 + Секатор турбо, 0,05 (фаза «ёлочка») + Миура, 1,0 л/га (через 7 дней); против болезней льна – Феразим, 1,0 л/га. Уборка посева осуществлялась тереблением (ТЛН-1,5) с последующей вязкой стеблей в снопы, ручным обмолотом и расстилом в ленты. Качество льнотресты определялось согласно действующему стандарту [6], пораженность растений болезнями – согласно практическому руководству по фитосанитарному контролю посевов льна-долгунца [7].

В 2019 году в условиях недостатка осадков пораженность льна-долгунца болезнями была невысокая. В фазе «ёлочка» распространение и развитие антракноза достигали 1,5–2,0 %, в фазе зеленой спелости 19–20 и 8–9 %, соответственно. Поражение льна фузариозом и септориозом не проявлялось. Влияние микроудобрений на развитие болезней не установлено.

В условиях переувлажненного вегетационного периода 2020 года распространение и развитие антракноза в фазе «ёлочка» не превышали 5–6 %. К уборке (фаза ранней желтой спелости) наблюдалось сильное поражение льна септориозом, распространение которого достигало 76–83 % при развитии 43–55 % (табл. 1). Поражение растений фузариозом было не высоким 1,5–2,5 %. Применение микроудобрений снижало развитие септориоза льна. Внесение в почву минерального комплекса бор, 1,0 + цинк, 2,0 + медь, 1,0 + марганец, 2,0 кг/га д.в., а также дополнительное внесение в фазе «ёлочка» минерального цинка, 0,3 + меди, 0,2 кг/га д.в. снижало распространение пасмо на 7 % и его развитие на 12 %. Эффективность хелатных форм микроудобрений Микростим, 2,0 и Мультилен, 3,0 л/га, применяемых в фазе «ёлочка», по снижению развития септориоза была низкой на уровне 1,0 кг/га д.в. бора, внесенного в почву.

Таблица 1. Влияние микроудобрений на развитие (R) и распространение (P) болезней в посевах льна-долгунца к уборке, 2020 г., %

Вариант	Фаза «ёлочка»		Фаза ранней желтой спелости			
	антракноз		септориоз		фузариоз	
	P	R	P	R	P	R
Без микроэлементов	6,5	6,5	83,0	55,3	2,5	2,5
Бор, 1,0 кг/га, в почву	5,5	5,5	80,0	52,7	2,0	2,0
Цинк, 2,0 кг/га д.в., в почву	5,5	5,5	80,5	50,5	2,0	2,0
Медь, 1,0 кг/га д.в., в почву	6,0	6,0	80,0	49,5	2,5	2,5
Марганец, 2,0 кг/га д.в., в почву	6,0	6,0	81,0	48,0	2,0	2,0
Бор, 1,0 + цинк, 2,0 + медь, 1,0 + марганец, 2,0 кг/га д.в., в почву (фон)	5,0	5,0	76,5	43,5	1,5	1,5
Фон + цинк, 0,3, медь, 0,2 кг/га д.в., фаза «ёлочка»	5,0	5,0	76,5	43,0	1,5	1,5
Микростим, 2,0 л/га, фаза «ёлочка»	6,5	6,5	81,5	52,5	2,0	2,0
Мультилен, 3,0 л/га, фаза «ёлочка»	6,5	6,5	81,5	52,5	2,0	2,0

Анализ структуры урожая льна-долгунца свидетельствует, что внесение в почву 2,0 кг/га д.в. цинка увеличивало общую на 5 % и техническую длину стебля на 8 %, количество коробочек на стебле на 9 %, количество семян в коробочке на 5 %, количество семян на растении на 16 % (табл. 2). Совместное внесение в почву бора, 1,0 + цинка, 2,0 + меди, 1,0 + марганца, 2,0 кг/га д.в., а также дополнительное внесение в фазе «ёлочка» цинка, 0,3 + меди, 0,2 кг/га д.в. повышало общую (на 3–4 %) и техническую длину стебля на (5–7 %), количество коробочек на стебле (на 7 %), семян на растении (на 7–16 %). Отдельные микроэлементы бор, медь, марганец, внесенные в почву, а также препараты с хелатными микроэлементами Микростим, Мультилен, внесенные в фазе «ёлочка», обеспечили достоверное увеличение технической длины стебля и положительную тенденцию к увеличению образования коробочек и семян в коробочках на растении по сравнению с контролем.

Таблица 2. Влияние микроудобрений на структуру урожая льна-долгунца, 2019–2020 гг.

Вариант	Длина стебля, см		Количество коробочек на растении, шт.	Количество семян, шт.		Масса 1000 семян, г
	общая	техническая		в коробочке	на растении	
Без микроэлементов	77,0	62,0	4,2	7,2	30,2	5,1
Бор, 1,0 кг/га, в почву	77,5	63,0	4,4	7,4	32,6	5,1
Цинк, 2,0 кг/га д.в., в почву	81,0	67,0	4,6	7,6	35,0	5,2
Медь, 1,0 кг/га д.в., в почву	79,5	64,5	4,4	7,3	32,1	5,1
Марганец, 2,0 кг/га д.в., в почву	79,0	64,5	4,4	7,3	32,1	5,2
Бор, 1,0+цинк, 2,0+медь, 1,0 + марганец, 2,0 кг/га д.в., в почву (фон)	79,5	65,0	4,5	7,2	32,4	5,1
Фон + цинк, 0,3, медь, 0,2 кг/га д.в., фаза «ёлочка»	80,0	66,5	4,5	7,8	35,1	5,2
Микростим, 2,0 л/га, фаза «ёлочка»	79,0	64,5	4,4	7,3	32,1	5,1
Мультилен, 3,0 л/га, фаза «ёлочка»	78,5	64,5	4,3	7,4	31,8	5,1
<i>НСР<sub>05</sub></i>	2,3	1,2	0,32	0,38	2,6	-

Применение микроудобрений положительно влияло на урожайность льна-долгунца, но наибольшая прибавка семян 1,4, тресты 3,7 и волокна 1,6 ц/га получены при совместном внесении в почву бора, 1,0 + цинка, 2,0 + меди 1,0 + марганца, 2,0 кг/га д.в. (табл. 3). Дополнительное внесение на этом фоне цинка, 0,3 + меди, 0,2 кг/га д.в. в фазе «ёлочка» не увеличивало урожайность льнопродукции. Обработка растений в фазе «ёлочка» хелатными препаратами Микростим, 2,0 л/га и Мультилен, 3,0 л/га обеспечили только достоверную прибавку семян 0,6 ц/га.

Таблица 3. Влияние микроудобрений на содержание волокна в тресте и урожайность льнопродукции, 2019–2020 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га				Содержание волокна в тресте, %	
	семена	треста	волокно		общее	длинное
			общее	длинное		
Без микроэлементов	5,8	44,8	13,2	8,0	29,4	17,8
Бор, 1,0 кг/га, в почву	6,4	45,0	13,3	8,0	29,6	17,8
Цинк, 2,0 кг/га д.в., в почву	7,1	47,0	14,3	9,0	30,5	19,1
Медь, 1,0 кг/га д.в., в почву	6,8	46,9	14,0	8,4	29,8	18,0
Марганец, 2,0 кг/га д.в., в почву	6,9	45,8	13,6	8,2	29,8	17,9
Бор, 1,0 + цинк, 2,0 + медь, 1,0 + марганец, 2,0 кг/га д.в., в почву (фон)	7,2	48,5	14,8	9,4	30,6	19,4
Фон + цинк, 0,3, медь, 0,2 кг/га д.в., фаза «ёлочка»	7,2	48,3	14,9	9,6	30,8	19,9
Микростим, 2,0 л/га, фаза «ёлочка»	6,4	45,5	13,6	8,1	29,8	17,9
Мультилен, 3,0 л/га, фаза «ёлочка»	6,4	45,5	13,6	8,1	29,8	17,9
<i>НСР<sub>05</sub></i>	0,6-0,5	1,6-1,4	0,62-0,47	0,41-0,28		

Применение микроудобрений проявляет положительную тенденцию по увеличению содержания волокна в тресте, однако существенное увеличение содержания общего на 1,2–1,4 % и длинного на 1,6–2,1 % волокна получено в вариантах с внесением бора + цинка + меди + марганца в почву и дополнительного внесения цинка + меди в фазе «ёлочка».

При средней урожайности тресты 44,8 и семян 5,8 ц/га в варианте без применения микроудобрений расчетная прибыль составила 481,9 руб./га, рентабельность выращивания 33 % (табл. 4).

Максимальная прибыль 677,6 руб./га и рентабельность 44 % получены при внесении в почву до посева льна 2,0 кг/га д.в. цинка, обеспечившего получение урожайности семян 7,1 ц/га и тресты 47,0 ц/га номером 1,50. И на связносупесчаной почве со средним обеспечением макро- и микроэлементов этого было достаточно для ведения рентабельного производства льнопродукции.

Совместное внесение в почву бора, 1,0 + цинка, 2,0 + меди, 1,0 + марганца, 2,0 кг/га д.в. и дополнительное внесение в фазе «елочка» цинка, 0,3 + меди, 0,2 кг/га д.в. достоверно повышало урожайность льнопродукции, но увеличивало затраты на попку и применение микроудобрений, что снижало прибыль и рентабельность производства до 659,7–671,3 руб./га и 41 %, соответственно. Отдельное внесение минерального бора, 1,0 кг/га д.в., марганца, 2,0 кг/га д.в. в почву, препарата с хелатными микроэлементами Мультилен, 3,0 л/га в фазе «ёлочка» не обеспечило положительного экономического эффекта, а полученная прибыль была ниже, чем в контроле.

Таблица 4. Расчет экономической эффективности применения микроудобрений при возделывании льна-долгунца на связно-супесчаной почве, 2019–2020 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га		Номер тресты	Затраты на продукцию, руб./га	Стоимость продукции, руб./га	Прибыль, руб./га	Рентабельность, %
	треста	семена					
Без микроэлементов	44,8	5,8	1,25	1447,3	1929,2	481,9	33,3
Бор, 1,0 кг/га, в почву	45,0	6,4	1,25	1495,7	1959,6	463,9	31,0
Цинк, 2,0 кг/га д.в., в почву	47,0	7,1	1,50	1552,5	2230,1	677,6	43,6
Медь, 1,0 кг/га д.в., в почву	46,9	6,8	1,25	1537,6	2047,3	509,7	33,1
Марганец, 2,0 кг/га д.в., в почву	45,8	6,9	1,25	1532,1	2009,1	477,0	31,1
Бор, 1,0 + цинк, 2,0 + медь, 1,0 + марганец, 2,0 кг/га д.в., в почву (фон)	48,5	7,2	1,50	1625,2	2296,5	671,3	41,3
Фон + цинк, 0,3, медь, 0,2 кг/га д.в., фаза «ёлочка»	48,3	7,2	1,50	1628,4	2288,1	659,7	40,5
Микростим, 2,0 л/га, фаза «ёлочка»	45,5	6,4	1,25	1479,2	1978,7	499,5	33,8
Мультилен, 3,0 л/га, фаза «ёлочка»	45,5	6,4	1,25	1508,8	1978,7	469,9	31,1

### Заключение

На дерново-подзолистой связносупесчаной почве, подстилаемой моренным суглинком с глубины 0,7–0,8 м, содержащей 1,6–1,8 % гумуса, при средней обеспеченности почвы макро- и микроэлементами максимальные прибыль 677,6 руб./га и рентабельность 44 % получены при внесении в почву минерального цинка, 2,0 кг/га д.в., обеспечившего получение урожайности семян 7,1, тресты 47,0 ц/га номером 1,50. Максимальные прибавки семян 1,4, тресты 3,7, волокна 1,6, в том числе длинного 1,4 ц/га получены при совместном внесении в почву бора, 1,0 + цинка, 2,0 + меди, 1,0 + марганца, 2,0 кг/га д.в., но увеличение затрат на микроудобрения снижало экономическую эффективность производства льнопродукции. Применение препаратов с хелатными микроэлементами Микростим, 2,0 л/га и Мультилен, 3,0 л/га в фазе «елочка» льна достоверно повышало только урожайность семян на 0,6 ц/га (на 10 %).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Прудников, В. А. Исследования по агротехнике льна / В. А. Прудников. – Минск: Полиграфт, 2016. – С. 62.
2. Усовершенствованная система применения удобрений в льняном севообороте / В. Я. Тихомирова [и др.]; под общ. ред. В. Я. Тихомировой. – Торжок, 2005. – 81 с.
3. Трунилова, В. Н. Эффективность применения микроэлементов и их комплексонатов на посевах льна-долгунца в условиях северо-запада Российской Федерации: автореф. дис. ... канд. с-х. наук: 06.01.04 / В. Н. Трунилова; ФГБОУ ВО Великолукская ГСХА. – Великие Луки, 2003. – 22 с.
4. Сорокина, О. Ю. Рекомендации по применению удобрений при выращивании льна-долгунца с учетом плодородия почвы и сортовых особенностей культуры / О. Ю. Сорокина. – Тверь: Тверской государственный университет, 2015. – 10 с.
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
6. Треста льняная. Требования при заготовках. СТБ 1194-2007. – Введ. 01.07.2011. – Минск: Госстандарт РБ, 2009. – 12 с.
7. Фитосанитарный контроль при возделывании льна-долгунца. Практическое руководство / П. А. Саскевич [и др.]. – Горки, 2006. – 112 с.

## АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕЛЕННЫХ И ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР

М. П. АКУЛИЧ, В. Н. БОСАК

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: bosak1@tut.by

(Поступила в редакцию 08.02.2021)

Пряно-ароматические и зеленные культуры относятся к важнейшим пищевым, техническим и лекарственным растениям в Республике Беларусь. Зеленая масса, семена и эфирные масла зеленных и пряно-ароматических культур применяются в кулинарии, пищевой, консервной, ликеро-водочной и мыловаренной промышленности, в парфюмерии и косметологии, в традиционной и народной медицине.

Усовершенствование приемов возделывания зеленных и пряно-ароматических культур, в том числе применения минеральных удобрений, относится к важным элементам их агротехники, которые обеспечивают получение высоких и устойчивых урожаев товарной продукции с благоприятным ее качеством.

В исследованиях УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» изучены экономическая эффективность и влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зеленой массы укропа пахучего (*Anethum graveolens* L.) сорта Грибовский, кориандра посевного (*Coriandrum sativum* L.) сорта Летний бриз, салата листового (*Lactuca sativa* L.) сорта Американский коричневый и петрушки (*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss) сорта Курчавая.

В результате исследований установлено, что применение полного минерального удобрения увеличило урожайность зеленой массы укропа пахучего на 0,13–0,37 кг/м<sup>2</sup>, кориандра посевного – на 0,28–0,59, салата листового – на 0,36–0,88, петрушки – на 0,17–0,47 кг/м<sup>2</sup> при общей урожайности зеленой массы в удобренных вариантах соответственно 0,88–1,46 (укроп), 1,19–1,50 (кориандр), 2,45–2,97 (салат), 1,56–1,86 (петрушка) кг/м<sup>2</sup>. Применение минеральных удобрений в посевах изучаемых зеленных и пряно-ароматических культур обеспечило также получение чистого дохода 0,31–2,72 руб./м<sup>2</sup>.

Содержание нитратов товарной продукции (зеленая масса в фазу технологической спелости) в пределах ПДК при возделывании исследуемых зеленных и пряно-ароматических культур получено в вариантах с разовым внесением не более N<sub>60</sub> или дробном внесении N<sub>60+30</sub> на фоне применения фосфорных и калийных удобрений (P<sub>50</sub>K<sub>80</sub>).

**Ключевые слова:** минеральные удобрения, зеленая масса, урожайность, качество, нитраты, укроп пахучий, кориандр посевной, салат листовой, петрушка.

*Spicy-aromatic and leaf crops are among the most important food, technical and medicinal plants in the Republic of Belarus. Green mass, seeds and essential oils of leaf and spicy-aromatic crops are used in cooking, food, canning, alcoholic beverage and soap-making industries, in perfumery and cosmetology, in traditional and folk medicine.*

*Improvement of the methods of cultivation of leaf and spicy-aromatic crops, including the use of mineral fertilizers, is one of the important elements of their agricultural technology, which ensure high and stable yields of marketable products with favorable quality.*

*In Belarusian State Agricultural Academy, we have examined the economic efficiency and influence of mineral fertilizers on the yield and quality of green mass of fragrant dill (*Anethum graveolens* L.) of Gribovskii variety, seed coriander (*Coriandrum sativum* L.) of Summer breeze variety, leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) of American brown variety, and parsley (*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss) of Kurchavaia variety.*

*As a result of the research, it was found that the use of complete mineral fertilizers increased the yield of green mass of fragrant dill by 0.13–0.37 kg / m<sup>2</sup>, seed coriander – by 0.28–0.59, leaf lettuce – by 0.36–0.88, parsley – by 0.17–0.47 kg / m<sup>2</sup> with a total yield of green mass in fertilized variants, respectively, 0.88–1.46 (dill), 1.19–1.50 (coriander), 2.45–2.97 (lettuce), 1.56–1.86 (parsley) kg / m<sup>2</sup>. The use of mineral fertilizers in the crops of the studied leaf and spicy-aromatic crops also provided a net income of 0.31–2.72 rubles / m<sup>2</sup>.*

*The content of nitrates in commercial products (green mass in the phase of technological ripeness) within the maximum permissible concentration during the cultivation of the studied leaf and spicy-aromatic crops was obtained in variants with a single application of no more than N<sub>60</sub> or fractional application of N<sub>60+30</sub> against the background of the use of phosphorus and potassium fertilizers (P<sub>50</sub>K<sub>80</sub>).*

**Key words:** mineral fertilizers, green mass, yield, quality, nitrates, fragrant dill, seed coriander, leaf lettuce, parsley.

### Введение

Пряно-ароматические и зеленные культуры относятся к важнейшим пищевым, техническим и лекарственным растениям в Республике Беларусь. Однако в настоящее время обеспеченность населения Республики Беларусь зелеными и пряными овощами составляет всего 30–34 % от рекомендованной нормы (20,4 кг в год на одного человека) [1–4].

Усовершенствование приемов возделывания зеленных и пряно-ароматических культур, в том числе разработка приемов применения удобрений, относится к важнейшим элементам их агротехники, обеспечивающим получение высоких и устойчивых урожаев с благоприятным качеством товарной продукции [5–18].

Укроп пахучий (*Anethum graveolens* L.), кориандр посевной (*Coriandrum sativum* L.), салат листовой (*Lactuca sativa* L.) и петрушка (*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss) принадлежат к традиционным зеленым и пряно-ароматическим культурам в Республике Беларусь.

Зеленая масса, семена и эфирные масла укропа пахучего, кориандра посевного, салата листового и петрушки используются в кулинарии, пищевой, консервной, ликеро-водочной и мыловаренной промышленности, в парфюмерии и косметологии, в традиционной и народной медицине [1–3, 19–21].

Цель исследования – изучить влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зеленых и пряно-ароматических культур.

#### **Основная часть**

Исследования по изучению агроэкономической эффективности применения минеральных удобрений проводили УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» на протяжении 2018–2020 гг. на окультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве.

Исследуемые культуры – укроп пахучий (*Anethum graveolens* L.) сорт Грибовский, кориандр посевной (*Coriandrum sativum* L.) сорт Летний бриз, салат листовой (*Lactuca sativa* L.) сорт Американский коричневый и петрушка (*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss) сорт Курчавая.

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта исследуемой почвы имела следующие показатели: рН<sub>KCl</sub> 6,5–6,8, содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0,2 М HCl) – 390–410 мг/кг, K<sub>2</sub>O (0,2 М HCl) – 370–390 мг/кг, гумуса (0,4 н K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) – 2,9–3,1% (индекс агрохимической окультуренности 1,0).

Схема опыта предусматривала варианты без применения удобрений; с внесением под предпосевную культивацию N<sub>30-90</sub>P<sub>50</sub>K<sub>80</sub> (карбамид, аммофос, сульфат калия), с подкормкой посевов N<sub>30</sub> в фазу ветвления.

Полевые исследования, лабораторные анализы и статистическую обработку результатов проводили согласно существующим методикам [1–4, 22–24].

Экономическую эффективность применения минеральных удобрений проводили по методике Института почвоведения и агрохимии в действующих ценах на минеральные удобрения и товарную продукции [6, 25, 26].

Как показали результаты полевых испытаний, погодные условия и применение минеральных удобрений оказали существенное влияние на урожайность зеленой массы исследуемых культур и накопление в ней нитратов (табл. 1–3).

В целом по вегетационным периодам погодные условия оказались приближенными к среднепогодным показателям. Однако рост и развитие растений зависит от погодных условий конкретных периодов их роста и развития [27], среди которых для зеленых и пряно-ароматических культур наибольшее значение имеют май (посев и всходы), июнь (наиболее интенсивный рост) и июль (уборка урожая).

В наших исследованиях наиболее благоприятными для роста и развития зеленых и пряно-ароматических культур оказались погодные условия 2020 г. В мае 2020 г. отмечено высокое выпадение осадков, что обеспечило дружные и равномерные всходы изучаемых зеленых и пряно-ароматических культур (ГТК = 2,4). В июне 2020 г. также отмечена высокая обеспеченность осадками при довольно благоприятной температуре воздуха (ГТК = 2,4). В июле 2020 г., наоборот, ощущался определенный недобор осадков при повышенной температуре воздуха (ГТК = 1,0), что обеспечило благоприятные условия для уборки урожая.

В 2018 г. недостаток осадков в мае неблагоприятно сказался на всходах исследуемых культур (ГТК = 0,7), что в дальнейшем сказалось на их росте и развитии в июне (ГТК = 1,7).

В 2019 г. наиболее неблагоприятные погодные условия отмечены в июне (высокая температура воздуха при недостатке осадков, ГТК = 0,7), что также отрицательно сказалось на росте и развитии исследуемых растений.

В результате наиболее высокая урожайность всех изучаемых культур отмечено в 2020 г. – урожайность зеленой массы укропа пахучего в зависимости от опытного варианта составила 0,86–1,14 (зелень) и 1,61–1,96 (пряность) кг/м<sup>2</sup>, кориандра посевного – 1,10–1,74, салата листового – 2,14–3,15, петрушки – 1,67–2,25 кг/м<sup>2</sup>.

В 2018 г. урожайность зеленой массы укропа пахучего в зависимости от опытного варианта и фазы уборки оказалась 0,68–1,20 кг/м<sup>2</sup>, кориандра посевного – 1,06–1,70, салата листового – 2,13–3,11, петрушки – 1,57–2,07 кг/м<sup>2</sup>. В 2019 г. урожайность зеленой массы укропа изменялась в пределах 0,71–1,21 кг/м<sup>2</sup>, кориандра посевного – 0,58–1,05, салата листового – 2,01–2,73, петрушки – 0,93–1,28 кг/м<sup>2</sup>.



В среднем за три года исследований урожайность зеленой массы укропа пахучего в контрольном варианте без удобрений составила 0,75 (зелень) и 1,09 (пряность), в вариантах с применением минеральных удобрений – соответственно 0,88–1,02 и 1,22–1,46 кг/м<sup>2</sup>.

Внесение полного минерального удобрения увеличило урожайность зеленой массы укропа пахучего при уборке на зелень на 0,13–0,27 кг/м<sup>2</sup> и при уборке на пряность – на 0,13–0,37 кг/м<sup>2</sup> с ее увеличением в вариантах с возрастающими дозами азота и максимальными показателями в варианте с дробным и разовым применением N<sub>90</sub> на фоне P<sub>50</sub>K<sub>80</sub> (урожайность зеленой массы – 1,01–1,46 кг/м<sup>2</sup>). Дробное применение 90 кг/га д.в. азота по агрономической эффективности не имело преимуществ перед разовым внесением его аналогичной дозы.

Таблица 1. Показатели гидротермического коэффициента (ГТК) периода вегетации (май–август)

Годы исследования	Период				
	Май	Июнь	Июль	Август	Вегетация
2018	0,7	1,7	2,4	0,4	1,3
2019	1,2	0,7	2,8	1,4	1,5
2020	2,4	2,5	1,0	1,7	1,9
среднее многолетнее	1,4	1,6	1,4	1,4	1,5

Таблица 2. Агрэкономическая эффективность применения минеральных удобрений при возделывании зеленых и пряно-ароматических культур

Вариант	Зеленая масса, кг/м <sup>2</sup>				Прибавка, кг/м <sup>2</sup>	Чистый доход, руб./м <sup>2</sup>
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Ø		
<b>Укроп пахучий (<i>Anethum graveolens</i> L.), зелень</b>						
Без удобрений	0,68	0,71	0,86	0,75	–	–
N <sub>30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	0,80	0,84	0,99	0,88	0,13	0,37
N <sub>60</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	0,87	0,88	1,07	0,94	0,19	0,56
N <sub>60+30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	0,98	0,94	1,14	1,02	0,27	0,81
N <sub>90</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	0,98	0,93	1,14	1,01	0,26	0,80
НСР <sub>05</sub>	0,04	0,04	0,05	0,04		
<b>Укроп пахучий (<i>Anethum graveolens</i> L.), пряность</b>						
Без удобрений	0,81	0,86	1,61	1,09	–	–
N <sub>30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	0,91	1,03	1,73	1,22	0,13	0,31
N <sub>60</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1,05	1,09	1,86	1,33	0,24	0,60
N <sub>60+30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1,20	1,21	1,96	1,46	0,37	0,92
N <sub>90</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1,19	1,21	1,95	1,45	0,36	0,89
НСР <sub>05</sub>	0,05	0,05	0,08	0,06		
<b>Кориандр посевной (<i>Coriandrum sativum</i> L.), зелень</b>						
Без удобрений	1,06	0,58	1,10	0,91	–	–
N <sub>30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1,32	0,89	1,37	1,19	0,28	0,85
N <sub>60</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1,54	0,98	1,58	1,37	0,46	1,39
N <sub>60+30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1,70	1,05	1,74	1,50	0,59	1,79
N <sub>90</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1,68	1,03	1,71	1,47	0,56	1,72
НСР <sub>05</sub>	0,07	0,04	0,08	0,06		
<b>Салат листовой (<i>Lactuca sativa</i> L.), зелень</b>						
Без удобрений	2,13	2,01	2,14	2,09	–	–
N <sub>30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	2,47	2,37	2,52	2,45	0,36	1,10
N <sub>60</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	2,85	2,50	2,92	2,76	0,67	2,04
N <sub>60+30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	3,11	2,59	3,15	2,95	0,86	2,65
N <sub>90</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	3,08	2,73	3,11	2,97	0,88	2,72
НСР <sub>05</sub>	0,14	0,12	0,14	0,13		
<b>Петрушка (<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) Fuss), зелень</b>						
Без удобрений	1,57	0,93	1,67	1,39	–	–
N <sub>30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1,74	1,11	1,84	1,56	0,17	0,50
N <sub>60</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1,94	1,20	1,97	1,70	0,31	0,95
N <sub>60+30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	2,06	1,28	2,15	1,83	0,44	1,34
N <sub>90</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	2,07	1,27	2,25	1,86	0,47	1,45
НСР <sub>05</sub>	0,09	0,06	0,10	0,08		

Согласно технологической карте возделывания укропа пахучего, при оптовых закупочных ценах 3,5 руб. за 1 кг зелени и 3,0 руб. за 1 кг пряности, чистый доход на 1 м<sup>2</sup> в среднем составляет 2,0–2,5 руб. Применение полного минерального удобрения N<sub>30-90</sub>P<sub>50</sub>K<sub>80</sub> обеспечивает получение чистого дохода при уборке на зелень 0,37–0,81 руб./м<sup>2</sup>, при уборке на пряность – 0,31–0,92 руб./м<sup>2</sup>, что свидетельствует как о высокой экономической эффективности выращивания укропа пахучего, так и высокой экономической эффективности применения минеральных удобрений при его возделывании.

Следует, однако, отметить что экономическая эффективность выращивания укропа пахучего и других зеленых и пряно-ароматических культур, а также применения минеральных удобрений в их посевах может значительно изменяться как от величины закупочных цен, так и сезонности и емкости рынка

сбыта товарной продукции.

Таблица 3. Влияние минеральных удобрений на содержание нитратов в зеленой массе зеленных и пряно-ароматических культур

Вариант	Нитраты, мг/кг			
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	∅
<b>Укроп пахучий (<i>Anethum graveolens</i> L.), зелень</b>				
Без удобрений	1477	1870	1122	1490
N <sub>30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1783	1810	1573	1722
N <sub>60</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1925	1930	1807	1887
N <sub>60+30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	2077	2150	1985	2071
N <sub>90</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	2180	2210	2030	2140
НСР <sub>05</sub>	89	95	84	89
<b>Укроп пахучий (<i>Anethum graveolens</i> L.), пряность</b>				
Без удобрений	1180	1223	810	1071
N <sub>30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1630	1267	1147	1348
N <sub>60</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1870	1757	1407	1678
N <sub>60+30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	2010	1994	1922	1975
N <sub>90</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	2075	2087	2008	2057
НСР <sub>05</sub>	76	85	71	77
<b>Кориандр посевной (<i>Coriandrum sativum</i> L.), зелень</b>				
Без удобрений	643	1233	1183	1020
N <sub>30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1292	1375	1303	1323
N <sub>60</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1598	1463	1696	1586
N <sub>60+30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1922	1728	1849	1833
N <sub>90</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	2029	1978	2051	2019
НСР <sub>05</sub>	74	73	79	75
<b>Салат листовой (<i>Lactuca sativa</i> L.), зелень</b>				
Без удобрений	975	1107	1118	1067
N <sub>30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1213	1233	1362	1269
N <sub>60</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1586	1363	1610	1520
N <sub>60+30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1924	1989	1880	1931
N <sub>90</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	2152	2080	2102	2111
НСР <sub>05</sub>	79	75	79	
<b>Петрушка (<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) Fuss), зелень</b>				
Без удобрений	1049	1090	926	1022
N <sub>30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1654	1415	1481	1517
N <sub>60</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1829	1620	1565	1671
N <sub>60+30</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	1942	1871	1801	1871
N <sub>90</sub> P <sub>50</sub> K <sub>80</sub>	2036	2032	2018	2029
НСР <sub>05</sub>	65	78	75	73
ПДК				2000

В опытах с кориандром посевным в среднем за три года исследований возрастающие дозы азотных удобрений N<sub>30-90</sub> на фоне P<sub>50</sub>K<sub>80</sub> существенно увеличили урожайность зеленой массы на 0,28–0,59 кг/м<sup>2</sup> с максимальными ее показателями в вариантах с дробным и разовым внесением 90 кг/га д.в. азота (1,47–1,50 кг/м<sup>2</sup>). Чистый доход от применения полного минерального удобрения в посевах кориандра посевного составил 0,85–1,79 руб./м<sup>2</sup>.

При возделывании салата листового применение минеральных удобрений увеличило урожайность зеленой массы на 0,36–0,88 кг/м<sup>2</sup> при чистом доходе 1,10–2,72 руб./м<sup>2</sup> с наибольшими показателями агроэкономической эффективности в вариантах с применением N<sub>60+30</sub> и N<sub>90</sub> на фоне P<sub>50</sub>K<sub>80</sub>.

В исследованиях с петрушкой применение полного минерального удобрения также обеспечило прибавку урожай зеленой массы 0,17–0,47 кг/м<sup>2</sup> при чистом доходе 0,50–1,45 руб./м<sup>2</sup> с наибольшими показателями агроэкономической эффективности в вариантах с применением 90 кг/га д.в. азота на фоне P<sub>50</sub>K<sub>80</sub>.

Дробное и разовое применение 90 кг/га д.в. азота при возделывании всех исследуемых культур обеспечило практически равнозначную прибавку урожая в пределах НСР<sub>05</sub>.

Наряду с урожайностью товарной продукции, большое значение при возделывании зеленных и пряно-ароматических культур имеют качественные показатели, среди которых одним из важнейших является содержание нитратов [10, 11, 28, 29].

Согласно Гигиеническому нормативу «Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов», ПДК содержания нитратов в листовых овощах в Республике Беларусь составляет 2000 мг/кг [30].

В наших исследованиях при возделывании всех изучаемых зеленных и пряно-ароматических культур содержание нитратов в зеленой массе в пределах ПДК в среднем за три года исследований обеспечило разовое внесение азота в дозах, не превышающих  $N_{60}$  на фоне  $P_{50}K_{80}$ . Повышение разовой дозы азота до  $N_{90}$  способствовало избыточному накоплению нитратов в зеленой массе всех исследуемых зеленных и пряно-ароматических растений. При дробном внесении  $N_{60+30}$  на фоне  $P_{50}K_{80}$  превышение содержания нитратов отмечено лишь в зеленой массе укропа при уборке ее на зелень.

Содержание сырого протеина в зеленой массе укропа пахучего в зависимости от опытного варианта и фазы уборки в среднем составило 19,3–28,1, кориандра посевного – 17,6–21,8, салата листового – 15,9–20,1, петрушки – 9,3–14,1 %, витамина С – 15,5–32,4 (укроп), 29,3–74,3 (кориандр), 15,5–26,5 (салат), 84,4–104,7 мг/100 г (петрушка), сырого жира – соответственно 1,9–2,5, 1,7–2,2, 2,0–2,5 и 1,6–1,9 %, сырой золы – 11,5–13,2 (укроп), 14,7–15,9 (кориандр), 22,6–26,2 (салат) и 13,8–14,4 % (петрушка).

Нормативный (удельный) вынос основных элементов питания, показатели которого используют при расчете баланса и доз удобрений в производстве [31, 32], в среднем для исследуемых зеленных и пряно-ароматических культур составил: 3,7–6,3 (N), 2,2–3,1 ( $P_2O_5$ ), 7,3–7,9 ( $K_2O$ ), 3,4–4,1 (CaO) и 0,6–1,0 (MgO) кг с 1 т зеленой массы.

### **Заключение**

В исследованиях на окультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве применение минеральных удобрений  $N_{30-90}P_{50}K_{80}$  существенно увеличило урожайность зеленой массы укропа пахучего, кориандра посевного, салата листового и петрушки при получении чистого дохода от их внесения 0,31–2,72 руб./м<sup>2</sup>.

Лучшие показатели агроэкономической эффективности при возделывании укропа пахучего (уборка на пряность), кориандра посевного, салата листового и петрушки получены при дробном внесении  $N_{60+30}$  на фоне  $P_{50}K_{80}$  (прибавка урожая зеленой массы составила 0,37–0,86 кг/м<sup>2</sup>, общая урожайность зеленой массы – 1,46–2,95 кг/м<sup>2</sup>, чистый доход – 0,92–2,65 руб./м<sup>2</sup>, содержание нитратов – 1833–1975 мг/кг).

При уборке укропа пахучего на зелень содержание нитратов в пределах ПДК обеспечивала доза азота, не превышающая  $N_{60}$  на фоне  $P_{50}K_{80}$ . В лучшем по продуктивности варианте с внесением  $N_{60}P_{50}K_{80}$  прибавка урожая составила 0,19 кг/м<sup>2</sup>, общая урожайность зеленой массы – 0,94 кг/м<sup>2</sup>, чистый доход – 0,56 руб./м<sup>2</sup>, содержание нитратов – 1887 мг/кг.

Повышение разовой дозы азота до  $N_{90}$  на фоне  $P_{50}K_{80}$  способствовало избыточному накоплению нитратов в товарной продукции всех исследуемых зеленных и пряно-ароматических культур.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Ваш богатый огород / А. П. Шкляр [и др.]. – Минск: УниверсалПресс, 2005. – 320 с.
2. Зеленные и пряно-вкусовые культуры / Ю. П. Шевченко [и др.]. – Москва: ФНЦО, 2019. – 224 с.
3. Скорина, В. В. Пряно-ароматические и эфирномасличные культуры / В. В. Скорина, В. Н. Прохоров. – Минск: ИВЦ Минфина, 2018. – 215 с.
4. Характеристика и особенности агротехники новых сортов пряно-ароматических культур: рекомендации / Т. В. Сачивко [и др.]. – Горки: БГСХА, 2019. – 19 с.
5. Акулич, М. П. Урожайность и качество укропа пахучего в зависимости от применения минеральных удобрений, агроメリорантов и биопрепаратов / М. П. Акулич, В. Н. Босак // Овощеводство. – 2019. – Т. 27. – С. 6–11.
6. Босак, В. Н. Агроэкономическая эффективность применения агроメリорантов и биопрепаратов при возделывании укропа пахучего / В. Н. Босак, М. П. Акулич // Овощеводство. – 2020. – Т. 28. – С. 6–12.
7. Босак, В. Н. Влияние удобрений на продуктивность пряно-ароматических культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Аграрная наука – сельскому хозяйству. – Барнаул: АГАУ, 2018. – Кн. 1. – С. 251–253.
8. Босак, В. Н. Применение удобрений на приусадебном участке / В. Н. Босак. – Минск, 2005. – 16 с.
9. Босак, В. Н. Эффективность применения золы при возделывании укропа пахучего / В. Н. Босак, М. П. Акулич // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2020. – С. 60–63.
10. Босак, В. Н. Влияние минеральных удобрений на накопление нитратов и урожайность пряно-ароматических и зеленных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, М. П. Акулич // Овощеводство. – 2019 – Т. 27. – С. 17–24.
11. Босак, В. Н. Продуктивность пряно-ароматических культур в зависимости от применения удобрений / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: агрономия. – Гродно: ГГАУ, 2018. – Т. 42. – С. 10–16.
12. Лапа, В. В. Азотный режим дерново-подзолистой почвы и его влияние на продуктивность звена севооборота / В. В. Лапа, В. Н. Босак, О. Ф. Смянович // Почвоведение и агрохимия. – 1998. – № 30. – С. 89–95.
13. Лапа, В. В. Оптимальные дозы удобрений под сельскохозяйственные культуры / В. В. Лапа, В. Н. Босак. – Минск: БелНИИПА, 2003. – 23 с.

14. Применение новых видов гуминовых удобрений в агробиоценозах: рекомендации / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2020. – 14 с.
15. Применение однокомпонентных и комплексных удобрений: рекомендации / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: БГТУ, 2018. – 30 с.
16. Применение удобрений при возделывании овощных культур: рекомендации / В. В. Скорина [и др.]. – Минск: БГТУ, 2012. – 16 с.
17. Сачивко, Т. В. Эффективность применения гуминовых удобрений при возделывании пряно-ароматических и эфирно-масличных культур / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2021. – С. 337–339.
18. Schubert, S. Pflanzenernährung / S. Schubert. – Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, 2018. – 234 s.
19. Босак, В. Н. Обеспечение импортозамещения в АПК Республики Беларусь / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Стратегические направления развития АПК стран СНГ. – Барнаул, 2017. – С. 305 – 307.
20. Перспективы использования и особенности эфирных масел растений Республики Беларусь / Н. А. Коваленко, Г. Н. Супиченко, Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Инновационные решения проблем экономики знаний Беларуси и Казахстана. – Минск: БНТУ, 2016. – С. 236–237.
21. Циунель, М. М. Укроп: сорта и особенности агротехники / М. М. Циунель // Вестник овощевода. – 2009. – № 2. – С. 2–7.
22. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Москва: ИД Альянс, 2011. – 352 с.
23. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: Инфра-М, 2016. – 336 с.
24. Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов. – Москва: ВНИИО, 2011. – 650 с.
25. Босак, В. Н. Агроэкономическая эффективность применения удобрений / В. Н. Босак. – Минск, 2005. – 44 с.
26. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.]. – Минск: ИПА, 2010. – 24 с.
27. Лапа, В. В. Роль погодных условий в формировании продуктивности сельскохозяйственных культур / В. В. Лапа, В. Н. Босак, Н. Н. Ивахненко // Изменение климата и использование климатических ресурсов. – Минск: БГТУ, 2001. – С. 147–154.
28. Босак, В. Н. Содержание нитратов в растениеводческой продукции в зависимости от погодных условий и применения удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / В. Н. Босак, Е. Г. Мезенцева, Т. В. Дембицкая // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 1. – С. 167–172.
29. Лапа, В. В. Применение удобрений и качество урожая / В. В. Лапа, В. Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 120 с.
30. Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов: гигиенический норматив [Электронный ресурс]: постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 21 июня 2013 г., № 52 в ред. от 22.11.2016 г. № 120). – Минск, 2020. – Режим доступа: <http://www.pravo.by>. – Дата доступа 15.12.2020.
31. Босак, В. Н. Нормативный вынос элементов питания зелеными, пряно-ароматическими и эфирно-масличными культурами / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, М. П. Акулич // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2021. – С. 41–42.
32. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.

## МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК: 631.358:633.52

### РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОБМОЛАЧИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С ЭЛАСТИЧНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ В ЛИНИИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНА

В. А. ЛЕВЧУК, М. В. ЦАЙЦ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: baa\_bgd@tut.by

(Поступила в редакцию 13.01.2021)

В осваиваемой в Республике Беларусь западноевропейской технологии уборки и первичной переработки льна осуществляется обмолот (очес) коробочек в линиях первичной переработки Van Dommele или Depoortere. Процесс очеса в данных линиях первичной переработки осуществляется гребневым очесывающим устройством, главными и серьезными недостатками которых являются повышенные повреждения и отход стеблей в путанину, что снижает качество получаемого волокна. С целью решения этой проблемы в УО БГСХА разработано обмолачивающее устройство с эластичным рабочим органом.

В статье представлены методика и результаты экспериментальных исследований по определению степени обмолота коробочек льна обмолачивающим устройством с эластичным рабочим органом, которое позволяет повышать степень выделения коробочек льна и семян, при этом зубчатая поверхность рабочего органа обеспечивает качественную работу обмолачивающего устройства без обрыва стеблей льна и отхода в путанину. Опровергнута гипотеза об описании результатов экспериментов линейной моделью. С учетом данных крутого восхождения был выбран центр эксперимента в новой точке, а также уточнены интервалы и уровни варьирования основных факторов, влияющих на степень обмолота. Получено уравнение регрессии второго порядка, которое отражает зависимость степени обмолота от скорости подачи ленты льна, зазора между эластичным рабочим органом и сепарирующей решеткой (декой) и частоты вращения барабана. Произведено раскодирование уравнения регрессии для интерпретации результатов и возможности его использования в качестве расчетной формулы. Определены рациональные границы исследуемых параметров, которые варьируют в следующих пределах: скорость подачи ленты льна от 1,2 до 1,6 м/с; зазор между сепарирующей решеткой (декой) и эластичным рабочим органом от 0,01 до 0,02 м; частота вращения рабочего органа от 2,5 до 3,5 об/с. Обмолот коробочек льна в разработанном устройстве предлагаемого типа производится в оптимальном режиме при частоте вращения рабочего органа 3,09 об/с, зазор между сепарирующей решеткой (декой) и эластичным рабочим органом 0,01 м, скорость подачи ленты льна 1,25 м/с, при этом степень обмолота составит 99,46 %.

**Ключевые слова:** лен, очесывающее устройство, обмолачивающее устройство, коробочки льна, семена льна, ворох льна, обмолот, очес, лента льна, линия первичной переработки льна.

In the Western European technology of harvesting and primary processing of flax, mastered in the Republic of Belarus, threshing (stripping) of bolls is carried out in the lines of primary processing of Van Dommele or Depoortere. The stripping process in these lines of primary processing is carried out by a comb stripper, the main and serious disadvantages of which are increased damage and stems getting tangled, which reduces the quality of the resulting fiber. In order to solve this problem, a threshing device with an elastic working body has been developed at Belarusian State Agricultural Academy.

The article presents the methodology and results of experimental studies to determine the degree of threshing of flax bolls with a threshing device with an elastic working body, which allows you to increase the degree of selection of flax bolls and seeds, while the toothed surface of the working body ensures high-quality operation of the threshing device without breaking flax stalks and getting them tangled. The hypothesis about the description of experimental results by a linear model is refuted. Taking into account the data of steep ascent, the center of the experiment was selected at a new point, and the intervals and levels of variation of the main factors affecting the degree of threshing were clarified. A second-order regression equation is obtained, which reflects the dependence of degree of threshing on the feed rate of the flax band, the gap between the elastic working body and the separating grid (deck) and the drum rotation frequency. The regression equation was decoded to interpret the results and possibly use it as a calculation formula. The rational boundaries of investigated parameters have been determined, which vary within the following limits: the feed rate of the flax band is from 1.2 to 1.6 m / s; the gap between the separating grid (deck) and the elastic working body is from 0.01 to 0.02 m; working body rotation frequency from 2.5 to 3.5 rev / s. The threshing of flax bolls in the developed device of the proposed type is carried out in the optimal mode at a rotational speed of the working body of 3.09 rev / s, the gap between the separating grid (deck) and the elastic working body is 0.01 m, the feed speed of flax band is 1.25 m / s, while the degree of threshing will be 99.46 %.

**Key words:** *flax, stripper, threshing device, flax bolls, flax seeds, flax heap, threshing, stripping, flax band, flax primary processing line.*

### **Введение**

Для Республики Беларусь лен-долгунец является одной из основных технических культур он дает три вида сырья для промышленности: волокно, семена и костру. Льняное волокно повышает конкурентоспособность текстильной промышленности нашей республики, поскольку спрос на льняные ткани в мире постоянно растет. Эффективность производства льна может быть увеличена его универсальностью использования. Семена льна могут использоваться в пищевой промышленности. Наличие в льняной костре большого количества лигнина делает его привлекательным для производства топливных брикетов или пеллет [1]. Низкосортное короткое волокно нашло свое широкое применение в производстве утеплителя, медицинской ваты, бинтов, а также для производства бумаги и тепло- и шума-изоляционных плит. Отходы переработки льна при производстве льняного масла являются очень хорошим кормом для животных [2].

В технологической цепочке производства льна-долгунца наиболее значимыми процессами являются уборка и первичная переработка. Имеющиеся недостатки механизированных технологий уборки и первичной переработки льна-долгунца, вызванные стремлением к полной механизации процессов и увеличению производительности труда, способствовали созданию комбинированной технологии. Ее применение возможно при наличии полного комплекса машин и оборудования, необходимых для существующих технологических операций, что приводит к росту ресурсоемкости и эксплуатационных затрат [3]. В осваиваемой в Республике Беларусь заводской технологии уборки и первичной переработки льна-долгунца обмолот (очес) коробочек осуществляется в линиях первичной переработки льна Van Dommele, Cheh Flax Mashinery или Depoortere. В данных линиях первичной переработки используются гребневые очесывающие аппараты с присущими им недостатками [4, 5].

В связи с этим, считаем важной задачей, имеющей практическое значение для льноводства – совершенствование процесса обмолота стеблей в линии первичной переработки льна и разработка обмолачивающего устройства с целью повышения его эффективности.

В настоящее время, как за рубежом, так и в Республике Беларусь наибольшее распространение получили однобарабанные очесывающие аппараты с круговым поступательным движением гребней [4, 5, 6]. Сущность технологического процесса очеса коробочек льна подобными устройствами заключается в проникновении системы зубьев в слой стеблей, разделении его на полоски, в процессе принудительного прочёсывания последних с исправлением дефектов ориентации и нарушением связей между стеблями и спутавшимися коробочками [4]. Существенными недостатками устройств подобного типа являются повышенные повреждения, выдергивания из зажимного транспортера и отход стеблей в путанину, возникающие в результате прочёсывания ленты спутанных и сцепленных между собой стеблей льна [4].

Для уменьшения отхода стеблей в путанину и снижения их повреждаемости при осуществлении процесса отделения семян в линии первичной переработки льна в УО БГСХА разработано обмолачивающее устройство с эластичным рабочим органом [7, 8, 9]. Эластичный рабочий орган установлен под острым углом к плоскости зажимного транспортера и совершает ударно-вытирающее воздействие с одновременным нарушением механических связей между стеблями и коробочками льна. За счет последовательных ударов обеспечивается интенсивное выделение коробочек и семян, застрявших в ленте льна, с минимальным количеством отходов стеблей в путанину.

Цель исследований – определение математической модели, описывающей процесс обмолота коробочек льна разработанным обмолачивающим устройством с эластичным рабочим органом, в зависимости от исследуемых конструктивных и технологических параметров.

### **Основная часть**

Для исследования процесса обмолота, влияния основных конструкторских и технологических параметров устройства на качественные показатели его работы, была разработана и изготовлена специальная лабораторная установка (рис. 1).

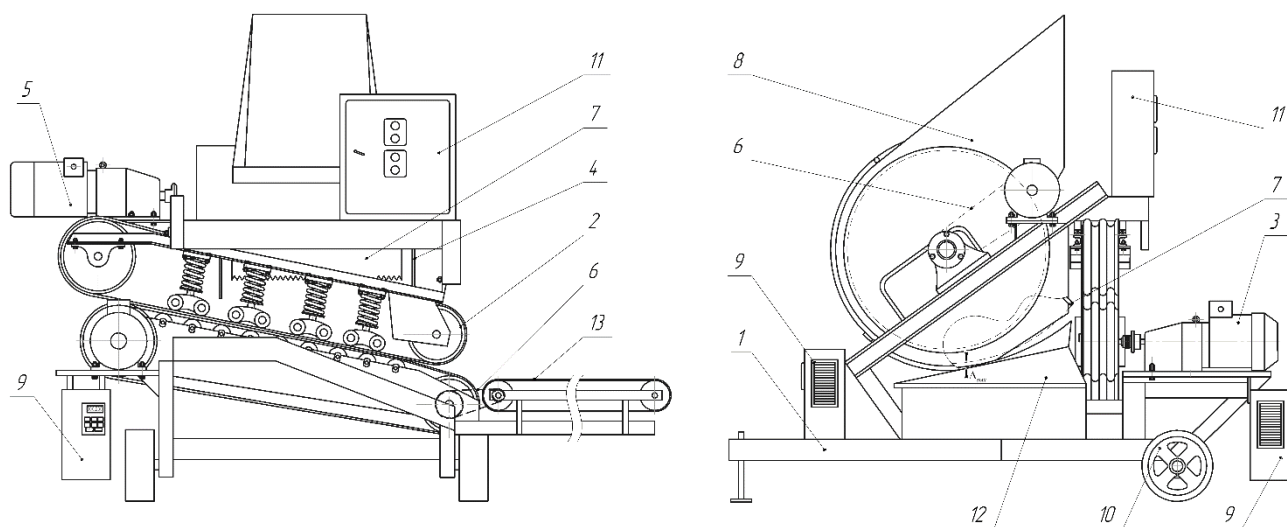


Рис. 1. Схема лабораторной установки:

1 – рама; 2 – зажимной транспортер; 3, 5 – мотор-редуктор; 4 – барабан; 6 – цепная передача; 7 – эластичный рабочий орган; 8 – камера обмолота; 9 – преобразователь частоты; 10 – колеса; 11 – шкаф управления; 12 – сепарирующая решетка (дека); 13 – подающий транспортер

Лабораторная установка включает в себя раму 1, на которой установлен зажимной транспортер 2, привод которого осуществляется от мотор-редуктора 3 мощностью 2,2 кВт с оборотами выходного вала 125 об/мин. Также на раме 1 закреплен обмолачивающий барабан 4. Привод барабана состоит из мотор-редуктора с оборотами выходного вала 315 об/мин, мощностью 4 кВт и цепной передачи 6 с передаточным числом 1,5. Оба привода включаются при помощи шкафа управления 11 и снабжены индивидуальными преобразователями частоты вращения, позволяющими бесступенчато изменять контролируемые параметры: частоту вращения рабочего органа и скорость подачи ленты льна.

Барабан 4 оснащен эластичным рабочим органом (бичом) 7, установленным под острым углом относительно плоскости зажимного транспортера 2. Профиль рабочей поверхности бича 7 имеет зубчатую форму. Барабан 4 с эластичным рабочим органом 7 помещены в камеру обмолота 8. Под барабаном, в зоне обмолота, установлена сепарирующая решетка (дека) 12, форма которой повторяет траекторию движения рабочего органа и имеет регулировки по высоте. Для подачи ленты льна, лабораторная установка обеспечена подающим транспортером 13, привод которого осуществляется от зажимного транспортера посредством цепной передачи, что обеспечивает одинаковую скорость ленты подающего 13 и зажимного 2 транспортера. Для перемещения экспериментальной установки предусмотрены колеса 10.

Конструкция лабораторной установки позволяет в необходимых пределах изменять следующие параметры: частоту вращения рабочего органа; угол наклона рабочего органа; смещение подаваемой на обмолот ленты льна относительно зажимного транспортера; толщина слоя подаваемой на обмолот ленты льна; скорость подаваемой на обмолот ленты льна; зазор между рабочим органом и сепарирующей решеткой (декой).

В опытах варьировали следующие факторы:

1. Смещение подаваемой на обмолот ленты льна относительно зажимного транспортера оказывает отрицательное влияние, поскольку в процессе обмолота образуются участки семенной части ленты льна выходящие за границы зоны эффективного обмолота, таким образом снижается степень отделения коробочек и семян от стеблей льна. Этот эффект наблюдается при смещении ленты льна в обе стороны, поэтому нижний и верхний пределы варьирования устанавливались из условия обеспечения максимального воздействия рабочего органа на верхушечную (семенную) часть стеблей льна и принимались равным  $-0,1$  и  $+0,1$  м, при этом отрицательное значение соответствует смещению ленты льна в сторону удаления от оси вращения рабочего органа, а положительное – в сторону приближения к ней. Шаг изменения величины принимался равным 0,05 м [5].

2. Скорость подаваемой на обмолот ленты льна оказывает значительное влияние на процесс обмолота. Увеличение скорости снижает число воздействий рабочего органа на ленту льна, что вызывает снижение степени обмолота. Законом изготовителем линии первичной переработки льна установлена минимальная скорость движения ленты льна на уровне 1,2 м/с. Нижняя и верхняя границы устанавливались из условия обеспечения производительности технологической линии. Поэтому значение

границ принималось в пределах от 1,2 м/с до 2,0 м/с. Шаг изменения скорости был принят равным 0,2 м/с [5].

3. Угол установки рабочего органа относительно плоскости зажимного транспортера в значительной степени влияет на процесс обмолота. Увеличение угла установки способствует более глубокой проникаемости зубьев эластичного рабочего органа в ленту льна, что ведет к увеличению степени обмолота. Уменьшение угла наклона обеспечивает плавный вход на начальном этапе взаимодействия бича с лентой льна, однако, при дальнейшем движении рабочего органа пятно контакта рабочей поверхности бича с лентой льна увеличивается при этом увеличивается сила трения, а следовательно и мощность на привод. Нижняя граница принималась равной  $30^\circ$ , верхняя –  $70^\circ$ . Шаг изменения принят равным  $10^\circ$  [5].

4. Толщина слоя ленты льна оказывает влияние на качественные показатели обмолота, такие как степень обмолота, повреждения стеблей льна и травмирование семян льна. Чем больше толщина подаваемой на обмолот ленты льна, тем ниже показатель проникаемости зубчатого бича в обрабатываемый слой, тем самым снижается уплотняющая способность бича, а соответственно и снижается степень обмолота. Увеличение толщины слоя ленты льна без увеличения зазора между декой и эластичным рабочим органом приведет к увеличению степени сжатия слоя, что в свою очередь приведет к увеличению разрывных усилий при рабочем движении бича. Недостаточная толщина приведет к большому травмированию стеблей. Пределы варьирования значения толщины слоя ленты льна устанавливались исходя из возможной минимальной и максимальной урожайности и принимались равными: нижний – 0,01 м, верхний – 0,05 м. Шаг принимался равным 0,01 м [5].

5. Зазор между рабочим органом и сепарирующей решеткой (декой) оказывает существенное влияние на степень отделения семян от стеблей, поскольку увеличение зазора снижает степень обмолота, а увеличение больше толщины подаваемой на обмолот ленты льна и вовсе исключает процесс обмолота, при этом уменьшение зазора положительно сказывается на степени обмолота. Кроме того зазор имеет важное значение для получения семян высоких посевных кондиций. Малый зазор приведет к чрезмерному травмированию семян и повреждению стеблей. Пределы варьирования устанавливались исходя из возможной минимальной и максимальной толщины обмолачиваемого слоя, которая определялась соответствующей урожайностью льна. Нижняя граница принималась равной 0,01 м, верхняя – 0,03 м. Шаг изменения принят равным 0,005 м [5].

6. Частота вращения рабочего органа оказывает существенное влияние на параметр оптимизации процесса обмолота. Низкая частота приводит к недостаточному числу воздействий рабочего органа на семенную часть ленты льна, вследствие чего будут образовываться пропуски и недомолот. Высокая частота вращения приведет к многократному воздействию на один и тот же участок ленты, что приведет к повреждению стеблей и снижению номерности волокна. Увеличение частоты вращения рабочего органа влечет за собой увеличение линейной скорости воздействия на обрабатываемый материал, критическое значение которой приводит к повреждению стеблей и травмированию семян. Значение нижней границы устанавливалось исходя из условия однократного воздействия рабочего органа на ленту льна, рассчитывалась теоретически и принималось равным 1,7 об/с. Шаг изменения принимался равным 0,4 об/с. Значение верхней границы устанавливалось в ходе проведения эксперимента по максимальному значению параметра оптимизации исходя из обеспечения максимальной степени обмолота, согласно допустимым агротребованиям повреждения стеблей и отхода их в путанину, и составило 3,3 об/с [5].

В качестве оптимизирующего параметра принималась степень обмолота –  $E$  (%). Обмолачиваемая лента льна укладывалась на подающий транспортер 13 длиной 2,2 м, в виде слоя равной толщины в горизонтальном положении. Исследования проводились с лентой льна влажностью 13–15 %, средней длиной стеблей – 0,72 м и растянутостью ленты льна – 1,1. После запуска установки лента льна подающим транспортером 13 подводилась к зажимному транспортеру 2, который в свою очередь протаскивал ленту льна в зажатом состоянии через камеру обмолота 8 с одновременным обмолотом эластичным рабочим органом 7 обмолачивающего барабана 4. Далее обмолоченная лента льна укладывалась на пол, а полученный ворох льна за счет воздушного потока, образуемого рабочим органом, выбрасывался из камеры обмолота в накопительную емкость. Опыты проводились в трехкратной повторности.

В результате проведения поисковых и отсеивающих экспериментов были определены наиболее значимые факторы и их интервалы варьирования. В своих экспериментах при движении к оптимальному значению степени обмолота использовали шаговый метод [10]. Первый этап этого метода под-



разумеает варьирование факторов (табл. 1) на двух уровнях (-1) – наименьшее значение фактора и (+1) – наибольшее значение фактора.

Таблица 1. Уровни и интервалы варьирования факторов

Наименование фактора	Обозначение	Уровни и интервалы варьирования	
		(-1)	(+1)
Скорость подачи ленты льна, м/с	$x_1$	1,2	2,0
Зазор между рабочим органом и декой, м	$x_3$	0,01	0,03
Частота вращения рабочего органа, об/с	$x_6$	1,7	3,3

С целью определения оптимальных сочетаний выделенных факторов, были проведены эксперименты, согласно матрице планирования полного факторного эксперимента  $2^3$ , которая включала восемь опытов в трехкратной повторности. После проведения экспериментов проводилось крутое восхождение по поверхности отклика [10].

По их результатам были определены коэффициенты регрессии:  $b_0 = 89,04$ ;  $b_1 = -2,513$ ;  $b_3 = -2,738$ ;  $b_6 = 2,788$ ;  $b_{1,3} = 1,913$ ;  $b_{1,6} = -0,813$ ;  $b_{3,6} = 1,513$ .

Сравнив абсолютное значение коэффициентов регрессии с величиной доверительного интервала  $\Delta b_i = \pm 2,27$ , можно сделать вывод, что на параметр оптимизации существенное влияние оказывают только линейные эффекты. Парные взаимодействия не оказывают существенного влияния на параметр оптимизации.

Сравнительная оценка расчетного и табличного критерия Фишера показала, что гипотезу об описании результатов экспериментов линейной модели следует отвергнуть. Расчетное значение критерия Фишера  $F_p=3,79$  больше табличного  $F_T=3,01$  [10].

На основании проведенных расчетов можно сделать заключение, что линейная модель для описания результатов эксперимента не может быть принята.

$$\hat{y} = 89,04 - 2,513 \cdot x_1 - 2,738 \cdot x_3 + 2,788 \cdot x_6 \quad (1)$$

С целью получения более благоприятных условий для проведения следующей стадии проведения эксперимента, нами было проведено «движение по градиенту».

«Движение по градиенту» начинали из центра определенного плана и осуществляли путем пропорционально изменения факторов в зависимости от оценок координат вектора-градиента, в качестве которых выступали соответствующие коэффициенты линейной модели в кодированном виде, тем самым получали условия мысленных экспериментов. Движение продолжали до получения наилучшего значения степени обмолота.

Таблица 2. Результаты движения по градиенту

Уровень	Факторы			$\bar{y}$	
	Скорость подачи ленты льна, м/с	Зазор между рабочим органом и декой, м	Частота вращения рабочего органа, об/с		
	$x_1$	$x_3$	$x_6$		
Верхний уровень (+)	2	0,03	3,3		
Основной уровень (0)	1,6	0,02	2,5		
Нижний уровень (-)	1,2	0,01	1,7		
Крутое восхождение					
Коэффициент регрессии, $b_i$	-2,5125	-2,7375	2,7875		
Интервал варьирования фактора, $m$	0,4	0,01	1		
$b_i \cdot m$	-1,0050	-0,0274	2,2300		
Шаг, соответствующий изменению $x_1$ на 0,2	-0,2000	-0,0054	0,4438		
Округленный шаг	-0,20	-0,005	0,40		
Движение к оптимуму	Шаг 1	2	0,030	1,7	92,80
	2	1,80	0,025	2,10	94,30
	3	1,60	0,020	2,50	96,20
	4	1,40	0,015	2,90	97,90
	5	1,20	0,010	3,30	99,20
	6	1,00	0,005	3,70	97,10

В результате анализа нами был выбран трехуровневый план второго порядка Бокса-Бенкина для трех факторов, включающий 15 опытов [10]. Опыты проводились в трехкратной повторности в рандомизированном порядке. С учетом данных крутого восхождения центр эксперимента был выбран в новой точке. Интервалы и уровни варьирования факторов приведены в табл. 3.

Таблица 3. Уровни и интервалы варьирования факторов

Наименование фактора	Обозначение	Уровни и интервалы варьирования			
		(-1)	(0)	(+1)	<i>m</i>
Скорость подачи ленты льна, м/с	$x_1$	1,2	1,4	1,6	0,2
Зазор между рабочим органом и декой, м	$x_3$	0,01	0,015	0,02	0,005
Частота вращения рабочего органа, об/с	$x_6$	2,5	3,0	3,5	0,5

После проведения опытов по полученным результатам производили расчет коэффициентов регрессии. В результате расчетов получили следующие значения коэффициентов регрессии:

$$b_0 = 98,2; b_1 = -0,4; b_3 = -0,713; b_6 = 0,363; b_{1,3} = 0,325; b_{1,6} = -0,675; \\ b_{3,6} = -0,05; b_1^2 = -0,3; b_3^2 = 0,025; b_6^2 = 0,425.$$

Подставляя полученные значения коэффициентов регрессии в уравнение описания области оптимума второго порядка, получим уравнение регрессии в кодированном виде:

$$y = 98,2 - 0,4 \cdot x_1 - 0,713 \cdot x_3 + 0,363 \cdot x_6 + 0,325 \cdot x_{1,3} - \\ - 0,675 \cdot x_{1,6} - 0,05 \cdot x_{3,6} - 0,3 \cdot x_1^2 + 0,025 \cdot x_3^2 + 0,425 \cdot x_6^2 \quad (2)$$

Оценку адекватности модели второго порядка производили путем сравнения табличного критерия Фишера с расчетным его значением. Поскольку  $F_p = 1,94 < F_T = 2,51$ , то гипотеза об описании результатов эксперимента уравнением второго порядка (2) принимается [10].

После раскодирования уравнения (2) по общепринятой методике [10] и преобразования, получили следующее уравнение:

$$E = 79,36 + 34,38 \cdot v_{л} - 567,5 \cdot \Delta_{вых} + 0,275 \cdot n + 325 \cdot \Delta_{вых} \cdot v_{л} - \\ - 6,75 \cdot n \cdot v_{л} - 20 \cdot n \cdot \Delta_{вых} - 7,5 \cdot v_{л}^2 + 1000 \cdot \Delta_{вых}^2 + 1,7 \cdot n^2, \quad (3)$$

где  $v_{л}$  – скорость подачи ленты льна, м/с;  $\Delta_{вых}$  – зазор между рабочим органом и декой, м;  $n$  – частота вращения рабочего органа, об/с.

Подставляя в уравнение (3) значения факторов, соответствующих их нулевым уровням, получим степень обмолота  $E = 98,29$  %. В результате экспериментов, проведенных при этих же уровнях факторов, получили степень обмолота семян  $E = 98,20$  %. Разность между расчетным и экспериментальным значениями не превышает 5 %. На основании этого можно сделать вывод, что экспериментальные данные хорошо согласуются с расчетными и подтверждаются ими.

Нахождение оптимальных параметров сводили к решению задач оптимизации. Задачи решали двойственным симплекс-методом в Microsoft Excel на ПЭВМ. В результате решения задач были получены оптимальные значения:  $n = 3,09$  об/с,  $\Delta_{вых} = 0,01$  м,  $v_{л} = 1,25$  м/с, при этом  $E = 99,46$  %.

### Заключение

В УО БГСХА разработано обмолачивающее устройство с эластичным рабочим органом в линии первичной переработки льна. В результате реализации программы планирования экспериментальных исследований получена адекватная математическая модель, описывающая степень обмолота коробочек льна от исследуемых конструктивных и технологических параметров процесса обмолота для установки предлагаемого типа. Установлено, что рациональные границы исследуемых параметров варьируют в следующих пределах: скорость подачи ленты льна от 1,2 до 1,6 м/с; зазор между сепарирующей решеткой (декой) и эластичным рабочим органом от 0,01 до 0,02 м; частота вращения рабочего органа от 2,5 до 3,5 об/с. Обмолот коробочек льна в разработанном устройстве предлагаемого типа производится в оптимальном режиме при  $n = 3,09$  об/с,  $\Delta_{вых} = 0,01$  м,  $v_{л} = 1,25$  м/с, при этом  $E = 99,46$ .

Полученные результаты могут служить для анализа и моделирования качественной оценки процесса обмолота коробочек льна обмолачивающим устройством с эластичным рабочим органом.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Шаршунов, В. А. Определение размерных характеристик компонентов вороха льнокостры / В. А. Шаршунов, Н. С. Сентюров, М. В. Цайц // Вестник БГСХА. – 2020. – №3. – С. 169–175.
2. Шаршунов, В. А. Состояние льноводческой отрасли Республики Беларусь и пути повышения ее эффективности / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц // Вестник БГСХА. – 2019. – №2. – С. 267–271.
3. Шаршунов, В. А. Анализ механизированных технологий уборки и первичной переработки льна / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц, В. А. Левчук // Вестник БГСХА. – 2017. – №2. – С. 137–141.
4. Шаршунов, В. А. Анализ устройств для отделения семян льна от стеблей / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц, В. А. Левчук // Вестник БГСХА. – 2017. – №4. – С. 174–180.

5. Шаршунов, В. А. Исследование обмолачивающего устройства в линии первичной переработки льна / В. А. Шаршунов, В. Е. Кругленя, А. С. Алексеенко, В. А. Левчук, М. В. Цайц, 2015 // Весці НАН Беларусі. Сер. аграр. навук. – № 3. – С. 112–117.
6. Limont, A. S. Morphological indices of fiber flax stalks and machines for its harvesting / A. S. Limont // Europäische Fachhochschule. 2015. № 1. С. 79–84.
7. Устройство для отделения семенных коробочек от стеблей льна: пат. 7224 Респ. Беларусь, МПК А 01F 11/00 / В. Е. Кругленя, М. В. Лёвкин, В. И. Коцуба, С.Н. Крепочин, В. А. Левчук; заявитель Белорус. гос. с.-х. акад. – № u 20100607; заявл. 06.07.10; опубл. 02.02.11 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 2 – С. 154.
8. Устройство для выделения семян из ленты льна: пат. 8183 Респ. Беларусь, МПК А01D 45/06 / В. Е. Кругленя, М. В. Лёвкин, В. А. Левчук; заявитель УО БГСХА. – № u 20110743; заявл. 29.09.11; опубл. 30.04.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – №2 – С. 197.
9. Обмолачивающее устройство ленты льна: пат. 8332 Респ. Беларусь, МПК А01F 11/02 / В. Е. Кругленя, М. В. Лёвкин, В. А. Левчук; заявитель Белорус. гос. с.-х. акад. – № u 20110745; заявл. 29.09.11; опубл. 30.06.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – №3. – С. 196.
10. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рощин. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ В 2020 ГОДУ

А. В. КЛОЧКОВ, Б. М. ШУНДАЛОВ, В. В. ГУСАРОВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: olena\_k@ tut.by

(Поступила в редакцию 15.01.2021)

*Использование зерноуборочных комбайнов в 2020 году, по большинству критериев в благоприятных климатических условиях, позволило собрать выращенный урожай зерновых и зернобобовых культур в количестве около 9,4 млн тонн зерна. Имеющийся комбайновый парк, несмотря на численное сокращение в большинстве сельскохозяйственных организациях, обеспечил проведение уборочных работ в установленные сроки. Современные зерноуборочные комбайны производства ОАО «Гомсельмаш» при правильной эксплуатации способны обеспечивать плановые показатели работы с соответствующим качеством. Обеспеченные сроки уборки зерновых и зернобобовых культур не сказались отрицательно на урожайности. В перспективе следует предполагать среднюю нагрузку уборочных площадей в 256,5 га и сезонный намолот не менее 1000 т зерна в расчете на один комбайн. Учитывая региональные особенности формирования урожайности зерновых и зернобобовых культур, расчет необходимого количества зерноуборочных комбайнов следует увязывать не только с нагрузкой уборочной площади, но и с ожидаемой урожайностью культур. Отмечается нехватка кадров комбайнеров, а привлекаемые механизаторы не всегда владеют достаточными навыками работы на сложных уборочных агрегатах. Централизованно и на местах рекомендуем обратить внимание на повышение квалификации кадров комбайнеров.*

**Ключевые слова:** зерноуборочные комбайны, намолоты зерна, урожайность, сроки уборки урожая.

*The use of grain harvesters in 2020, according to most criteria in favorable climatic conditions, made it possible to harvest the grown grain and leguminous crops harvest in the amount of about 9.4 million tons of grain. The existing harvester park, despite the numerical reduction in most agricultural organizations, ensured the harvesting work on time. Modern combine harvesters manufactured by JSC "Gomselmash", if properly operated, are capable of providing planned performance indicators with appropriate quality. The secured terms of harvesting grain and leguminous crops did not negatively affect the yield. In the future, it is necessary to assume an average load of the harvesting area of 256.5 hectares and a seasonal threshing of at least 1000 tons of grain per harvester. Taking into account regional features of the formation of yield of grain and leguminous crops, the calculation of the required number of combine harvesters should be linked not only with the load of the harvesting area, but also with the expected yield of crops. There is a shortage of personnel of combine operators, and the involved machine operators do not always have sufficient skills to work on complex harvesting units. We recommend paying attention centrally and locally to improving the qualifications of combine operators.*

**Key words:** combine harvesters, grain threshing, yield, harvest time.

### Введение

Для повышения производительности уборки урожая зерновых, зернобобовых и крупяных культур, а также кукурузы и подсолнечника, минимизации потерь зерна и повышения качества обмолота, ведущие комбайностроительные фирмы мира, а также отечественные производители почти ежегодно предлагают новые, более совершенные модели комбайнов. Основные возможности комбайнов определяет конструкция молотильно-сепарирующего устройства. Разнообразие моделей зерноуборочных комбайнов, работающих на полях Беларуси, позволяет оценивать и сравнивать их технические, технологические, производственные и экономические характеристики, выявлять положительные стороны и недостатки различных моделей. Существенное значение также имеют условия применения комбайнов, включая реальные условия хозяйственной деятельности сельскохозяйственных организаций. Зерновое поле Беларуси можно считать своеобразным полигоном для разностороннего изучения количественных и качественных характеристик различных типов зерноуборочных комбайнов.

Комплексная оценка производилась по удельным показателям намолота зерна, оценке сроков уборки, изменения урожайности и других условий уборки. Это позволяет объективно сравнивать и оценивать обобщенные показатели работы комбайнов различных типов.

Оценивая ход уборочной кампании зерновой группы культур, следует обращать внимание на ежегодные существенные особенности метеорологических условий, которые непредсказуемо меняются, в наиболее активный период обмолота, доставки и доработки бункерного урожая. В 2020 году на пахотных землях сельхозорганизаций почти всех регионов Беларуси сложились удовлетворительные метеорологические условия для формирования биологического урожая зерновых и зернобобовых, а также рапса и других сельскохозяйственных культур. В республике почти повсеместно проходили майские дожди, но весенняя затяжная прохлада притормозила рост и развитие растений. Поэтому естественный процесс созревания и последующей уборки урожая в некоторой мере был сдвинут по сравнению, например, с уборочным периодом 2019 г.

## Основная часть

Подготовка статьи базировалась на использовании комплекса методов и приемов обработки данных, активно накапливаемых за весь уборочный сезон. Применялись приемы обработки динамических рядов, абсолютных, относительных и средних показателей, графический, табличный приемы и др. Статистическая информация оперативно поступала на сайт Минсельхозпрода Беларуси в течение всего уборочного сезона, что позволило детализировать процесс уборки зерновых и зернобобовых культур по существу за каждый день работы комбайнового парка республики.

Сезон уборки зерновых и зернобобовых культур 2020 года позволяет сравнить возможности применяемых зерноуборочных комбайнов и наметить дальнейшие перспективы их совершенствования. Также можно наметить возможности своевременной и качественной уборки урожая зерна с учетом технических возможностей комбайнов. Можно отметить, что условия уборочных работ во всех регионах Беларуси складывались в основном благоприятно для проведения прямого комбайнирования зерновых и зернобобовых культур. Это позволяет объективно сравнивать реальные возможности разнообразных зерноуборочных комбайнов [1]. Ход уборки урожая зерновых и зернобобовых культур протекал планомерно с некоторым отставанием работ в Витебской и Могилевской областях, в чем можно убедиться из данных, показанных на рис. 1.

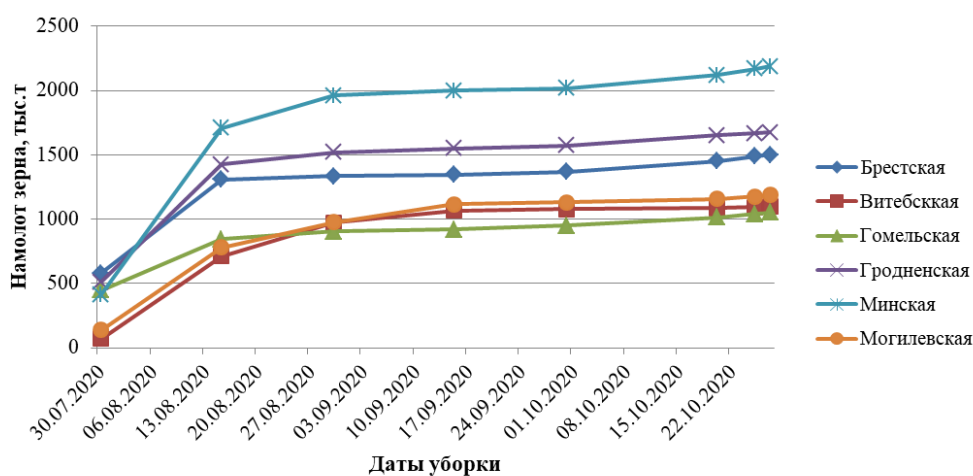


Рис. 1. Динамика региональных намолотов зерна по областям за уборочный сезон

Данные, приведенные на рис. 1, показывают, что на начальном этапе уборки впереди шли сельхозорганизации Минской, Гродненской и Брестской областей. В дальнейшем темпы намолотов зерна по областям выровнялись.

Количество зерноуборочных комбайнов в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь продолжает сокращаться. Следует обратить особое внимание на то, что физическая численность зерноуборочных комбайнов в сельхозорганизациях Беларуси за последние годы имеет тенденцию неуклонного снижения. Немало машин, отслуживших длительные сроки эксплуатации, списано. Во многих хозяйствах произошли значительные структурные изменения в составе комбайнового парка. Вместо устаревших, низкопроизводительных комбайнов приобретается новая, более надежная в работе, высокопроизводительная уборочная техника. За период 2013–2020 гг. наличное количество комбайнов сократилось с 11,8 до 8,7 физических единиц, то есть на 3,1 тыс. штук.

На начало 2020 года насчитывался 8741 комбайн, но во время уборочных работ реально применялось 8604 зерноуборочных комбайна. Недостаточными темпами обновляется уборочная техника: так, за 2019 год хозяйствами всего было приобретено 229 машин, что обеспечило обновление комбайнового парка только на 2,6 %. При этом в республике используется в среднем 36,1 % комбайнов со сроком эксплуатации свыше 10 лет.

Существенной проблемой практического использования зерноуборочных комбайнов является нехватка квалифицированных механизаторских кадров. Привлекаемые на уборочный сезон комбайнеры не всегда обладают достаточными знаниями и практическими навыками обращения со сложной зерноуборочной техникой. Поэтому встает задача теоретического обучения по устройству зерноуборочных комбайнов, практическому использованию и обслуживанию. Особенностью пособий для изучения машин серии «ПАЛЕССЕ» может стать адаптированное изложение материала на базе рекомендаций предприятия-производителя, согласованного с программами обучения кадров и особенностями

ми образовательного процесса в учреждениях профессионально-технического и среднего специального образования [2–5].

Обычным практическим показателем объема уборочных работ является уборочная площадь в расчете на один комбайн, причем повышенные площади оказались в сельскохозяйственных организациях Гомельской и Витебской областей. Так, если в хозяйствах Минской и Брестской областей на 1 комбайн приходилось в среднем не более 239 га зерновых и зернобобовых культур, то в сельхозорганизациях Витебской области – 274 га, Гомельской области – 286 га.

Уборочная площадь, приходящаяся на 1 зерноуборочный комбайн, первоначальный, но не решающий показатель результативности работы зерноуборочной техники. В массовом уборочном процессе наиболее существенную роль играют реальные намолоты зерна за каждую единицу рабочего времени: час, день, сезон. Величина этих показателей определяется не только убранными гектарами, но, главным образом, зависит от урожайности культур зерновой группы. В этом отношении немалый интерес представляет сравнение сезонных намолотов зерна на 1 комбайн по регионам Беларуси в динамике по состоянию на 18.08, 27.08 и 01.09.2020 (рис. 2).

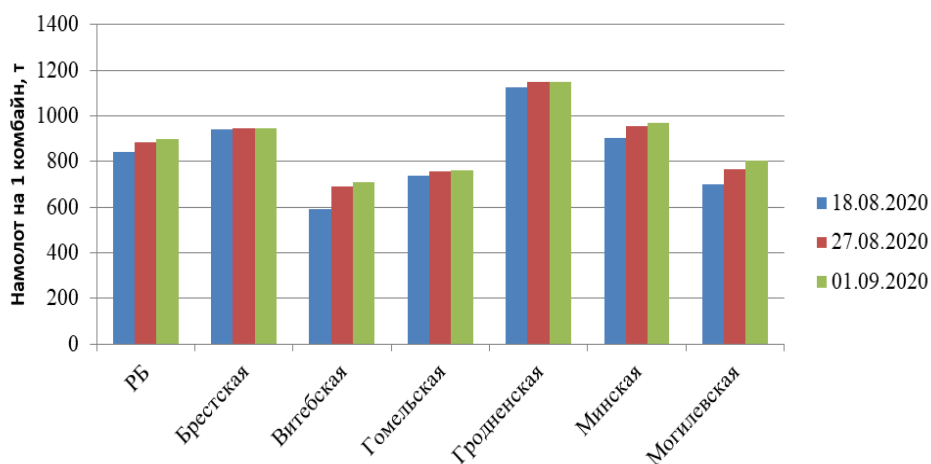


Рис. 2. Динамика намолотов на 1 комбайн за сезон уборочных работ

При среднем намолоте на комбайн 899 т по областям данный показатель колебался от 711 т (в Витебской области) до 1148 т (в Гродненской области).

При сохранившейся тенденции изменения численности зерноуборочных комбайнов можно предполагать на 2021 год наличие 8250 зерноуборочных комбайнов. С учетом возможного валового сбора 8–9 млн. т зерна намолот на один комбайн может составить 970–1091 т. Эти прогнозные показатели следует корректировать с учетом особенностей регионов.

Важным фактором является соблюдение агротехнически обоснованных сроков уборки в пределах 20–25 дней. Рассмотрим сроки проведения уборки основного количества посевных площадей от 5 до 95 % от плана. В 2020 году к этому требованию приблизились хозяйства Брестской, Гродненской и Минской областей (табл. 1).

Таблица 1. Связь сроков основного периода уборки с урожайностью зерновых и зернобобовых культур

Регионы	Доля убранных посевов на даты уборки		Длительность основного сезона уборки, дней	Урожайность за рассматриваемые периоды	
	5%	95%		убрано 5%	убрано 95%
Брестская	20.07	14.08	26	42,5	40,2
Витебская	29.07	15.09	49	32,0	31,2
Гомельская	17.07	18.08	33	28,0	27,2
Гродненская	21.07	17.08	28	53,0	48,4
Минская	23.07	19.08	28	42,3	40,5
Могилевская	27.07	15.09	51	33,1	34,1

Данные табл. 1 показывают, что на начальной уборочной стадии, когда было убрано 5 % посевов зерновых и зернобобовых культур, бесспорным региональным лидером по урожайности оказались сельхозорганизации Гродненской области (в среднем 53 ц/га). Позитивными результатами по урожайности культур зерновой группы отличились хозяйства Брестской и Минской областей, а в аутсайдерах оказались сельхозорганизации Гомельской области (в среднем 28 ц/га). Приближение к завершению уборочной кампании, когда было обмолочено 95 % зерновых посевов, не внесло существенных изменений в порядок расстановки регионов по уровню урожайности культур, хотя этот показатель по некоторым областям оказался ниже.

Следует обратить внимание на значительную растянутость срока уборки в сельскохозяйственных организациях Могилевской и Витебской областей (до 49–51 дня), но это не привело к значительному снижению урожайности культур зерновой группы. На протяжении всего уборочного сезона урожайность изменялась незначительно, и в большей степени зависела от региона возделывания.

В целом по Беларуси массовая уборочная кампания растянулась на период с 21 июля по 2 сентября. В итоге за рассматриваемый период уборки изменение урожайности культур по Беларуси составило от 36,8 до 37,4 ц/га (+ 0,6 ц/га). В итоге можно заключить, что обеспеченные сроки уборки зерновых и зернобобовых культур сказались на урожайности незначительно.

Резервы сокращения сроков уборки и повышения производительности зерноуборочных комбайнов демонстрируют достижения по сезонному намолоту индивидуальных зерноуборочных агрегатов, которые определились в условиях каждой области (рис. 3).

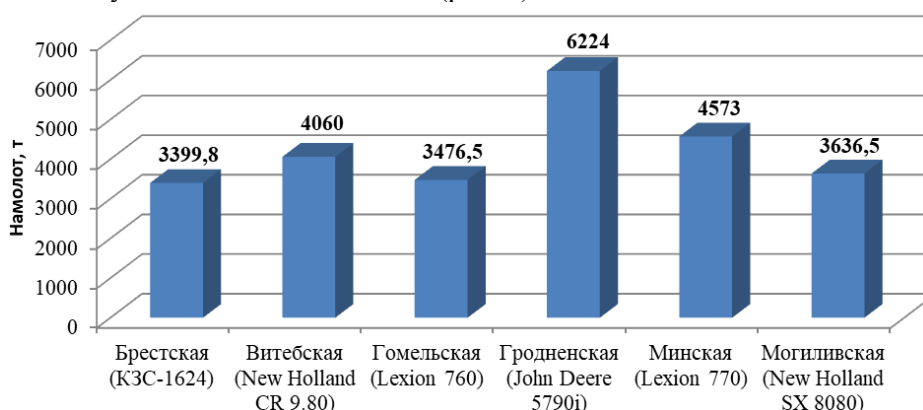


Рис. 3. Региональные лидеры комбайновых экипажей по сезонному намолоту зерна в 2020 году

Согласно оперативным данным по состоянию на 28.08.2020 г., максимального намолота (6224 т) достиг комбайновый экипаж в ПК имени В.И. Кремко Гродненского района. Среди лидеров был также экипаж комбайна КЗС-1624, который в ОАО «Беловежский» Каменецкого района намолотил 4,4 тыс. т зерна.

Важным условием работы зерноуборочных комбайнов является их техническая надежность. По оперативным данным Минсельхозпрода Беларуси за основной период массовой уборки (август 2020 г.) использование комбайнов планомерно сокращалось. Так, если по состоянию на 08.08.2020 г. на зерновой ниве Беларуси работало около 7,5 тыс. комбайнов, то к концу августа на полях оставалось не более 1,5 тыс. машин.

Уборочная кампания 2020 года не обошлась без простоев комбайновой техники по разнообразным техническим причинам, что в определенной мере негативно сказалось на сезонной производительности зерноуборочных комбайнов. Согласно данным Минсельхозпрода Беларуси, простои уборочных машин характеризовались следующими данными (табл. 2).

Таблица 2. Простои зерноуборочных комбайнов по техническим причинам в сельхозорганизациях Беларуси

Даты уборки	Простаивало всего, штук	Доля простоев отечественных моделей, %	Доля простоев импортных моделей, %
08.08.2020	330	3,52	3,95
10.08.2020	296	3,05	3,64
15.08.2020	276	2,92	3,64
20.08.2020	229	2,49	2,29
25.08.2020	247	2,75	2,18
30.08.2020	198	2,24	1,35

Простои комбайнов по техническим причинам составляли 2,24–3,52 % от всего наличия моделей отечественного производства и незначительно различались в сравнении с импортными комбайнами. Из данных табл. 2 видно, что по состоянию на различные даты активного уборочного сезона (август 2020 г.) общее число неисправных зерноуборочных комбайнов колебалось в пределах 200–330 физических единиц, что составляло невысокий удельный вес в составе наличного комбайнового парка. Хотя эта доля кажется незначительной, но простои комбайновой техники в период уборки урожая оказывают негативное влияние на удлинение уборочных сроков и общее снижение производительности комбайновых агрегатов.

Важную практическую значимость имеет стратегическое количество зерноуборочных комбайнов с учетом реальной уборочной площади и необходимости соблюдения агротехнически рациональных сроков уборки. Расчеты показывают, что при возможных вариантах колебания уборочной площади на 1 комбайн общее количество зерноуборочных комбайнов может составлять примерно 8,5 тысяч штук (табл. 3).

Таблица 3. Расчетное количество зерноуборочных комбайнов при различных вариантах уборочной площади

Регионы	Средняя площадь уборки зерновых и зернобобовых культур за 2018–2020 гг., тыс. га	Минимальное количество комбайнов при вариантах уборочной площади на 1 комбайн		
		250 га	300 га	350 га
РБ	2116,2	8465	7054	6046
Брестская	333,5	1334	1112	953
Витебская	341,9	1368	1140	977
Гомельская	323	1292	1077	923
Гродненская	318,6	1274	1062	910
Минская	487,9	1952	1626	1394
Могилевская	311,4	1246	1038	890

При прогнозируемом на 2021 год количестве зерноуборочных комбайнов наличной численностью в 8250 штук единая уборочная нагрузка может составить 256,5 га, что реально выполнимо при исправной имеющейся высокопроизводительной технике.

### Заключение

Использование зерноуборочных комбайнов в 2020 году, по большинству критериев благоприятных по климатическим условиям, позволило собрать выращенный урожай зерновых, зернобобовых культур и зерна кукурузы в объеме 9,4 млн тонн. Имеющийся комбайновый парк, несмотря на численное сокращение в большинстве сельскохозяйственных организациях, обеспечивает проведение уборочных работ в установленные сроки. Современные зерноуборочные комбайны производства ОАО «Гомсельмаш» при правильной эксплуатации способны обеспечивать плановые показатели работы с высоким качеством. Фактические сроки уборки зерновых и зернобобовых культур мало отразились на урожайности. В ближайшей перспективе следует предполагать среднюю нагрузку уборочной площади в 256,5 га и сезонный намолот не менее 1000 т зерна в расчете на один комбайн. Во многих сельхозорганизациях отмечается нехватка кадров опытных комбайнеров, а привлекаемые механизаторы не всегда владеют достаточными навыками работы на сложных уборочных агрегатах. Централизованно и на местах рекомендуем обратить особое внимание на повышение квалификации и комплектование комбайновых экипажей.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Клочков, А. В. Предварительные результаты уборки зерна в 2020 году / А. В. Клочков // Наше сельское хозяйство. – № 15. – 2020 г.
2. Клочков, А. В. Сельскохозяйственные машины. Теория и расчет: учебное пособие / А. В. Клочков, В. Г. Ковалев, П. М. Новицкий. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 436 с.
3. Клочков, А. В. Устройство сельскохозяйственных машин: учеб. пособие / А. В. Клочков, П. М. Новицкий. – Минск: РИПО, 2016. – 431 с.
4. Электронные системы и устройства сельскохозяйственных машин: учебное пособие / А. В. Клочков, П. М. Новицкий, В. Г. Ковалев, В. В. Гусаров. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 140 с.
5. Уборочные машины «ПАЛЕССЕ»: пособие / А. В. Клочков [и др.]. – Минск: РИПО, 2016. – 243 с.



## ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБМОЛОТА ЛЕНТ ЛЬНА ЭЛАСТИЧНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

**В. А. ЛЕВЧУК, М. В. ЦАЙЦ**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: baa\_bgd@tut.by*

*(Поступила в редакцию 18.01.2021)*

*Достичь высокого качества льнопродукции и ее рентабельной реализации всеми уровнями льняной отрасли в рыночных условиях на внутреннем и внешнем рынках возможно лишь выведением льноводства на современный технологический уровень путем технического переоснащения, перевооружения и совершенствования организации производства. Конкурентоспособность льняной отрасли формируется из конкурентоспособности каждого из переделов – возделывание льна на льнотресту, первичная переработка льна на льноволокно, изготовление тканей и готовых изделий. На каждом из переделов должно обеспечиваться производство качественной продукции по конкурентоспособным ценам.*

*В данной статье приводятся результаты экспериментальных исследований влияния скорости подаваемой на обмолот ленты льна, зазора между сепарирующей решеткой (декой) и рабочим органом, а также частоты вращения рабочего органа на величину степени обмолота лент льна обмолачивающим устройством с эластичным рабочим органом.*

*Установлено, что при принятых пределах варьирования исследуемых факторов и используемой точности измерений на величину степени обмолота обмолачивающим аппаратом с эластичным рабочим органом наибольшее влияние оказывают: скорость подаваемой на обмолот ленты льна; зазор между сепарирующей решеткой (декой) и рабочим органом; частота вращения рабочего органа. Полученная математическая модель, описывающая процесс обмолота коробочек льна эластичным рабочим органом, позволяет определить значения факторов, при которых достигается максимальное значение степени обмолота лент льна: скорость подачи ленты льна – 1,2...1,3 м/с; зазор между рабочим органом и сепарирующей решеткой (декой) – 0,010...0,012 м; частота вращения рабочего органа – 2,9...3,3 об/с. Полученные результаты могут служить основанием для проектирования обмолачивающих аппаратов подобной конструкции.*

**Ключевые слова:** *лен, обмолачивающее устройство, коробочки льна, семена льна, ворох льна, обмолот, очес, лента льна, линия первичной переработки льна.*

*Achieving high quality of flax products and their profitable sale by all levels of flax industry in market conditions in the domestic and foreign markets is possible only by bringing flax growing to a modern technological level through technical re-equipment, re-equipment and improvement of production organization. The competitiveness of linen industry is formed from the competitiveness of each of the redistributions – the cultivation of flax for straw, primary processing of flax into flax fiber, production of fabrics and finished products. Each of the redistributions must ensure the production of quality products at competitive prices.*

*This article presents results of experimental studies of the influence of speed of flax band supplied to threshing, the gap between the separating grate (deck) and the working body, as well as the rotational speed of the working body on the value of degree of threshing of flax bands by a threshing device with an elastic working body.*

*It was found that with the accepted variation limits of the investigated factors and the used measurement accuracy, the magnitude of the degree of threshing by a threshing apparatus with an elastic working body is mostly influenced by: the speed of flax band supplied to threshing; the gap between the separating grid (deck) and the working body; working body rotation frequency. The obtained mathematical model, which describes the process of threshing of flax bolls with an elastic working body, allows you to determine the values of factors at which the maximum value of degree of threshing of flax belts is achieved: the feed rate of flax band is 1.2 ... 1.3 m / s; the gap between the working body and the separating grid (deck) – 0.010 ... 0.012 m; working body rotation frequency – 2.9 ... 3.3 rev / s. The results obtained can serve as a basis for the design of threshing apparatus of a similar design.*

**Key words:** *flax, threshing device, flax boxes, flax seeds, flax heap, threshing, stripping, flax band, flax primary processing line.*

### **Введение**

Конкурентоспособность льняной отрасли формируется из конкурентоспособности каждого из переделов – возделывание льна на льнотресту, первичная переработка льна на льноволокно, изготовление тканей и готовых изделий. На каждом из переделов должно обеспечиваться производство качественной продукции по конкурентоспособным ценам.

Лен-долгунец является культурой двойного назначения (льноволокно и семена), максимальные сборы льнотресты и семян льна достигаются в разные стадии зрелости [1]. Для уборки льна сегодня применяются механизированные технологии уборки (комбайновая и раздельная), а также их различное сочетание в зависимости от ситуации складывающейся на уборке. Для каждой из которых был разработан комплекс машин. При раздельной двухфазной уборке выполняются теребление с укладкой стеблей в ленты, а затем их оборачивание в поле. Очес лент льна и сбор семенного материала осуществляется либо в поле прицепными очесывателями ОСВ-100 и NECANY 2008 или самоходными двухпоточными подборщиками-очесывателями «Depoortere», либо обмолот (очес) коробочек осуществляется в линиях первичной переработки льна Van Dommele, Cheh Flax Mashinery или Depoortere [1, 2, 3].

В деле повышения урожайности и товарной продукции льна, расширения посевных площадей положение льноводства в Республике Беларусь не соответствует требованиям современного времени (рис. 1).

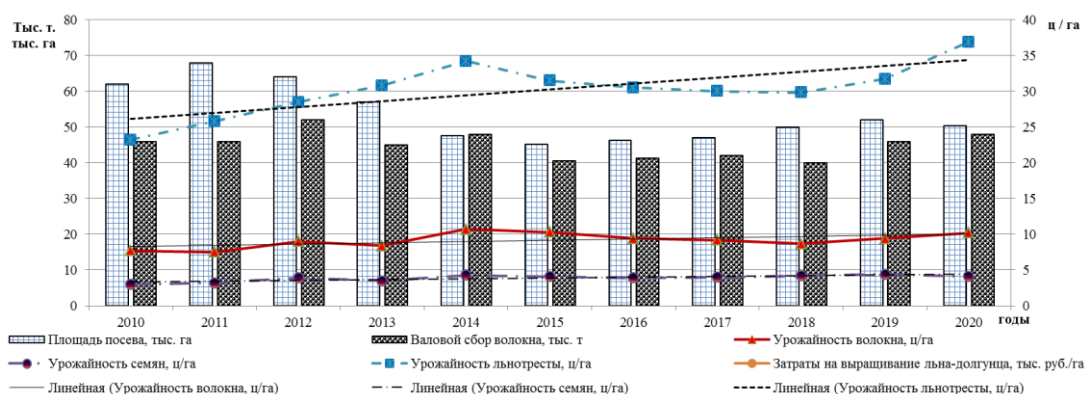


Рис. 1. Динамика изменения посевных площадей, урожайности и валовых сборов льнопродукции в Республике Беларусь

Посевные площади льна за последние десять лет существенно снизились на 26 % и установились на уровне 50 тыс. га. Урожайность льноволокна колеблется в пределах от 7,5 ц/га в 2011 г. до 10,7 ц/га в 2014 г. и в последние годы в среднем составила 9,1 ц/га. Урожайность семян льна колеблется в пределах от 3,0 ц/га в 2010 г. до 4,4 ц/га в 2019 г. и в среднем за последние годы составила 3,9 ц/га. Колебание урожайности льноотресты за последнее десятилетие находится в пределах от 23,2 ц/га в 2010 г. до 36,9 в 2020 г. и в среднем за десять лет составила 30,3 ц/га. При этом валовые сборы как льноотресты, так и льносемян не всегда соответствуют их урожайности и посевным площадям. Недобор урожая часто связан с недостаточным техническим вооружением льносеющих хозяйств.

К резервам снижения потерь льноволокна и льносемян, а также повышения эффективности производства льна в целом, следует отнести совершенствование процесса очеса (отделения) семенных коробочек от стеблей.

В мировой практике наибольшее распространение получили однобарабанные очёсывающие аппараты с круговым поступательным движением гребней [4, 5, 6]. Сущность технологического процесса очеса коробочек льна подобными устройствами заключается в проникновении системы зубьев в слой стеблей, разделении его на полоски, в процессе принудительного прочёсывания последних с исправлением дефектов ориентации и нарушением связей между стеблями и спутавшимися коробочками [4]. Существенными недостатками устройств подобного типа являются повышенные повреждения, выдергивания из зажимного транспортера и отход стеблей в путанину, возникающие в результате прочёсывания ленты спутанных и сцепленных между собой стеблей льна [4]. Кроме того в этом случае производители льна нередко сталкиваются с проблемой нераскрытых коробочек, которая затрудняет дальнейшую переработку и очистку семян льна.

Для повышения раскрываемости коробочек, уменьшения отхода стеблей в путанину и снижения их повреждаемости при осуществлении процесса отделения семян в линии первичной переработки льна в УО БГСХА разработано обмолачивающее устройство с эластичным рабочим органом [8].

Эластичный рабочий орган установлен под острым углом к плоскости зажимного транспортера и совершает ударно-вытирающее воздействие с одновременным нарушением механических связей между стеблями и коробочками льна. За счет последовательных ударов обеспечивает интенсивное выделение коробочек и семян, застрявших в ленте льна, с минимальным количеством отходов стеблей в путанину.

### Основная часть

В результате глубокого, всестороннего исследования технологического процесса обмола лент льна в линии первичной переработки предлагаемым обмолачивающим устройством с эластичным рабочим органом, предусматривающего учет всех факторов, оказывающих влияние на протекание и конечные результаты изучаемого процесса были, выделены основные факторы проводимого многофакторного эксперимента (табл. 1).

Таблица 1. Результаты движения по градиенту

Наименование фактора	Условное обозначение	Единицы измерения
Частота вращения рабочего органа	$n$	об/с
Скорость подаваемой на обмолот ленты льна (скорость зажимного транспортера)	$V_{л}$	м/с
Угол установки рабочего органа относительно плоскости зажимного транспортера	$\alpha_6$	град
Зазор между сепарирующей решеткой (декой) и рабочим органом	$\Delta_{вых}$	м
Смещение подаваемой на обмолот ленты льна относительно зажимного транспортера	$L_{л}$	м
Толщина слоя подаваемой на обмолот ленты льна	$h_{л}$	м

Исследования проводились с лентой льна поступающей на обмолот в линии первичной переработки влажностью 13–15 %, средней длиной стеблей – 0,72 м и растянутостью ленты льна – 1,1.

Посредством проведения поисковых и отсеивающих экспериментов были определены наиболее значимые факторы и их интервалы варьирования [5]. Критерием оптимизации для изучаемого процесса отделения коробочек льна эластичным рабочим органом была принята степень обмолота –  $E$ , % [5, 8].

### Основная часть

В результате предыдущих расчетов мы получили адекватную математическую модель второго порядка (1) для процесса обмолота лент льна обмолочивающим устройством с эластичным рабочим органом.

$$y = 98,2 - 0,4 \cdot x_1 - 0,713 \cdot x_3 + 0,363 \cdot x_6 + 0,325 \cdot x_{1,3} - 0,675 \cdot x_{1,6} - 0,05 \cdot x_{3,6} - 0,3 \cdot x_1^2 + 0,025 \cdot x_3^2 + 0,425 \cdot x_6^2. \quad (1)$$

Произведем анализ поверхности отклика в окрестностях оптимума с помощью двумерных сечений [9].

Построим двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее показатель степени обмолота лент льна в зависимости от скорости подачи ленты льна ( $x_1$ ) и зазора между сепарирующей решеткой (декой) и рабочим органом ( $x_3$ ). Для получения этого сечения подставляем значение частоты вращения рабочего органа  $x_6 = 0$  в уравнение (1). В результате получим:

$$y = 98,2 - 0,4 \cdot x_1 - 0,713 \cdot x_3 + 0,325 \cdot x_{1,3} - 0,3 \cdot x_1^2 + 0,025 \cdot x_3^2. \quad (2)$$

Координаты центра поверхности определим продифференцировав уравнение (2) и затем решив полученную систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dy}{dx_1} = -0,4 - 0,6 \cdot x_1 + 0,325 \cdot x_3; \\ \frac{dy}{dx_3} = -0,713 + 0,325 \cdot x_1 + 0,05 \cdot x_3; \end{cases} \quad (3)$$

Тогда:  $x_{1s} = 1,56$ ;  $x_{3s} = 4,111$ ,

где  $x_{1s}$ ,  $x_{3s}$ , – координаты центра поверхности для факторов  $x_1$  и  $x_3$  при  $x_6 = 0$ .

Значение показателя степени обмолота в центре поверхности  $Y_s$  получили, подставляя значения новых координат центра поверхности  $x_{1s}$  и  $x_{3s}$  в уравнение регрессии (2).

$$Y_s = 98,2 - 0,4 \cdot 1,56 - 0,713 \cdot 4,111 + 0,325 \cdot 1,56 \cdot 4,111 - 0,3 \cdot 1,56^2 + 0,025 \cdot 4,111^2 = 99,424. \quad (4)$$

Затем проводим каноническое преобразование уравнения регрессии (2), используя стандартную методику [9]. Для этого решали характеристическое уравнение:

$$f(B_1) = \begin{vmatrix} b_{11} - B_1 & 1/2 \cdot b_{13} \\ 1/2 \cdot b_{13} & b_{33} - B_1 \end{vmatrix} = 0, \quad (5)$$

где  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$  – коэффициенты регрессии в канонической форме;  $b_i$  – коэффициент регрессии  $i$ -го фактора.

Решение уравнения поверхности отклика производили с помощью компьютерной программы Mathcad:

$$\begin{vmatrix} -0,3 - B_1 & 0,5 \cdot 0,325 \\ 0,5 \cdot 0,325 & 0,025 - B_1 \end{vmatrix} = B_1^2 - (-0,3 + 0,025) \cdot B_1 + (-0,3 \cdot 0,025 - 0,25 \cdot 0,325^2) = 0. \quad (6)$$

Собственно корнями данного характеристического уравнения (6) будут:  $B_{11} = 0,092$ ;  $B_{13} = -0,367$ , тогда уравнение в канонической форме примет вид:

$$E - 99,424 = 0,092 \cdot x_1^2 - 0,367 \cdot x_3^2, \quad (7)$$

где  $E$  – значение степени обмолота.

Аналогичным образом строим двумерное сечение поверхности отклика в зависимости от скорости подачи ленты льна ( $x_1$ ) и частоты вращения рабочего органа ( $x_6$ ). Для получения этого сечения подставляем значение зазора между сепарирующей решеткой (декой) и рабочим органом  $x_3=0$  в уравнение (1) и получим уравнение (8), затем строим двумерное сечение поверхности отклика в зависимости от зазора между сепарирующей решеткой (декой) ( $x_3$ ) и частоты вращения рабочего органа ( $x_6$ ). Для получения этого сечения подставляем значение скорости подачи ленты льна  $x_1 = 0$  в уравнение (1) и получим уравнение (9):

$$y = 98,2 - 0,4 \cdot x_1 + 0,363 \cdot x_6 - 0,675 \cdot x_{1,6} - 0,3 \cdot x_1^2 + 0,425 \cdot x_6^2; \quad (8)$$

$$y = 98,2 - 0,713 \cdot x_3 + 0,363 \cdot x_6 - 0,05 \cdot x_{3,6} + 0,025 \cdot x_3^2 + 0,425 \cdot x_6^2. \quad (9)$$

Определяем координаты центра поверхности дифференцированием уравнений (8) и (9) с решением системы:

$$\begin{cases} \frac{dy}{dx_1} = -0,4 - 0,6 \cdot x_1 - 0,675 \cdot x_6; \\ \frac{dy}{dx_6} = 0,362 - 0,675 \cdot x_1 + 0,85 \cdot x_6; \\ x_{1s} = -0,606; x_{6s} = -0,054, \end{cases} \quad (10)$$

где  $x_{1s}$ ,  $x_{6s}$  – координаты центра поверхности для факторов  $x_1$  и  $x_6$  при  $x_3 = 0$ .

$$\begin{cases} \frac{dy}{dx_3} = -0,713 - 0,05 \cdot x_6 + 0,05 \cdot x_3; \\ \frac{dy}{dx_6} = 0,363 - 0,05 \cdot x_3 + 0,85 \cdot x_6; \\ x_{3s} = 15,594; x_{6s} = 1,344, \end{cases} \quad (11)$$

где  $x_{3s}$ ,  $x_{6s}$  – координаты центра поверхности для факторов  $x_3$  и  $x_6$  при  $x_1 = 0$ .

Проводим каноническое преобразование уравнения (1), для чего решим характеристические уравнения [9]:

$$f(B_2) = \begin{vmatrix} b_{11} - B_2 & 1/2 \cdot b_{16} \\ 1/2 \cdot b_{16} & b_{66} - B_2 \end{vmatrix} = 0, \quad (12)$$

$$f(B_3) = \begin{vmatrix} b_{33} - B_3 & 1/2 \cdot b_{36} \\ 1/2 \cdot b_{36} & b_{66} - B_3 \end{vmatrix} = 0, \quad (13)$$

В нашем случае:

$$\begin{vmatrix} -0,3 - B_2 & 0,5 \cdot 0,675 \\ 0,5 \cdot 0,675 & 0,425 - B_2 \end{vmatrix} = B_2^2 - 0,125 \cdot B_2 - 0,241 = 0. \quad (14)$$

$$\begin{vmatrix} 0,025 - B_3 & 0,5 \cdot 0,05 \\ 0,5 \cdot 0,05 & 0,425 - B_3 \end{vmatrix} = B_3^2 - 0,4 \cdot B_3 + 0,001 = 0. \quad (15)$$

Собственными числами (корнями) данных характеристических уравнений (14) и (15) будут:  $B_{21}=0,558$ ;  $B_{26}=-0,433$  и  $B_{33}=0,373$ ;  $B_{36}=0,027$  соответственно, при этом уравнения в канонической форме запишутся:

$$E - 98,292 = 0,558 \cdot x_1^2 - 0,433 \cdot x_6^2, \quad (16)$$

$$E - 98,947 = 0,373 \cdot x_3^2 + 0,027 \cdot x_6^2, \quad (17)$$

Затем проводили построение двумерных сечений [9]. Для этого в уравнения (7), (16) и (17) подставляли различные значения степени обмолота лент льна. В результате получили уравнения соответствующих контурных кривых – эллипсов. В совокупности все эти кривые представляют собой целое семейство сопряженных эллипсов – линий равного значения степени обмолота ленты льна. Результаты расчета представлены на рисунках 2–4.

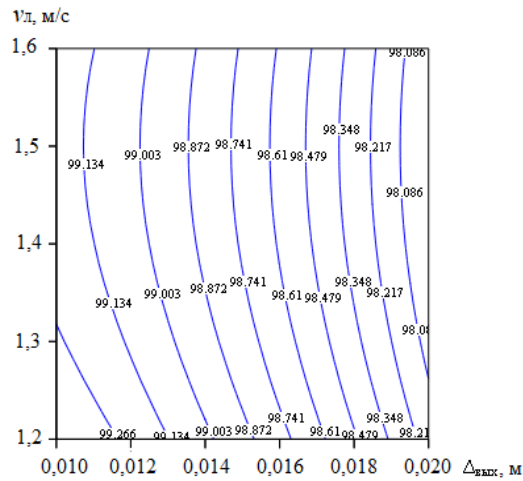


Рис. 2. Двумерное сечение поверхности отклика для факторов  $x_1$  и  $x_3$

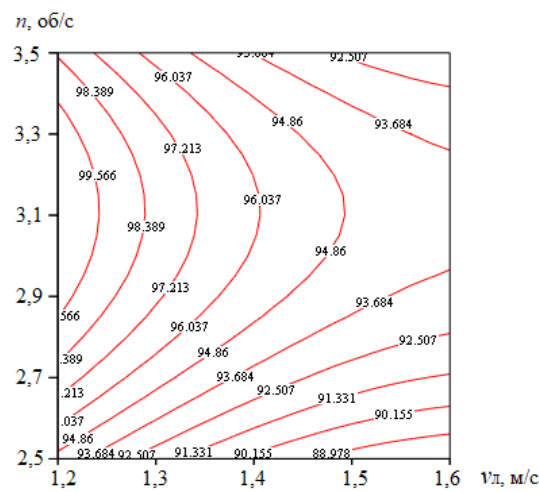


Рис. 3. Двумерное сечение поверхности отклика для факторов  $x_1$  и  $x_6$

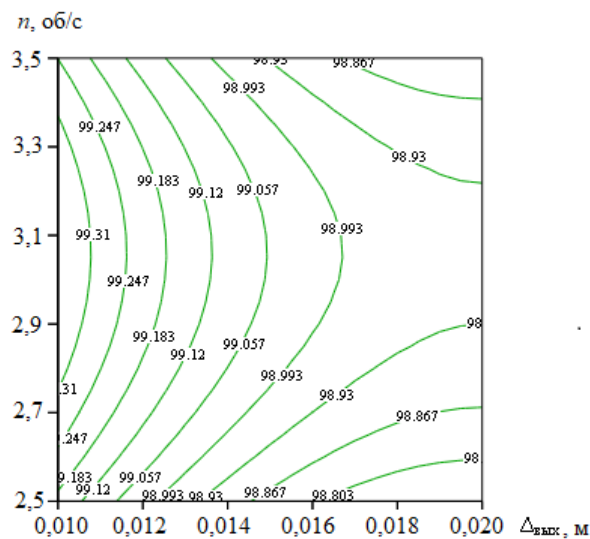


Рис. 4. Двумерное сечение поверхности отклика для факторов  $x_3$  и  $x_6$

Как видно из двумерного сечения поверхности отклика (рис. 2) оно представляет собой возвышающийся гребень. Максимальное значение степени обмолота в рассматриваемом сечении при  $x_6$  взятом на нулевом уровне, равно 99,266 % и имеет место при зазоре между сепарирующей решеткой (декой) и рабочим органом 0,0115 м и скорости подаваемой на обмолот ленты льна 1,2 м/с.

Анализируя двумерное сечение поверхности отклика (рис. 3), видим, что сечение представляет собой усеченную седловину. Максимальное значение степени обмолота в рассматриваемом сечении при  $x_3$  взятом на нулевом уровне, равно 99,566 % и имеет место при скорости подаваемой на обмолот ленты льна 1,2...1,25 м/с и частоте вращения рабочего органа 2,9...3,35 об/с.

Из двумерного сечения поверхности отклика (рис. 4), представляющей собой усеченную седловину, видно, что максимальное значение степени обмолота в рассматриваемом сечении при  $x_1$  взятом на нулевом уровне, равно 99,31 % и имеет место при частоте вращения рабочего органа 2,8...3,25 об/с и зазоре между сепарирующей решеткой (декой) и рабочим органом 0,01...0,0115 м.

Рассмотрение двумерных сечений поверхности отклика (рис. 2, 3, 4), показывает, что исследуемые факторы оказывают существенное влияние на критерий оптимизации, а их область оптимума находится в следующих пределах: скорость подаваемой на обмолот ленты льна – 1,2...1,3 м/с; зазор между сепарирующей решеткой (декой) и рабочим органом – 0,010...0,012 м; частота вращения рабочего органа – 2,9...3,3 об/с.

### **Заключение**

Установлено, что при принятых пределах варьирования исследуемых факторов и используемой точности измерений на величину степени обмолота обмолачивающим аппаратом с эластичным рабочим органом наибольшее влияние оказывают: скорость подаваемой на обмолот ленты льна; зазор между сепарирующей решеткой (декой) и рабочим органом; частота вращения рабочего органа. Полученная математическая модель, описывающая процесс обмолота коробочек льна эластичным рабочим органом, позволяет определить значения факторов, при которых достигается максимальное значение степени обмолота ленты льна: скорость подачи ленты льна – 1,2...1,3 м/с; зазор между рабочим органом и сепарирующей решеткой (декой) – 0,010...0,012 м; частота вращения рабочего органа – 2,9...3,2 об/с. Полученные результаты могут служить основанием для проектирования обмолачивающих аппаратов подобной конструкции.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Основы расчета рабочих органов машин и оборудования для производства семян льна / В. А. Шаршунов [и др.]. – Горки: БГСХА, 2016. – 156 с.
2. Алексеенко, А. С. Исследование рабочих органов машин для производства семян льна / А. С. Алексеенко, М. В. Цайц, В. А. Левчук. – LAP LAMBERT Academic Publishing / Copyright 2017 ICS Moreboks. Marketing SRL. Saarbrücken 2017. – 149 с.
3. Цайц М. В. Анализ состояния уборки льна-долгунца в Республике Беларусь / М. В. Цайц, А. С. Алексеенко. Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник материалов: в 2 кн. / XIII Международная научно-практическая конференция (15–16 февраля 2018 г.). Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2018. – Кн. 2. – С. 202–203.
4. Шаршунов, В. А. Анализ устройств для отделения семян льна от стеблей / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц, В. А. Левчук. – Вестник БГСХА. – 2017. – №4. – С. 174–180.
5. Левчук, В. А. Результаты исследования обмолачивающего устройства в линии первичной переработки льна / М. В. Цайц, В. А. Левчук // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы междунар. науч.-техн. конф. молод. ученых / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2016. – 23 с.
6. Limont, A. S. Morphological indices of fiber flax stalks and machines for its harvesting / A. S. Limont // Europäische Fachhochschule. 2015. – № 1. – С. 79–84.
7. Левчук, В. А. Результаты исследования обмолачивающего устройства в линии первичной переработки льна / М. В. Цайц, В. А. Левчук // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы междунар. науч.-техн. конф. молод. ученых / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2016. – 23 с.
8. Левчук, В. А. Обмолот семенных коробочек льна в линии первичной переработки / В. А. Левчук, М. В. Цайц // Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработки масличных и эфиромасличных культур: материалы Международной научно-практической конференции, РГАТУ, Рязань, 3–4 марта 2016. – Рязань: РГАТУ, 2016. – С. 130–137.
9. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рошин. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПЛУГ ПО-(8+4)-40 ДЛЯ ТРАКТОРОВ МОЩНОСТЬЮ 450 л.с.

**Н. Д. ЛЕПЕШКИН, В. В. МИЖУРИН, Д. В. ЗАЯЦ**

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь, 220049, e-mail: mehposev@mail.ru*

**А. И. ФИЛИППОВ**

*УО «Гродненский государственный аграрный университет»,  
г. Гродно, Республика Беларусь, e-mail: kafmehan@mail.ru*

**К. Л. ПУЗЕВИЧ**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: baa\_mgishp@mail.ru*

*(Поступила в редакцию 18.01.2021)*

*В статье дано описание, техническая характеристика и результаты испытаний оборотного 12-корпусного плуга для различных почв. Отличительными особенностями плуга является рессорная защита корпусов, возможность работы плуга с тракторами как «в борозде», так и «вне борозды», наличие дополнительного оборудования выравнивания и уплотнение почвы. При проведении эксплуатационно-технологической оценки установлено, что производительность плуга ПО-(8+4)-40 в агрегате с трактором «Беларус-4522С» за час основного времени на вспашке поля с многолетними травами составила 4,82 и 4,87 га, за час сменного времени – 3,34 и 3,38 га, а за час эксплуатационного времени – 3,25 и 3,38 га соответственно с дополнительным оборудованием и без него. В результате расчета сравнительных экономических показателей в сравнении с импортными аналогами было установлено, что годовой приведенный экономический эффект составил 26875,88 руб., годовая экономия себестоимости механизированных работ в размере 19075,88 руб., капитализированная стоимость плуга 12-корпусного оборотного ПО-(8+4)-40 составила 148695,01 руб. Задача загрузки перспективных тракторов мощностью 450 л.с. на проведении вспашки решается путем разработки и освоения производства 12-ти корпусного оборотного плуга. Использование его на вспашке в агрегате с трактором «Беларус 4522» позволяет не только производить качественную гладкую вспашку почвы, но и получить значительный экономический эффект от его использования по сравнению с импортным аналогом.*

**Ключевые слова:** плуг, оборотный, перспективный, рессорная защита, корпуса, вспашка, различные почвы, выравнивание, уплотнение.

*The article provides a description, technical characteristics and test results of a reversible 12-furrow plow for various soils. Distinctive features of the plow are spring protection of the bodies, the ability to operate the plow with tractors both "in the furrow" and "outside the furrow", the presence of additional equipment for leveling and soil compaction. When conducting an operational and technological assessment, it was found that the productivity of PO-(8+4)-40 plow in the unit with Belarus-4522S tractor per hour of main time on plowing a field with perennial grasses was 4.82 and 4.87 hectares, per hour of shift time – 3.34 and 3.38 hectares, and per hour of operating time – 3.25 and 3.38 hectares, respectively, with and without additional equipment. As a result of calculating comparative economic indicators in comparison with imported counterparts, it was established that the annual reduced economic effect amounted to 26,875.88 rubles, the annual savings in the cost of mechanized work – in the amount of 19,075.88 rubles, the capitalized cost of a 12-furrow reversible plow PO-(8+4)-40 amounted to 148,695.01 rubles. The task of using promising tractors with a capacity of 450 hp for carrying out plowing is solved by developing and mastering the production of a 12-body reversible plow. Using it for plowing in a unit with a tractor "Belarus 4522" allows you not only to produce high-quality smooth plowing of the soil, but also to obtain a significant economic effect from its use in comparison with the imported analogue.*

**Key words:** plow, reversible, perspective, spring protection, bodies, plowing, various soils, leveling, compaction.

### **Введение**

На ведущих предприятиях Республики Беларусь, таких как РУП «Сморгонский агрегатный завод», РУП «Минский завод шестерен», ДП «Минойтовский ремонтный завод», ОАО «Орша агропромаш», ОАО «Калинковичский ремонтно-механический завод» освоено производство нового поколения плугов, которые, как показывают сравнительные испытания по основным эксплуатационным и энергетическим показателям приближаются к лучшим зарубежным аналогам.

Вместе с тем в освоенном производстве республики плугах максимальное количество корпусов составляет 8–9, что обеспечивает оптимальную загрузку только тракторов мощностью до 250–300 л.с. Поскольку в настоящее время в Беларуси разработан и проходит производственную проверку трактор мощностью 450 л.с., а также ведется разработка тракторов мощностью 500 л.с., то для их загрузки должны быть созданы плуги с 12 и более корпусами. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработал, а ДП «Минойтовский ремонтный завод» изготовил плуг 12-корпусный оборотный ПО-(8+4)-40 [1, 2, 3].



### Основная часть

Плуг 12-корпусный оборотный ПО-(8+4)-40 предназначен для гладкой вспашки различных почв, в том числе засоренных камнями, вышедших из-под однолетних и многолетних трав, зерновых, овощных и технических культур, с удельным сопротивлением до 0,09 МПа на глубину до 27 см (рис. 1, 2).

Отличительными особенностями плуга являются: автоматическая (рессорная) система защиты корпусов, возможность работы плуга с тракторами как «в борозде», так и «вне борозды», наличие дополнительного оборудования для выравнивания и уплотнения почвы. Агрегатируется плуг с тракторами мощностью не менее 450 л.с. («Беларус-4522» и его зарубежными аналогами) [3, 4].

Плуг состоит из рамы, балки тяговой, навески, механизма оборота, правооборачивающих и левооборачивающих корпусов, предохранителей, хода колесного, рамки, колеса, талрепа, гидросистемы и электрооборудования.



Рис. 1. Плуг 12-корпусный оборотный ПО-(8+4)-40 в транспортном положении



Рис. 2. Плуг 12-корпусный оборотный ПО-(8+4)-40 в работе

Рама изготовлена из труб квадратного и прямоугольного сечения и листовой стали. Составные части рамы соединены между собой при помощи болтов и осей, образуя единую несущую конструкцию, на которой установлены корпуса.

Балка тяговая служит тяговым звеном плуга при агрегатировании с трактором. Изготовлена из профильной трубы и шарнирно крепится к кронштейну в задней части рамы и к механизму оборота.

Механизм оборота предназначен для перевода плуга из транспортного положения в рабочее и обратно, а также для поворота плуга при вспашке правооборачивающими или левооборачивающими корпусами. Механизм оборота представляет собой шарнирную конструкцию с двумя гидроцилиндрами одностороннего действия. Для агрегатирования плуга с трактором к механизму оборота шарнирно присоединена навеска [5, 6].

Предохранитель служит для подъема корпуса плуга при наезде на препятствия (камни и др. предметы) и последующего заглабления корпуса после преодоления препятствия, а также для обеспече-



ния устойчивой работы корпуса при вспашке почв различного механического состава, плотности и влажности.

Корпус правооборачивающий с полувинтовой лемешно-отвальной поверхностью состоит из стойки, башмака, лемеха, груди отвала, отвала, боковины, долота, распорки, кронштейна и деталей крепления (болты, гайки, шайбы), углоснима.

Корпус левооборачивающий и углосним левооборачивающий являются зеркальным отражением корпуса и углоснима правооборачивающих соответственно. На корпусе правооборачивающем устанавливается углосним правооборачивающий, предназначенный для лучшего оборота пласта и заделки растительных остатков.

Ход колесный является несущей конструкцией плуга при транспортировании плуга, разворотах и оборотах рамы плуга при выполнении технологического процесса. Ход колесный должен обеспечивать устойчивое положение плуга в рабочем и транспортном положении.

Рамка представляет собой раму сварной конструкции, к кронштейнам которой шарнирно крепятся кронштейны рамы плуга, ход колесный и гидроцилиндр с регулируемым штоком. Шарнирное соединение рамки с рамой плуга является центральной осью оборота. Колесо опорное с механизмом регулировки глубины вспашки предназначено для установки и поддержания глубины пахоты задней части плуга. Талреп служит для изменения ширины захвата первого корпуса и устанавливается между рамой и тяговой балкой. Гидросистема служит для перевода плуга из транспортного положения в рабочее и обратно, а также для перевода плуга из одного рабочего положения (вспашка правооборачивающими корпусами) в другое рабочее положение (вспашка левооборачивающими корпусами) и наоборот. Электрооборудование предназначено для указания поворотов, сигнала торможения и габарита при движении плуга в агрегате с трактором. Основные технические характеристики плуга ПО-(8+4)-40 представлены в таблице.

**Технические характеристики плуга ПО-(8+4)-40**

Наименование показателя	Значение
1	2
Тип	полунавесной
Масса, кг, не более:	
– без дополнительного оборудования	7800
– с дополнительным оборудованием	9300
Конструктивная ширина захвата плуга, м	4,8
Конструктивная ширина захвата корпуса, см	40
Глубина вспашки, см	до 27,0
Количество корпусов, шт.	12
Тип корпуса	полувинтовой
Минимальный радиус поворота, м, не более	14
Дополнительное оборудование:	
– количество приставок, шт.	3
– количество секций в приставке, шт.	1
– количество катков в секции приставки, шт.	13
– диаметр катков приставки, мм	450
– количество уширителей борозды, шт.	2
Рабочая скорость, км/ч	8–10
Транспортная скорость, км/ч, не более	20,0
Производительность за 1 час времени, га	3,8–4,8
Полнота заделки растительных и пожнивных остатков, %, не менее	98,0
Глубина заделки растительных и пожнивных остатков, см, не менее	10,0
Отклонение от конструктивной ширины захвата плуга, %	±10,0
Отклонение от заданной глубины обработки, см, не более	±2
Гребнистость поверхности почвы, см, не более:	
– без дополнительного оборудования	5
– с дополнительным оборудованием	4
Угол оборота пласта, град, не менее	135
Крошение пласта (массовая доля фракции до 50 мм), %, не менее:	
– без дополнительного оборудования	70,0
– с дополнительным оборудованием	80,0
Плотность почвы в слое 5–8 см, г/см <sup>3</sup>	1,0–1,3
Забивание и залипание рабочих органов	не допускается
Годовая нормативная наработка, ч, не менее	150
Срок службы, лет, не менее	8

Технологический процесс вспашки почвы плугом заключается в следующем: при работе плуга правооборачивающие и левооборачивающие корпуса попеременно вступают в работу на прямом и обратном ходу агрегата, благодаря чему оборот пласта всегда производится в одну сторону и агрегат работает челночным способом. При этом, при вспашке как правооборачивающими корпусами, так и левооборачивающими корпусами, долота и лемеха корпусов подрезают пласты почвы и подают их на отвалы. Отвалы поднимают пласты почвы, частично крошат и оборачивают их. Отвал углоснима или предплужник срезает угол оборачиваемого пласта и бросает его на дно борозды, образованной предыдущим корпусом. При наезде на препятствие соответствующий корпус выглубляется, сжимая рессору предохранителя. После преодоления препятствия под действием сжатой рессоры происходит возвращение грядила с корпусами в рабочее положение. Приставки плуга уплотняют и выравнивают почву [7, 8, 9].

Испытания плуга проводились в ОАО «1-я Минская птицефабрика», КУП «Минская овощная фабрика» Минского района, СПФ «Агрострой» ОАО «Минскжелезобетон» Червенского района Минской области и РСУП «Совхоз «Лидский» Лидского района Гродненской области. Плуг агрегатировался с тракторами «Беларус-4522С» и «Беларус-3522С».

В результате испытаний установлено: при заданной глубине вспашки 21 см пласта многолетних трав плугом ПО-(8+4)-40 фактическая глубина составила 22 см, а при вспашке стернового поля – 22 и 21 см с приставками и без них соответственно. Отклонение фактической глубины от заданной составило +1 и –1 см. Отклонение рабочей ширины захвата от конструктивной составило 4,8 % и 6,4 %. Гребнистость поверхности пашни составила 3 см с приставками и 4 см без них. Глубина заделки пожнивных и растительных остатков при вспашке пласта многолетних трав составила 11 см, а при вспашке стернового поля – 13 и 12 см соответственно с приставками и без них. Полнота заделки пожнивных и растительных остатков на первом фоне составила 98,6 %, а на втором – 98,8 % и 98,4 %. Фракции почвы размером до 50 мм при вспашке пласта многолетних трав составили 82,9 %, а при вспашке стернового поля – 81,5 % и 78,7 % соответственно с приставками и без них. Полученные данные в результате испытания ПО-(8+4)-40 говорят о том, что плуг производит вспашку качественно, в соответствии с агротребованиями [10, 11, 12].

#### **Заключение**

При проведении эксплуатационно-технологической оценки установлено, что производительность плуга ПО-(8+4)-40 в агрегате с трактором «Беларус-4522С» за час основного времени на вспашке поля с многолетними травами составила 4,82 и 4,87 га, за час сменного времени – 3,34 и 3,38 га, а за час эксплуатационного времени – 3,25 и 3,38 га соответственно с дополнительным оборудованием и без него.

В результате расчета сравнительных экономических показателей в сравнении с импортными аналогами было установлено, что годовой приведенный экономический эффект составил 26875,88 руб., годовая экономия себестоимости механизированных работ в размере 19075,88 руб., капитализированная стоимость плуга 12-корпусного оборотного ПО-(8+4)-40 составила 148695,01 руб.

Задача загрузки перспективных тракторов мощностью 450 л.с. на проведении вспашки решается путем разработки и освоения производства 12-ти корпусного оборотного плуга. Использование его на вспашке в агрегате с трактором «Беларус 4522» позволяет не только производить качественную гладкую вспашку почвы, но и получить значительный экономический эффект от его использования по сравнению с импортным аналогом.

#### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Протокол № 093 Б 1/2-2016ИЦ приемочных испытаний опытного образца плуга 12-ти корпусного оборотного ПО-(8+4)-40 от 27 декабря 2016 года
2. О проведении приемочных испытаний плуга 12-корпусного оборотного ПО-(8+4)-40 / Лепёшкин Н. Д. [и др.] // Механизация сельского хозяйства, выпуск №3, №1 (4), Минск, 2017г.
3. Лепёшкин, Н. Д. Обработка почвы и посев под урожай 2018 года (рекомендации) / Лепёшкин Н. Д., Точицкий А. А., Заяц Д. В. // Белорусское сельское хозяйство, выпуск №8 (184), Минск, 2017 г.
4. Прямой посев сельскохозяйственных культур в условиях республики Беларусь – ближайшая реальность / А. И. Филиппов [и др.] // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сборник научных трудов. – Гродно: ГГАУ, 2017. – Т 38. – С. 245–251.
5. Филиппов, А. И. К вопросу защиты склоновых земель от водной эрозии / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, А. А. Точицкий, Д. В. Заяц // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сборник научных трудов. – Гродно: ГГАУ, 2017. – Т 38. – С. 251–257.
6. Лепешкин, Н. Д. Моделирование разбрасывания твердых минеральных удобрений на дисковом разбрасывателе / Н. Д. Лепешкин, А. И. Филиппов, Э. В. Заяц // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: мате-

риалы Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» – Минск: Беларуская навука, 2017. – С. 122–125.

7. Обзор зарубежных комбинированных агрегатов / Н. Д. Лепешкин [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии // Материалы XX международной научно-технической конференции. – г. Минск, 2016. – С. 141–147.

8. Разработка и испытания рабочих органов и машин для обработки картофеля и овощных культур с минимальной пестицидной нагрузкой / Н. Д. Лепешкин [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве // Материалы международной научно-технической конференции посвященной 70-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – г. Минск, 2017. – С. 100–113.

9. Филиппов, А. И. Анализ устройств, обеспечивающих надёжность технологического процесса высева посевного материала / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сборник научных трудов. – Гродно: ГГАУ, 2019. – С. 181–192.

10. Филиппов, А. И. К выбору конструктивной схемы широкозахватного почвообработывающе-посевного агрегата для условий Республики Беларусь / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц // Современные технологии сельскохозяйственного производства : материалы XVIII междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 27 марта, 15 мая 2015 г. / Гродненский гос. аграрный ун-т. – Гродно, 2015. – С. 114–116.

11. Филиппов, А. И. Технологии и средства механизации обработки склоновых земель, подверженных водной эрозии / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, А. А. Тоцицкий, Д. В. Заяц // Современные технологии сельскохозяйственного производства : материалы XVIII междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 27 марта, 15 мая 2015 г. / Гродненский гос. аграрный ун-т. – Гродно, 2015. – С. 116–119.

12. Филиппов, А. И. Новые принципы конструирования почвообработывающей техники / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, А. Н. Тоцицкий, Д. В. Заяц // Современные технологии сельскохозяйственного производства : материалы XIX междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 25 марта, 7 апреля 2016 г. / Гродненский гос. аграрный ун-т. – Гродно, 2016. – С. 141–144.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ОБМОЛАЧИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С ЭЛАСТИЧНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ В ЛИНИИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНА «VAN DOMMELE»

В. А. ЛЕВЧУК, М. В. ЦАЙЦ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: baa\_bgd@tut.by

(Поступила в редакцию 20.01.2021)

Уборка и первичная переработка льна-долгунца является основополагающими процессами в технологии производства льняного волокна и получения семян. Имеющиеся недостатки механизированных технологий уборки и первичной переработки льна-долгунца, связанные со стремлением полностью механизировать данные процессы и увеличить производительность труда, способствовали созданию комбинированной технологии (сочетание обмолота лент льна в полевых условиях и в линии первичной переработки). Ее применение возможно при наличии полного комплекса машин и оборудования, необходимых для существующих технологических операций, что приводит к росту ресурсоемкости и эксплуатационных затрат. В осваиваемой в Республике Беларусь заводской технологии уборки и первичной переработки льна-долгунца обмолот (очес) коробочек осуществляется в линиях первичной переработки льна Van Dommele, Cheh Flax Mashinery или Depoortere. В данных линиях первичной переработки используются гребневые очесывающие аппараты с присущими им недостатками.

В статье приводятся результаты проведенных производственных испытаний разработанного в УО БГСХА обмолочивающего устройства с эластичным рабочим органом в линии первичной переработки льна фирмы «Van Dommele». В результате испытаний установлено, что по сравнению с серийным гребневым рабочим органом увеличивается степень обмолота лент льна с 82 до 98,8 %, происходит снижение энергозатра на дальнейшую переработку льновороха, а также снижение травмирования и микро-повреждений семян с 1,5 до 1 %, снижение общих потерь семян с 3 до 0,9 %, повреждение стеблей, влияющее на выход длинного волокна – с 5 до 1,9 % и отход стеблей в путаницу – с 4 до 2 %.

**Ключевые слова:** лен, обмолочивающее устройство, очесывающее устройство, коробочки льна, семена льна, ворох льна, обмолот, очес, лента льна, линия первичной переработки льна.

Harvesting and primary processing of fiber flax are fundamental processes in the technology of production of flax fiber and obtaining seeds. The existing disadvantages of mechanized technologies for harvesting and primary processing of fiber flax, associated with the desire to completely mechanize these processes and increase labor productivity, contributed to the creation of a combined technology (a combination of threshing flax bands in the field and in the primary processing line). Its use is possible in the presence of a full range of machines and equipment required for existing technological operations, which leads to an increase in resource intensity and operating costs. In the factory technology of harvesting and primary processing of fiber flax, mastered in the Republic of Belarus, threshing (stripping) of bolls is carried out in the lines of primary processing of flax of Van Dommele, Cheh Flax Mashinery or Depoortere. In these lines of primary processing, ridge strippers are used with their inherent disadvantages.

The article presents results of conducted production tests of a threshing device, developed at Belarusian State Agricultural Academy, with an elastic working body in the line of primary processing of flax of the company "Van Dommele". As a result of the tests, it was found that, in comparison with the serial ridge working body, the degree of threshing of flax bands increases from 82 to 98.8 %, there is a decrease in energy consumption for further processing of flax heap, as well as a decrease in injury and micro-damage of seeds from 1.5 to 1 %, a decrease in the total loss of seeds from 3 to 0.9 %, damage to the stems, affecting the yield of long fibers – from 5 to 1.9 %, and the tangling of stems – from 4 to 2 %.

**Key words:** flax, threshing device, stripper, flax bolls, flax seeds, flax heap, threshing, stripping, flax band, flax primary processing line.

### Введение

В технологической цепочке производства льна-долгунца наиболее значимыми процессами являются уборка и первичная переработка. Имеющиеся недостатки механизированных технологий уборки и первичной переработки льна-долгунца, связанные со стремлением полностью механизировать данные процессы и увеличить производительность труда, способствовали созданию комбинированной технологии (сочетание обмолота лент льна в полевых условиях и в линии первичной переработки). Ее применение возможно при наличии полного комплекса машин и оборудования, необходимых для существующих технологических операций, что приводит к росту ресурсоемкости и эксплуатационных затрат [1]. В осваиваемой в Республике Беларусь заводской технологии уборки и первичной переработки льна-долгунца обмолот (очес) коробочек осуществляется в линиях первичной переработки льна Van Dommele, Cheh Flax Mashinery или Depoortere. В данных линиях первичной переработки используются гребневые очесывающие аппараты с присущими им недостатками [2, 3].

В связи с этим, считаем важной задачей, имеющей практическое значение для льноводства – совершенствование процесса обмолота стеблей в линии первичной переработки льна и разработка обмолочивающего устройства с целью повышения его эффективности.

Линия первичной переработки льна «Van Dommele» представляет собой совокупность последовательно установленных машин осуществляющих технологические процессы от подготовки льнотресты к переработке (загрузка и размотка рулонов льнотресты, очес (обмолочивание) коробочек

льна, выравнивание стеблей, формирования слоя) до удаления отходов трепания, обмолачивания и очистки семян, получения длинного и короткого волокна [4]. Поэтому изменение технологических параметров (скорости подачи ленты льна, равномерности слоя и т. д.) на одном участке оказывает влияние на протекание последующих процессов на других участках и на производительность всей линии в целом.

Основным фактором влияющим на производительность линии является величина массы погонного метра ленты льна. Величина массы погонного метра ленты льна является величиной непостоянной, зависящей от биологической урожайности льна, а также качества работы обслуживающего линию персонала, на участке размотки рулонов. Значение величины массы погонного метра ленты льна варьируется в пределах от 2,0 до 4,5 кг/пог.м. Однако для обеспечения требуемой производительности, заявленной производителем линии первичной переработки льна этот показатель должен составлять не менее 3 кг/пог.м.

В тоже время, величина массы погонного метра ленты оказывает влияние на качество очеса (обмолота) лент льна. Потому проводилось исследование влияния данного фактора на качественные показатели работы очесывающего (обмолачивающего) устройства.

Целью исследований являлось определение качественных и кинематических показателей процесса обмолота, необходимых для выбора основных конструктивных параметров и расчета конструкции обмолачивающего устройства.

### Основная часть

После определения рациональных значений параметров предлагаемого обмолачивающего устройства с эластичным рабочим органом в лабораторных условиях, проводились его производственные испытания [5, 6].

Разработанное обмолачивающее устройство было установлено в линию первичной переработки льна «Wan Dommele» ОАО «Дубровенский льнозавод» (рис. 1).

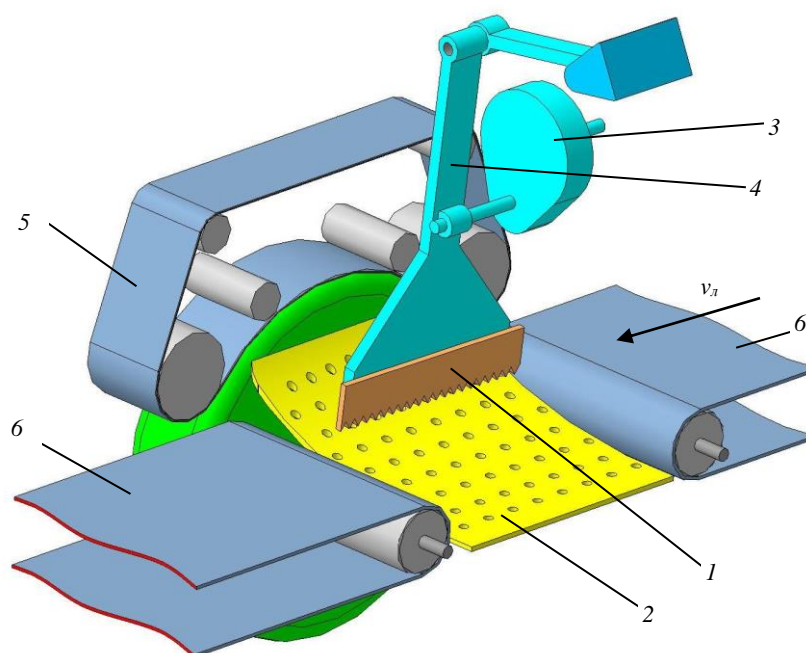


Рис. 1. Схема обмолачивающего устройства:

- 1 – эластичный рабочий орган; 2 – сепарирующая решетка (дека); 3 – эксцентрик;
- 4 – кривошипный привод; 5 – зажимной транспортер; 6 – транспортер льнотресты

Устройство содержит ленточно-дисковый зажимной транспортер 5 и аппарат для отделения семенных коробочек от стеблей льна, состоящий из эластичного рабочего органа 1, нижняя рабочая часть которого имеет зубчатую поверхность и кривошипного привода 4, свободно вращающегося на эксцентрике 3, сепарирующей решетки (деки) 2. Сепарирующая решетка 2 установлена относительно эластичного рабочего органа 1 с регулируемым зазором, уменьшающимся по направлению к выходу.

Устройство работает следующим образом: лента льна подводится транспортером льнотресты 6 к зажимному транспортеру 5, который в дальнейшем подает в зажатом состоянии ленту льна в зону обмолота. Обмолот происходит за счет удара эластичного рабочего органа 1 по верхушечной части стеблей, содержащей семенные коробочки, при протаскивании массы через молотильный зазор. Ударно-вытирающее воздействие эластичного рабочего органа при взаимодействии с обрабатываемой лентой льна приводит к разрушению связей между коробочками и стеблями, смятию коробочек и их частичное разрушение с выделением семян. Рабочая поверхность эластичного рабочего органа 1 имеет зубчатую форму, это обеспечивает внедрение зубьев в слой обрабатываемой ленты льна и вычесывание коробочек льна с внутренних слоев ленты, а также происходит частичное выравнивание стеблей, что увеличивает выход длинного волокна [7, 8, 9].

Отделённые коробочки и семена льна от ленты просыпаются сквозь отверстия в сепарирующей решетке (деке) и поступает на ленточный транспортер для дальнейшей очистки [9].

Испытания проводились на ленте льна, полученной при уборке льна-долгунца сорта «Грант» по раздельной технологии. Характеристики ленты льна применяемой при проведении производственных испытаний представлена в таблице.

**Характеристика ленты льна**

Показатель	Значение показателя
Культура, сорт	лен-долгунец, «Грант»
Фаза спелости льна	Льнотреста
Спелость коробочек по семенам, %:	
- желтые	7
- бурые	93
Влажность, %:	
- стеблей	14
- коробочек	12
- сорняков	15,5
Зона расположения коробочек в стеблестое, м	0,13
Высота расположения зоны коробочек, м	0,6
Общая длина стебля, м	0,73
Засоренность ленты льна сорняками, %	3,04
Средний диаметр стебля, мм	1,15
Растянутасть ленты льна	1,25

Лента льна подаваемая на обмолот формировалась из рулонов с помощью размотчика рулонов, а в последующем вручную оператором линии на участке подготовки льнотресты устранялись дефекты. При этом погонный метр ленты льна изменялся в пределах от 2 до 4,5 кг/пог.м.

В результате обмолота ленты льна (рис. 2) предлагаемым обмолачивающим устройством с эластичным рабочим органом в линии первичной переработки получали обмолоченную ленту (рис. 3, а) и ворох льна (рис. 3, б).



Рис. 2. Вид ленты льна подаваемой на обмолот

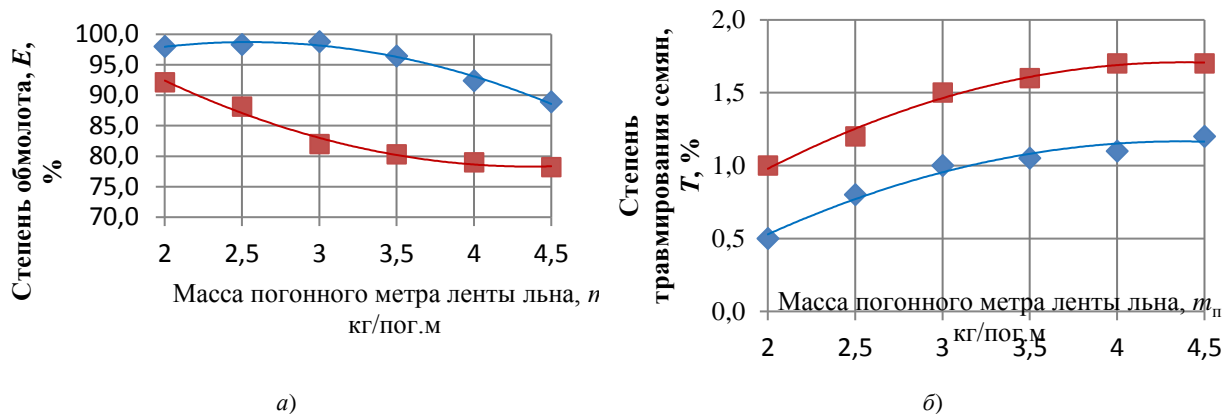


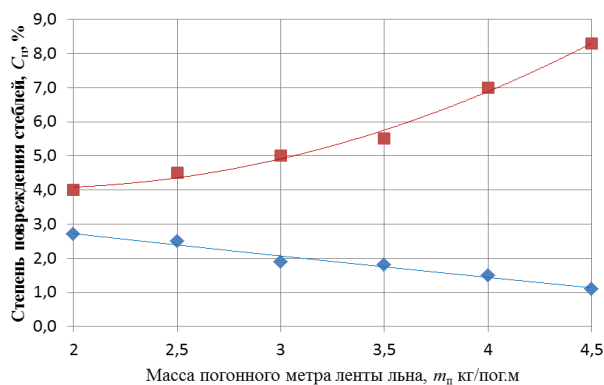


Рис. 3. Результаты применение обмолачивающего устройства с эластичным рабочим органом:  
 а) – вид ленты льна после обмолота; б) – ворох льна полученный после обмолота

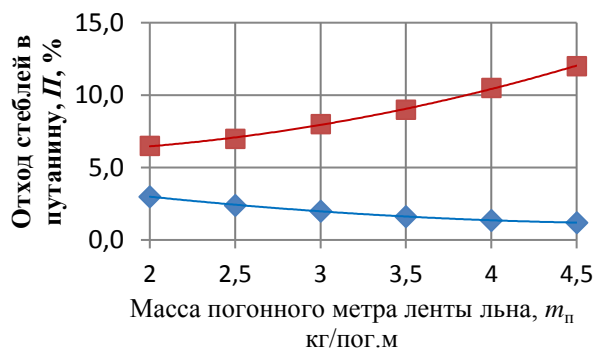
Графические зависимости, полученные в результате проведения производственных испытаний представлены на рис. 4.12...4.15.

Анализируя графическую зависимость (рис. 4, а) можно сделать вывод, что при увеличении массы погонного метра ленты льна, снижается степень обмолота как при использовании серийного гребневого рабочего органа так и разработанного эластичного рабочего органа. При этом изменение степени обмолота эластичным рабочим органом происходит по выпуклой кривой. Максимальное значение степени обмолота 98,8 % достигается при массе погонного метра 3 кг/пог.м. При массе от 2,5 до 2 кг/пог.м наблюдается незначительное снижение степени обмолота, это объясняется недостаточным давлением эластичного бича при взаимодействии с лентой льна, в следствии ее недостаточной толщины. На участке от 3 до 4,5 кг/пог.м кривая имеет вид убывающей выпуклой, степень обмолота снижается до 88 %. Это объясняется растущей толщиной обрабатываемого слоя. Чем больше толщина подаваемой на обмолот ленты льна, тем ниже показатель проникаемости зубчатого бича в обрабатываемый слой, тем самым снижается уплотняющая способность бича. Изменение степени обмолота серийным гребневым рабочим органом происходит по убывающей вогнутой кривой, что объясняется увеличением плотности в межзубовом пространстве с увеличением массы погонного метра ленты льна. При массе погонного метра от 2 до 3 кг/пог.м плотность ленты не большая и при рабочем движении гребенки, коробочки проскальзывают сквозь систему зубьев. При массе погонного метра более 3 кг/пог.м создается достаточная плотность обрабатываемой ленты и дальнейшее снижение степени обмолота происходит главным образом за счет превышения высоты слоя ленты. Степень обмолота при нормированном значении массы погонного метра ленты льна 3 кг/пог.м составила 82,2 %.





в)



г)

—◆— эластичный рабочий орган;

—■— гребневый рабочий орган.

Рис. 4. Зависимость степени обмолота лент льна а), степени травмирования семян б), степени повреждения стеблей в) и отхода стеблей в путанину г) от массы погонного метра подаваемого на обмолот

Анализируя графическую зависимость (рис. 4, б), можно сделать вывод, что степень травмирования семян в обоих случаях увеличивается с увеличением массы погонного метра ленты льна подаваемой на обмолот. Травмирование семян при обмолоте эластичным рабочим органом наблюдается в нижних слоях ленты, при взаимодействии с металлической поверхностью сепарирующей решетки (деки). У эластичного рабочего органа степень травмирования семян во всем диапазоне исследования ниже чем у гребневого, что связано со свойствами материала, из которого изготовлен рабочий орган. Металлическая поверхность серийного гребневого рабочего органа травмирует семян в большей степени, чем полиуретановая – эластичного рабочего органа.

Анализируя графическую зависимость (рис. 4, в), можно сделать вывод, что степень повреждения стеблей при использовании эластичного рабочего органа с увеличением массы погонного метра ленты льна подаваемой на обмолот уменьшается. Это объясняется тем что, повреждение стеблей происходит главным образом из-за разрывных сил, создаваемых эластичным рабочим органом в верхних слоях обрабатываемой ленты льна. Чем толще слой ленты льна, тем меньше процент стеблей льна непосредственно контактирующих с рабочим органом. При использовании гребневого рабочего органа с увеличением массы погонного метра увеличивается степень повреждения стеблей. Что связано с защемлением порций стеблей в межзубовом пространстве и их последующем прочесывании. С увеличением массы погонного метра ленты льна подаваемой на обмолот увеличивается и степень зажатия порций стеблей льна зубьями гребневого обмолачивающего устройства. Степень повреждения стеблей льна при нормированном значении массы погонного метра ленты льна 3 кг/пог.м составила для эластичного и гребневого рабочих органов соответственно 1,9 % и 5,0 %.

Анализируя графическую зависимость (рис. 4, г), можно сделать вывод, что степень отхода стеблей в путанину при использовании эластичного рабочего органа с увеличением массы погонного метра ленты льна, подаваемой на обмолот, уменьшается. Это объясняется тем что, выдергивание стеблей из зажимного транспортера происходит главным образом из-за продольных сил создаваемых эластичным рабочим органом в верхних слоях обрабатываемой ленты льна за счет зубчатой рабочей поверхности и сил трения. Чем толще слой ленты льна, тем меньше процент стеблей льна непосредственно контактирующих с рабочим органом. При использовании гребневого рабочего органа с увеличением массы погонного метра увеличивается степень отхода стеблей в путанину. Проникновение системы зубьев гребневого рабочего органа сквозь весь слой стеблей, разделение его на полоски, в процессе принудительного прочесывания последних с исправлением дефектов ориентации и нарушением связей между стеблями и спутавшимися коробочками приводит к выдергиванию сцепленных между собой стеблей льна. Степень отхода стеблей льна в путанину при нормированном значении массы погонного метра ленты льна 3 кг/пог.м составила для эластичного и гребневого рабочих органов соответственно 2,0 % и 8,0 %.

### Заключение

В результате проведенных производственных исследований параметров и режимов работы обмолачивающего устройства с эластичным рабочим органом в линии первичной переработки льна фирмы «Van Dommele», установлено, что по сравнению с серийным гребневым рабочим органом увели-



чивается степень обмолота лент льна с 82 до 98,8 %, происходит снижение энергозатрат на дальнейшую переработку льновороха, а также снижение травмирования и микроповреждений семян с 1,5 до 1 %, снижение общих потерь семян с 3 до 0,9 %, повреждение стеблей, влияющее на выход длинного волокна – с 5 до 1,9 % и отход стеблей в путанину – с 4 до 2 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шаршунов, В. А. Анализ механизированных технологий уборки и первичной переработки льна / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц, В. А. Левчук. – Вестник БГСХА. – 2017. – №2. – С. 137–141.
2. Шаршунов, В. А. Анализ устройств для отделения семян льна от стеблей / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц, В. А. Левчук. – Вестник БГСХА. – 2017. – №4. – С. 174–180.
3. Шаршунов, В. А. Исследование обмолачивающего устройства в линии первичной переработки льна / В. А. Шаршунов, В. Е. Кругленя, А. С. Алексеенко, В. А. Левчук, М. В. Цайц, 2015 // Весці НАН Беларусі. Сер. аграр. навук. – № 3. – С. 112–117.
4. Иванюк, Д. В. Обоснование рациональных конструкций бильных планок трепальных барабанов: дис....канд. техн. наук: 05.02.13. / Д. В. Иванюк. – Кострома, 2012. – 150 с.
5. ГОСТ 27502–83. Надежность в технике. Система сбора и обработки информации. Планирование наблюдений. Взамен ГОСТ 17510–79; Введ. 01.07.84. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 23 с.
6. ОСТ 70.2.8–82. Испытания сельскохозяйственной техники. Надежность. Сбор и обработка информации. – М., – 1982. – 245 с.
7. Устройство для отделения семенных коробочек от стеблей льна: пат. 7224 Респ. Беларусь, МПК А 01F 11/00 / В. Е. Кругленя, М. В. Лёвкин, В. И. Коцуба, С.Н. Крепочин, В.А. Левчук; заявитель Белорус. гос. с.-х. акад. – № u 20100607; заявл. 06.07.10 ; опубл. 02.02.11 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 2 – С. 154.
8. Устройство для выделения семян из ленты льна: пат. 8183 Респ. Беларусь, МПК А01D 45/06 / В. Е. Кругленя, М. В. Лёвкин, В. А. Левчук; заявитель УО «БГСХА». – № u 20110743; заявл. 29.09.11 ; опубл. 30.04.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – №2 – С. 197.
9. Обмолачивающее устройство ленты льна: пат. 8332 Респ. Беларусь, МПК А01F 11/02 / В. Е. Кругленя, М. В. Лёвкин, В. А. Левчук; заявитель Белорус. гос. с.-х. акад. – № u 20110745; заявл. 29.09.11 ; опубл. 30.06.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – №3. – С. 196.

## ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОПРЫСКИВАТЕЛЯ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОГО КОМБИНИРОВАННОГО В СОСТАВЕ АГРЕГАТА ДЛЯ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

**А. И. ФИЛИПPOB, Э. В. ЗЯЦ, А. А. АУТКО**

*УО «Гродненский государственный аграрный университет»,  
г. Гродно, Республика Беларусь, e-mail: kafmehan@mail.ru*

**В. П. ЧЕБОТАРЕВ**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: v.p.chebotarev@tut.by*

**К. Л. ПУЗЕВИЧ**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, e-mail: baa\_mgishp@mail.ru*

*(Поступила в редакцию 20.01.2021)*

*В статье приводятся технические и конструктивные параметры разработанного и предложенного нами опрыскивателя телескопического комбинированного для объемного и ленточного внесения рабочих растворов. Опыскиватель телескопический комбинированный, включает в себя телескопические секции и узлы крепления распылителей. Разработан узел для установки одновременно двух распылителей под разными (требуемыми) углами, вращающийся и регулирующийся в трех плоскостях для качественной регулировки факела распыла при объемном внесении рабочих растворов на нижние, боковые и внутренние поверхности растений. В процессе разработки была создана новая конструкция опрыскивателя с телескопической комбинированной системой для обработки растений картофеля объемным или ленточным способами, как в комплектации с универсальным агрегатом АУ-М2, так и отдельной сельскохозяйственной машиной. Опыскиватель рекомендуется для использования в составе культиватора для междурядной обработки или отдельной сельскохозяйственной машиной при возделывании картофеля, борьбе с колорадским жуком, другими вредителями и болезнями растений, которые находятся в основном на нижней части листьев, а также качественно обрабатывать растения картофеля биологическими препаратами и подкармливать жидкими минеральными удобрениями, что является одной из актуальных задач при возделывании экологически чистого картофеля.*

**Ключевые слова:** *опрыскиватель, комбинированный, телескопический, объемное внесение, гряды, картофель, растения, агрегат, рабочие органы, обработка, экологическое земледелие.*

*The article presents the technical and design parameters of the developed and proposed by us telescopic combined sprayer for volumetric and band application of working solutions. Combined telescopic sprayer includes telescopic sections and attachment points for sprayers. A unit for simultaneous installation of two nozzles at different (required) angles has been developed, rotating and adjustable in three planes for high-quality adjustment of spray pattern with volumetric application of working solutions to the bottom, side and inner surfaces of plants. In the process of development, a new design of a sprayer with a telescopic combined system was created for processing potato plants by volumetric or band methods, both in combination with a universal unit AU-M2, and as a separate agricultural machine. The sprayer is recommended for use as part of a cultivator for inter-row cultivation or as a separate agricultural machine when growing potatoes, fighting the Colorado potato beetle, other pests and plant diseases, which are mainly on the lower part of the leaves, as well as treat potato plants with biological preparations and feed them with liquid mineral fertilizers, which is one of the urgent tasks in the cultivation of environmentally friendly potatoes.*

**Key words:** *sprayer, combined, telescopic, volumetric application, ridges, potatoes, plants, aggregate, working bodies, cultivation, ecological farming.*

### **Введение**

В целях эффективного и рационального использования средств защиты растений, необходимо уделить большое внимание разработке теории и методов конструирования рабочих органов и параметров машин, обеспечивающих снижение расхода рабочих растворов и одновременно более точное попадание на обрабатываемые растения. Нашедшие широкое применение сельскохозяйственные опрыскиватели не позволяют получить качественный распыл и равномерное внесение распыленной жидкости на растение со всех сторон. Специальных опрыскивателей для обработки пропашных культур объемным способом промышленностью Республики не выпускается. В связи с этим и возникла необходимость данного вопроса.

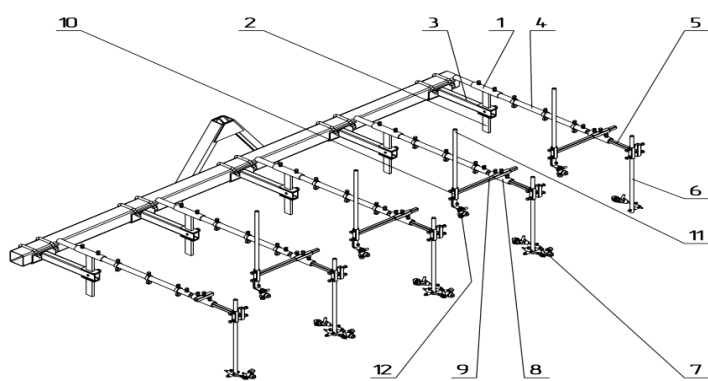
При усовершенствовании существующих технологий, обеспечивающих существенное снижение пестицидной нагрузки, определяющим фактором является применение средств механизации, обеспечивающих выполнение многих технологических операций, обладающих новыми конструктивными решениями, способствующих максимальному уничтожению сорной растительности на всех фазах роста и развития возделываемой культуры. В этой связи планируется создать новые типы рабочих органов, обладающих возможностью полного механического уничтожения сорной растительности, а

также для повышения действия рабочих растворов, биопрепаратов и растворимых микроудобрений и устройство для нанесения на растения жидких растворов объемным способом, обеспечивающее одновременную обработку препаратами нижнюю и верхнюю часть листьев [1, 2, 3].

Цель наших исследований это разработка и создание опрыскивателя телескопического комбинированного для объемного и ленточного внесения рабочих растворов, позволяющего проводить полную объемную обработку растений картофеля со всех сторон и особенно внутри куста, что максимально позволяет уничтожить колорадского жука, других вредителей и болезни растений, которые могут сохраняться на нижней части листьев, если обработку проводить только с верхней части растений, а так же опрыскиватель можно быстро перенастроить, если это потребуется на ленточное внесение рабочих растворов только верхними узлами распыла направленными сверху вниз на растения, путём установки заглушек на многовекторные узлы распыла [4, 5, 6, 7].

### Основная часть

На рис. 1 представлен опрыскиватель телескопический для объемного и ленточного внесения рабочих растворов (общий вид).



а) конструктивная схема опрыскивателя



б) опрыскиватель в работе

Рис. 1. Опрыскиватель телескопический комбинированный для ленточного и объемного внесения рабочих растворов

Опрыскиватель телескопический комбинированный для объемного и ленточного внесения рабочих растворов устроен следующим образом. Это телескопическая штанга 1, наружной частью жестко закрепленная на вертикальной стойке 2, которая в свою очередь закреплена на рабочей секции 3. Во внутрь наружной части телескопической штанги 1 вставлена передвигимая труба 4 меньшим диаметром и в которую вставлена передвигимая труба 5 ещё с меньшим диаметром, что даёт возможность их телескопического передвижения и фиксации. На конце передвигимой трубы 5 установлена вертикальная стойка 6 с возможностью вертикального перемещения и фиксации. В нижней части вертикальной стойки 6 закреплён многовекторный узел распыла 7, при этом на конечной части телескопической штанги 1 установлен крестообразный трубчатый фиксатор 8, в котором по горизонтали установлен шток 9 с возможностью горизонтального перемещения и фиксации, а на нём установлена втулка-фиксатор 10 в вертикальном положении, в которой размещена вертикальная стойка 11 с возможностью вертикального перемещения и фиксации с нижней части которой закреплён узел распыла 12 [8–11]. Технологический процесс опрыскивателя телескопического комбинированного происходит следующим образом. При обработке растений картофеля объемным способом работают как многовекторные узлы распыла 7, установленные и зафиксированные на вертикальных стойках 6, расположенные между рядами растений и направленные снизу вверх и в стороны так и узлы распыла 12 направленные сверху вниз, установленные и зафиксированные вверху на вертикальных стойках 11, закрепленных на горизонтальных штоках 9 над растениями по центру гряд.

При обработке картофеля таким опрыскивателем многовекторные узлы распыла 7, находящиеся между рядами растений и на направленные снизу вверх и в стороны будут обрабатывать растения рабочими растворами с нижней части листьев и в внутри куста. При чем они могут регулироваться перемещением и фиксацией вертикальных стоек 6 вверх или вниз на нижней части, которых они закреплены, в зависимости от высоты растений, для достижения качественной обработки растений с нижней части листьев и внутри куста. Одновременно при этом узлы распыла 12 направленные сверху вниз, установленные и зафиксированные вверху на вертикальных стойках 11, закрепленных на горизонтальных штоках 9 по центру гряд над растениями, будут обрабатывать растения с верхней части. При этом вертикальная стойка 11, на которой закреплены узлы распыла 12, может перемещаться и

фиксироваться как вверх, так и вниз в зависимости от высоты растений для достижения качественной обработки верхней части растений. Опрыскиватель может использоваться как в составе культиватора для междурядной обработки, так и отдельно сельскохозяйственной машиной [12–15].

При обработке растений рабочими растворами ленточным способом на многовекторных узлах распыла 7 устанавливаются заглушки. Вертикальные стойки 6 с многовекторными узлами распыла 7, при этом поднимаются и фиксируются максимально вверх, а вертикальные стойки 11 с узлами распыла 12, направленными сверху вниз и расположенными на горизонтальных штоках 9 могут перемещаться вверх или вниз и фиксироваться в нужном положении, в зависимости от высоты ленточного внесения рабочих растворов. Ленточное внесение рабочих растворов может осуществляться перед посадкой картофеля при нарезке гребней, при довсходовой обработке или на верхнюю часть растений при послевсходовой обработке картофеля [16, 17, 18].



Рис. 2 Опрыскиватель телескопический комбинированный в составе агрегата для междурядной обработки АУ-М2

Использование опрыскивателя телескопического комбинированного для обработки растений, в частности картофеля рабочими растворами позволяет наносить рабочие растворы как сверху вниз над рядами на верхнюю часть растений, так и под кроны растений, во внутрь куста и на нижнюю часть листьев под требуемыми углами, что имеет важное значение при борьбе с колорадским жуком, личинками колорадского жука, другими вредителями и болезнями растений, которые находятся в основном на нижней части листьев. В результате такой обработки повышается качество и равномерность распределения рабочих растворов на растения со всех сторон, что оказывает важное значение на рост, развитие, качество и урожайность возделываемых культур [19, 20, 21, 22].

**Основные параметры, размеры и показатели качества выполнения технологического процесса агрегата для междурядной обработки АУ-М2**

Наименование показателя	Значение показателя
1	2
Марка	АУ-М2
Тип	навесной
Агрегатирование	тракторы класса 1,4
Рабочая скорость, км/ч	3,0–6,0
Транспортная скорость, км/ч	5,0–20,0
Производительность за час основного времени, га при ширине захвата 2,8 м при ширине захвата 3,0 м	0,59–1,18 0,63–1,26
Производительность за час сменного времени при ширине захвата 2,8 м при ширине захвата 3,0 м	0,59–1,18 0,63–1,26
Удельный расход топлива за основное время работы, кг/га	4,0–10,0
Количество обслуживающего персонала, чел.	1
Коэффициент использования сменного времени, не менее	0,7
Коэффициент использования эксплуатационного времени, не менее	0,7
Коэффициент надежности технологического процесса, не менее	0,98
Коэффициент технологического обслуживания, не менее	0,99
Масса, кг, не более	900,0

Габаритные размеры, мм, не более: в рабочем положении: длина ширина высота в транспортном положении: длина ширина высота	2600 4400 1950 2600 4400 2505
Ширина междурядий, см	70, 75
Количество обрабатываемых рядков, шт.	4
Количество секций с рабочими органами, шт.	5
Вместимость емкости для растворов, дм <sup>3</sup> , не более	500
Расход рабочей жидкости на 1 га, л, не более	100
Отклонение от установленной нормы расхода жидкости, %, не более	5
Неравномерность расхода рабочей жидкости между отдельными распылителями, %, не более	5
Ширина обрабатываемой полосы, см	20–30
Повреждение растений, %, не более	1
Шаг расстановки распылителей, см	70, 75
Напряжение питающей сети, В, не более	12
Тип насоса	диафрагмовый
Производительность насоса, л/мин., не более	12,0
Количество опорных колес, шт.	2
Забивание и залипание рабочих органов	не допускается
Годовая нормативная наработка, ч.	100
<b>Агрегат универсальный в модификации возделывания бахчевых культур</b>	
При обработке профилированной поверхности почвы в довсходовый и послеvсходовый периоды: крошение почвы, %, не менее массовая доля фракций размером до 10 мм: массовая доля фракций размером свыше 50 мм глубина рыхления поверхности гряд, см уничтожение сорняков, %, не менее	85,0 не допускается 2,0–6,0 95,0
Повреждение культурных растений, %, не более в том числе присыпание почвой, %, не более	3 1
Забивание и залипание рабочих органов	не допускается
Величина защитной зоны, см, не более	12
Гребнистость поверхности почвы, см, не более	4
Удельный расход топлива за основное время работы, кг/га	4,0–10,0
Количество обслуживающего персонала, чел.	1
Коэффициент использования сменного времени, не менее	0,78
Коэффициент использования эксплуатационного времени, не менее	0,78
Коэффициент надежности технологического процесса, не менее	0,98
Годовая нормативная наработка, ч.	100

Проведенные исследования суммарного расхода рабочего раствора различными типами распылителей на разработанном телескопическом опрыскивателе при ленточном внесении четырьмя распылителями при работе на разных скоростях и при разном рабочем давлении показывают, что наиболее оптимальный результат показывают распылители ТЕЕJЕТ (40015Е). Например: при рабочем давлении 1 атм и скорости движения 6 км/ч – 50 л/га, при 7 км/ч рабочий расход 43 л/га, при 8 км/ч – 38 л/га. При рабочем давлении 1,5 атм и скорости движения 6 км/ч – 60 л/га, при 7 км/ч – 51 л/га, 8 км/ч – 45 л/га. При рабочем давлении 2 атм и скорости движения 6 км/ч рабочий расход четырьмя распылителями 66 л/га, 7 км/ч – 57 л/га, 8 км/ч – 50 л/га.

При объемном внесении рабочих растворов двенадцатью распылителями этого же типа при рабочем давлении 1 атм и скорости 6 км/ч – 152 л/га, при 7 км/ч – 130 л/га, 8 км/ч – 90 л/га. При рабочем давлении 1,5 атм и скорости 6 км/ч – 180 л/га, 7 км/ч – 154 л/га, 8 км/ч – 135 л/га. При рабочем давлении 2 атм и скорости 6 км/ч – 200 л/га, 7 км/ч – 171 л/га, 8 км/ч – 150 л/га. Примерно такие же результаты соотношений значений по расходу рабочей жидкости дают показания и по другим типам распылителей. Из таблицы мы видим, что при увеличении скорости движения агрегата расход рабочей жидкости уменьшается, поэтому для достижения требуемой дозы внесения рабочей жидкости можно увеличивать рабочее давление. Нижние распылители при объемной обработке желателно подбирать с меньшим расходом рабочей жидкости, так как они обрабатывают растения с двух сторон [23, 24, 25].

### **Заключение**

В результате проведенных исследований был разработан опрыскиватель телескопический комбинированный, включающий телескопические секции и узлы крепления распылителей. Разработан узел для установки одновременно двух распылителей под разными (требуемыми) углами, вращающийся и

регулирующийся в трех плоскостях для качественной регулировки факела распыла при объемном внесении рабочих растворов на нижние, боковые и внутренние поверхности растений. В процессе разработки была создана новая конструкция опрыскивателя с телескопической комбинированной системой для обработки растений картофеля объемным или ленточным способами, как в комплектации с универсальным агрегатом АУ-М2, так и отдельной сельскохозяйственной машиной.

При проведении такой объемной обработки повышается качество и равномерность распределения рабочих растворов на растения со всех сторон, что оказывает важное значение на рост, развитие, качество и урожайность возделываемых культур.

Внесение данным оборудованием препаратов объемным способом включая верхний распыл рабочих растворов и нижний распыл в крону растений картофеля, будет способствовать увеличению урожайности картофеля. Для этих целей разработан экспериментальный образец оборудования, обеспечивающего объемную обработку растений. Рациональное нанесение рабочих растворов объемным способом, может дать значительный экономический эффект при правильном сочетании препаратов, норм расхода и режима работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Заяц, Э. В. Сельскохозяйственные машины: практикум // учебное пособие Э. В. Заяц [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 518 с.

2. Заяц, Э. В. Разработка рабочих органов машин для возделывания картофеля и овощей при экологическом земледелии. / Э. В. Заяц, А. А. Аутко, А. И. Филиппов, В. Н. Салей, П. В. Заяц // материалы XX МНПК «Современные технологии сельскохозяйственного производства»; Гродно. – УО ГГАУ, 2017. – С. 182–184.

3. Лепешкин, Н. Д. Обзор зарубежных комбинированных агрегатов / Н. Д. Лепешкин, А. И. Филиппов, А. С. Добышев, К. Л. Пузевич // Материалы МНТК Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии // Минск, 2016. – С. 141–147.

4. Заяц, Э. В. Изыскание рабочих органов и типов машин для ухода за картофелем при экологическом земледелии / Э. В. Заяц, А. И. Филиппов, В. Н. Салей, П. В. Заяц // Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве: материалы междунар. науч.-практ. конф. посвященной 80-летию А.П. Тарасенко, доктора технических наук, заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора кафедры сельскохозяйственных машин Воронежского госуд. аграрного университета имени императора Петра I, Россия, Воронеж, 10 января 2017 г. – Воронеж, 2017 – Ч2 – С. 219–227.

5. Аутко, А. А. Агрегат для обработки профилированной поверхности почвы / А. А. Аутко, Э. В. Заяц, А. И. Филиппов, С. В. Стуканов, А. В. Зень // Материалы XXI МНПК «Современные технологии сельскохозяйственного производства»; Гродно. – УО ГГАУ, 2018. – С. 182–185.

6. Аутко, А. А. Усовершенствование рабочих органов к агрегату для производства картофеля на основе экологического земледелия / А. А. Аутко, Э. В. Заяц, Н. Д. Лепешкин, А. И. Филиппов, С. В. Стуканов, А. В. Зень // Материалы МНТК «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве посвященной 110-летию со дня рождения академика М.Е. Мацепуро»; Минск, 2018. – С. 28–32.

7. Аутко, А. А. Устройство для механического уничтожения сорняков / А. А. Аутко, Э. В. Заяц, А. И. Филиппов, С. В. Стуканов, А. В. Зень // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сборник научных статей по материалам XXI Международной научно-практической конференции; Гродно. – УО «ГГАУ», 2018 г. – С. 139–142.

8. Аутко, А. А. Разработка агрегата и рабочих органов для обработки почвы при экологическом земледелии / А. А. Аутко, Э. В. Заяц, А. И. Филиппов, С. В. Стуканов, А. В. Зень // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий. – Рязань: ФГБОУВО «РГАУ им. П.А. Костычева», 2018. – С. 14–19.

9. Заяц, Э. В. Фрезерный лучеобразный диск / Э. В. Заяц А. И. Филиппов, А. А. Аутко, С. В. Стуканов // Современные технологии сельскохозяйственного производства : сборник научных статей по материалам XXII Международной научно-практической конференции, Гродно, 7 июня, 29 марта, 19 марта 2019 г / УО «ГГАУ». – Гродно, 2019 г. – С. 194–196.

10. Заяц, Э. В. Профилеформователь с уплотняющим катком / Э. В. Заяц А. И. Филиппов, А. А. Аутко, С. В. Стуканов // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сборник научных статей по материалам XXII Международной научно-практической конференции, Гродно, 7 июня, 29 марта, 19 марта 2019 г. – Гродно, 2019 г. – С. 192–194.

11. Филиппов, А. И. Агрегат комбинированный для обработки профилированной поверхности почвы / А. И. Филиппов, А. А. Аутко, Э. В. Заяц, С. В. Стуканов // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сборник научных статей по материалам XXII Международной научно-практической конференции, Гродно, 7 июня, 29 марта, 19 марта 2019 г / УО «ГГАУ» – Гродно, 2019 г. – С. 255–257.

12. Филиппов, А. И. Многoveкторный узел распыла / А. И. Филиппов, А. А. Аутко, Э. В. Заяц, С. В. Стуканов // Современные технологии сельскохозяйственного производства : сборник научных статей по материалам XXII Международной научно-практической конференции, Гродно, 7 июня, 29 марта, 19 марта 2019 г / УО ГГАУ. – Гродно, 2019 г. – С. 258–260.

13. Аутко, А. А. Пружинный рыхлитель для уничтожения сорной растительности механическим способом / А. А. Аутко, Э. В. Заяц, А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, В. П. Чеботарев // Межведомственный тематический сборник «Механизация и электрификация сельского хозяйства» выпуск 52, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» – Минск, 2019 г. – С. 69–73.

14. Филиппов, А. И., Усовершенствование профилеформователя узкопрофильных гряд / А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, А. А. Аутко, В. П. Чеботарев // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, 24–25 октября, Минск, БГАТУ, 2019 г – С. 54–56.

15. Филиппов, А. И., Разработка узла распыла для объёмного внесения рабочих растворов / А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, А. А. Аутко, В. П. Чеботарев // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хо-



- зайстве: сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, 24–25 октября, Минск, БГАТУ, 2019 г – С. 56–59.
16. Чеботарёв, В. П., Обоснование конструктивных параметров устройств для формирования профиля гребня / В. П. Чеботарёв, В. Н. Еднач, А. И. Филиппов, А. А. Зенов // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, Минск, БГАТУ, 24-25 октября 2019 г – С. 71–73.
17. Чеботарёв, В. П. К вопросу формирования узкопрофильных гряд / В. П. Чеботарёв, В. Н. Еднач, Э. В. Заяц, А. И. Филиппов // Журнал «Агропанорама» №5. – Минск: УО «БГАТУ», 2019. – С. 22–26.
18. Заяц, Э. В. Профилеформователь узкопрофильных гряд / Э. В. Заяц, А. А. Аутко, А. И. Филиппов, С. В. Стуканов, А. В. Зень // Современные технологии сельскохозяйственного производства : сборник научных статей по материалам XXI Международной научно-практической конференции, Гродно, 31 мая, 30 марта, 20 марта 2018 г. / УО «ГГАУ». – Гродно, 2018 г. – С. 170–172.
19. Заяц, Э. В. Обзор основных конструкций опрыскивателей при разработке объёмного и ленточного внесения рабочих растворов в системе экологического земледелия / Э. В. Заяц, А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, В. П. Чеботарев // Межведомственный тематический сборник «Механизация и электрификация сельского хозяйства» выпуск 53, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» – Минск, 2020 г. – С. 27–33.
20. Филиппов, А. И. Обоснование технических и конструктивных параметров профилеформователя узкопрофильных гряд / А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, Н. Д. Лепешкин, В. П. Чеботарев // Межведомственный тематический сборник «Механизация и электрификация сельского хозяйства» выпуск 53, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» – Минск, 2020 г. – С. 23–27.
21. Филиппов, А. И. Разработка оборудования для объёмного внесения рабочих растворов / А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, А. А. Аутко, Н. Д. Лепешкин, В. П. Чеботарев // Межведомственный тематический сборник «Механизация и электрификация сельского хозяйства» выпуск 53, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» – Минск, 2020 г. – С. 153–157.
22. Филиппов, А. И. Модернизация туковывсевающего аппарата для ленточного внесения удобрений / А. И. Филиппов, А. А. Аутко, Э. В. Заяц, С. В. Стуканов, Н. Ю. Занемонская // Сборник научных статей по материалам XXIII Международной научно-практической конференции. – Гродно: ГГАУ, 2020. – С. 172–175.
23. Филиппов, А. И. Схема обоснования фрезерного диска и размещения почвозацепов рыхлителя / А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, В. П. Чеботарев, К. Л. Пузевич, С. И. Козлов // Вестник УО «БГСХА» №3/ – Горки: 2020. – 194–197 с.
24. Филиппов, А. И. Оборудование для дозирования и ленточного внесения удобрений к универсальному агрегату АУ-М1 / А. И. Филиппов, А. А. Аутко, Э. В. Заяц, В. П. Чеботарев, И. В. Дубень // Научно-практический журнал «Вестник БарГУ» выпуск 8 (технический раздел), Барановичи: 2020. – С. 119–127.
25. Филиппов, А. И. Усовершенствование фрезерных дисков для обработки боковых поверхностей узкопрофильных гряд / А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, В. П. Чеботарев, К. Л. Пузевич // Сборник научных статей «Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства», международная научно-практическая конференция, посвященной 90-ю С.И. Назарова д.т.н., профессора, академика ВАСХНИЛ СССР, заслуженного деятеля науки и техники БССР. – Горки: УО БГСХА, 2020. С. 348–351.

## МЕЛИОРАЦИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

УДК 332.3

### СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А. В. КОЛМЫКОВ, А. Н. АВДЕЕВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, kolmykov@tut.by, koc9lk.i@gmail.com

(Поступила в редакцию 04.01.2021)

Эффективность ведения сельскохозяйственного производства во многом зависит от рационального использования земель сельскохозяйственного назначения, которые преобладают в составе земельного фонда Республики Беларусь. Вместе с тем расширение урбанизированных территорий, нерациональное использование земель и рост антропогенного влияния на земли сельскохозяйственного назначения приводят к количественному их уменьшению, снижению плодородия и деградации, поэтому при организации использования земель сельскохозяйственного назначения важно соблюдать сбалансированное их соотношение, выполнять анализ количественного и качественного состояния в целом по республике, а также в разрезе административных областей.

В представленной работе отражено актуальное состояние, состав и структура земель сельскохозяйственного назначения Республики Беларусь по видам земель, дано распределение земель по видам землепользователей, а также по формам собственности и видам прав на землю в разрезе административных областей республики.

В статье проведен обобщенный ретроспективный анализ динамики земель сельскохозяйственного назначения по данным Государственного земельного кадастра в период с 2001 по 2020 г., а также представлены зависимости, позволяющие выложить прогноз площадей земель сельскохозяйственного назначения до 2025 г.

Для обеспечения экономической стабильности агропромышленного комплекса республики и выполнения Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. авторами предложен ряд рекомендаций, которые, по их мнению, необходимо осуществить для уменьшения сокращения площадей земель сельскохозяйственного назначения и повышения эффективности использования земель данной категории в сельскохозяйственных организациях.

**Ключевые слова:** земельные ресурсы, землеустройство, категория земель, земли сельскохозяйственного назначения, использование земель, ретроспективный анализ.

*The efficiency of agricultural production largely depends on the rational use of agricultural lands, which prevail in the land fund of the Republic of Belarus. At the same time, the expansion of urbanized territories, irrational use of lands and an increase in anthropogenic impact on agricultural lands lead to their quantitative decrease, a decrease in fertility and degradation, therefore, when organizing the use of agricultural lands, it is important to maintain a balanced ratio, analyze the quantitative and qualitative state in general in the republic, as well as in the context of administrative regions.*

*The presented work reflects the current state, composition and structure of agricultural land in the Republic of Belarus by type of land, gives the distribution of land by type of land users, as well as by forms of ownership and types of land rights in the context of the administrative regions of the republic.*

*The article provides a general retrospective analysis of the dynamics of agricultural land according to the State Land Cadastre in the period from 2001 to 2020, and also presents dependencies that make it possible to forecast the area of agricultural land until 2025.*

*To ensure the economic stability of agro-industrial complex of the republic and the implementation of the National Strategy for Sustainable Socio-Economic Development of the Republic of Belarus for the period up to 2030, the authors have proposed a number of recommendations that, in their opinion, need to be implemented to decrease the reduction in the area of agricultural land and increase the efficiency of use of lands of this category in agricultural organizations.*

**Key words:** land resources, land management, land category, agricultural land, land use, retrospective analysis.

#### Введение

Повышение эффективности аграрного производства связано с совершенствованием организации земель сельскохозяйственного назначения, увеличением интенсивности использования и охраной земельных ресурсов.

Регулирование деятельности, связанной с использованием и охраной земель в Республике Беларусь, обеспечивается законодательством об охране и использовании земель, а также принятыми и введенными в действие государственными программами, прогнозами и планами развития сельскохозяй-



ственного производства [1, 2, 3, 8, 9, 14].

Для повышения эффективности использования земель, принятия обоснованных административно управленческих решений в области планирования землепользования необходимо иметь достоверную и достаточную информацию о каждом земельном участке. Сбор сведений о распределении земель по категориям, их видам, землепользователям, составе, структуре, состоянии, а также хозяйственном использовании ведется посредством государственного земельного кадастра.

Согласно Кодексу Республики Беларусь о земле под государственным земельным кадастром понимают совокупность систематизированных сведений и документов о правовом режиме, состоянии, качестве, распределении, хозяйственном и ином использовании земель, земельных участков [9].

Одной из составных частей государственного земельного кадастра является реестр земельных ресурсов Республики Беларусь [9]. Представленные в нем данные за длительный временной период позволяют провести общий ретроспективный анализ, необходимый для разработки научно обоснованных прогнозов использования земельных ресурсов, систем мероприятий по организации управления ими, повышению эффективности использования и охраны земель.

Содержащаяся в реестре информация позволяет проследить динамику изменения площадей земель за выделенный промежуток времени в разрезе как административных районов или областей, так и республики в целом, и дает возможность установить определенные зависимости.

Организация рационального использования и охраны земель сельскохозяйственного назначения в Республике Беларусь является важным направлением научно исследовательской работы Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь, РУП «Институт почвоведения и агрохимии», РНУП «Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси», РУП «Проектный институт Белгипрозем», а также в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии и др. Результаты проведенных ранее научных исследований отражены в ряде научных работ и статистических отчетах [5–8, 10].

Так, Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь привел в Национальном докладе о состоянии, использовании и охране земельных ресурсов страны данные о составе, структуре, распределении и состоянии земельных ресурсов республики, динамику их изменения в разрезе административно-территориальных единиц, кроме этого специалисты комитета формировали некоторые предложения по повышению эффективности использования, улучшению и охраны земель [8].

Прогнозы использования земельных ресурсов разрабатывались до 2012 г. в схемах землеустройства административных районов. Всего было составлено 49 схем землеустройства административных районов, то есть из 118 административных районов Республики Беларусь только 42 % имели такие прогнозные документы. В разрезе административных областей и в целом по республике схем землеустройства не разработано.

Исходя из вышеизложенного, изучения имеющихся научных публикаций и производственных разработок по рассматриваемой проблеме, можно отметить необходимость проведения ретроспективного анализа и определения перспектив использования земель сельскохозяйственного назначения административных областей и республики в целом.

### **Основная часть**

В основном документе, регулирующем земельные отношения в республике, которым является Кодекс Республики Беларусь о земле, приведено следующее: «к землям сельскохозяйственного назначения относятся земельные участки, включающие в себя сельскохозяйственные и иные земли, предоставленные для ведения сельского хозяйства» [9].

Согласно статистическим данным, представленным в реестре земельных ресурсов Республики Беларусь по состоянию на 1 января 2020 г., можно установить, что общая площадь земельного фонда республики составляет 20760 тыс. га, из которых 9103,0 тыс. га, или 43,8 % занимают земли сельскохозяйственного назначения [4].

Основную часть земель сельскохозяйственного назначения составляют сельскохозяйственные земли – 7591,1 тыс. га, или 83,4 % земель данной категории. Остальная часть, а именно – 1511,9 тыс. га, или 16,6 % земель данной категории, приходится на несельскохозяйственные земли.

Состав и структура земель сельскохозяйственного назначения Республики Беларусь в разрезе видов земель представлены на рис. 1.

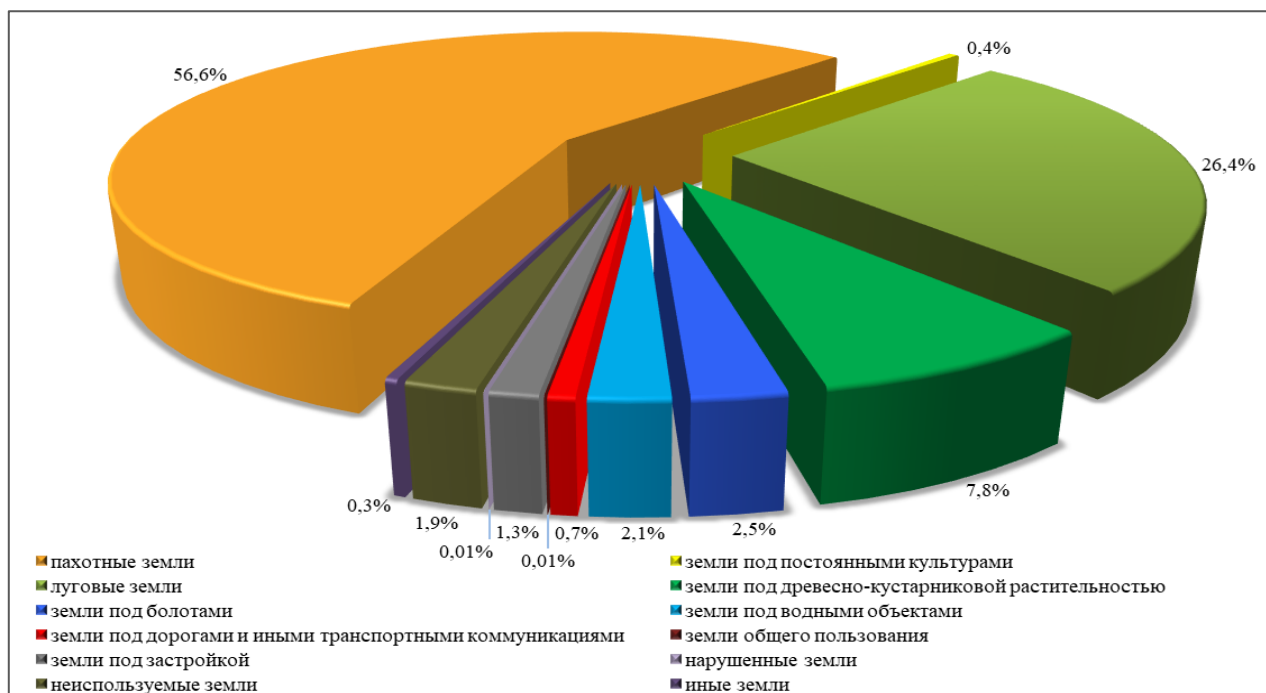


Рис. 1. Состав и структура земель сельскохозяйственного назначения республики по видам земель (на 01.01.2020 г.)

Сельскохозяйственные земли сельскохозяйственного назначения включают пахотные земли – 5150,2 тыс. га, или 67,8 %; луговые земли – 2403,9 тыс. га, или 31,7 %, под постоянными культурами – 37,0 тыс. га, или 0,5 % площади сельскохозяйственных земель. Осушенные сельскохозяйственные земли составляют 2957,9 тыс. га, или 39,0 %, а орошаемые – 30,1 тыс. га, или 0,4 % от сельскохозяйственных земель сельскохозяйственного назначения.

К важным показателям оценки использования земель относится сельскохозяйственная освоенность и распаханность территории, для республики они составляют 40,4 % и 27,5 % соответственно, что является достаточно высоким уровнем.

Территория Республики Беларусь характеризуется пестротой почвенного покрова, это связано с различным почвенно-гранулометрическим составом, степенью увлажненности, проявлений эрозионных процессов, а также степенью зарастания древесно-кустарниковой растительностью, наличием мелкоконтурности и расчлененности территории. Ухудшение качества сельскохозяйственных земель происходит при неконтролируемом воздействии водной и ветровой эрозий, потери продуктивности осушенных торфяных и дерново-подзолистых почв при ведении на них интенсивного и продолжительного сельскохозяйственного производства без соблюдения мер по защите почв и восстановлению их плодородия.

В ежегодном издании РУП «БелНИЦ «Экология» «Состояние природной среды Беларуси» приведены площади сельскохозяйственных земель, подверженных водной эрозии. Исходя из представленных там данных, можно расположить административные области республики в следующем порядке: наиболее пострадавшие от водной эрозии сельскохозяйственные земли находятся в Витебской, Минской и Могилевской областях с показателями – 27,4 %, 25,4 и 21,3 % от общей площади их территорий соответственно; немногим лучше ситуация в Гродненской, Брестской и Гомельской областях – 15,6%, 7,6 и 2,7 % соответственно [10].

Ветровой эрозии (дефляции) больше подвержены сельскохозяйственные земли Гомельской, Минской и Гродненской областей – 26,4%, 25,8 и 25,7 % от общей площади данных земель, а менее подвержены дефляции земли в Брестской, Витебской и Могилевской областях, там на долю таких земель приходится 13,7%, 5,1 и 3,3 % соответственно.

Последствия Чернобыльской катастрофы оказали значительное влияние на структуру земельного фонда Республики Беларусь, значительная часть территории которой подверглась радиоактивному загрязнению – 4,66 млн га (23 % земель республики). Площадь загрязненных радиоактивным цезием сельскохозяйственных земель с плотностью выше 37 кБк/м<sup>2</sup> (>1 Ки/км<sup>2</sup>) составила 1,86 млн га. Вследствие радиоактивного распада цезия-137 площадь радиоактивно загрязненных земель постепенно уменьшается, по состоянию на 01.01.2020 г. она сократилась в 1,7 раза и составила 2,79 млн га, или 13,4 % от общей площади республики [11].

По состоянию на 01.01.2020 г. из хозяйственного использования выведено 249,1 тыс. га загрязненных радионуклидами земель, или 1,2 % общей площади территории Беларуси, из них 39,2 тыс. га земель сельскохозяйственного назначения. Основная часть загрязненных земель находится в областях, расположенных в непосредственной близости от источника загрязнения, а именно в Гомельской и Могилевской [4].

Согласно проведенным научным исследованиям и данным реестра земельных ресурсов Республики Беларусь, установлено, что по состоянию на 1 января 2020 года в государственной собственности находится 9103,0 тыс. га, или 100,0 % от общей площади земель сельскохозяйственного назначения республики, в частную собственность земли данной категории, согласно законодательству об охране и использованию земель, не предоставляются [4, 8].

Земли сельскохозяйственного назначения Республики Беларусь в настоящее время находятся в пользовании 2073 сельскохозяйственных организаций и 3042 крестьянских (фермерских) хозяйств, которые используют соответственно 7377,2 и 213,9 тыс. га сельскохозяйственных земель, что составляет 97,2 и 2,8 % от общей площади сельскохозяйственных земель сельскохозяйственного назначения [4].

Средняя площадь сельскохозяйственной организации составляет 4271,3 га, в том числе 3558,7 га сельскохозяйственных земель. Средний размер крестьянского хозяйства по общей площади составил 87,7 га, а по сельскохозяйственным землям – 70,3 га.

В пожизненном наследуемом владении находится 75,4 тыс. га земель сельскохозяйственного назначения, или 0,8 % от их общей площади, все эти земли закреплены за крестьянскими (фермерскими) хозяйствами. В постоянном пользовании находится 8679,7 тыс. га земель сельскохозяйственного назначения, или 95,3 % от их общей площади, из них 8544,1 тыс. га (98,4 %) в пользовании у сельскохозяйственных организаций, 135,6 тыс. га (1,6 %) – у крестьянских (фермерских) хозяйств. Во временном пользовании находится 115,5 тыс. га, или 1,3 % земель сельскохозяйственного назначения, в том числе – 113,9 тыс. га у сельскохозяйственных организаций, и 1,6 тыс. га – у крестьянских (фермерских) хозяйств. На правах аренды используются 232,4 тыс. га земель сельскохозяйственного назначения, или 2,6 % от их общей площади, в том числе – 196,4 тыс. га сельскохозяйственными организациями и 36,0 тыс. га – крестьянскими (фермерскими) хозяйствами [4].

На основании проведенного анализа статистических данных из реестра земельных ресурсов Республики Беларусь за последние двадцать лет, с 2001 г. по 2020 г., нужно отметить постоянную динамику площади земель сельскохозяйственного назначения как по административным областям, так и по республике в целом.

По состоянию на 1 января 2001 г. площадь земель сельскохозяйственного назначения в республике составляла 9313,5 тыс. га, а к 2020 г. она уменьшилась на 210,5 тыс. га (2,3 %) и достигла 9103,0 тыс. га. Среднегодовое сокращение площади земель сельскохозяйственного назначения за рассматриваемый период составило 10,5 тыс. га.

Динамика площади земель сельскохозяйственного назначения по республике за 2001–2020 гг. представлена на рис. 2.

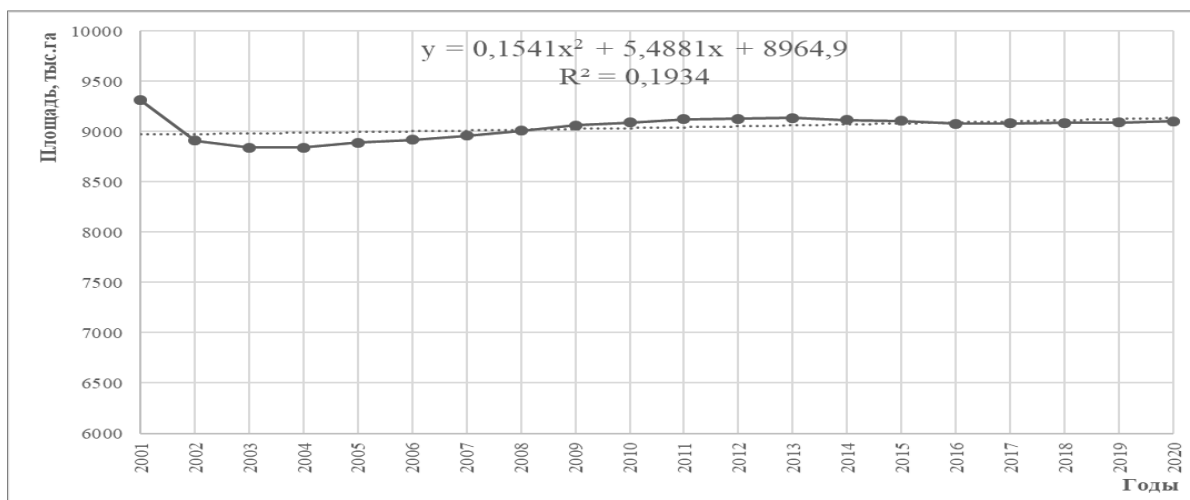


Рис. 2. Динамика площади земель сельскохозяйственного назначения Республики Беларусь

В результате анализа данных изменения площадей земель сельскохозяйственного назначения республики можно выделить три этапа: первый – с 2001 г. по 2004 г., когда наблюдалось устойчивое их сокращение; второй – с 2005 г. по 2013 г., характеризуется ростом площади; третий – с 2014 г. по 2020 г., отмечается некоторая стабильность в площади земель данной категории.

Сокращение площади земель сельскохозяйственного назначения по республике с 2001 по 2004 г. обусловлено выводом из эксплуатации земель, загрязненных радионуклидами; отводом сельскохозяйственных земель под промышленные и другие несельскохозяйственные объекты; отводом земель для городского строительства; переводом малопродуктивных сельскохозяйственных земель в лесные и другие земли; деградацией земель и выводом их из сельскохозяйственного оборота; другими причинами.

На втором этапе (с 2005 по 2013 г.) наблюдается увеличение площади земель сельскохозяйственного назначения. В первую очередь это обусловлено реализацией Государственной программы возрождения и развития села на 2005–2010 гг., предусматривающей максимальное вовлечение в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых земельных участков граждан в населенных пунктах [13]. Согласно этому, осуществлялась передача сельскохозяйственным организациям части неиспользуемых земель сельских населенных пунктов, садоводческих товариществ и дачных кооперативов, земель запаса и земель других категорий. Стоит отметить, что в этот период отвод земель сельскохозяйственного назначения для несельскохозяйственных целей значительно сократился.

Некоторые изменения в площади земель сельскохозяйственного назначения на третьем этапе (с 2014 г. по 2020 г.) обусловлены отводом земельных участков из земель данной категории для несельскохозяйственного использования – для строительства промышленных объектов, расширением урбанизированных территорий, оптимизацией земель, т.е. выведением малопродуктивных земель из сельскохозяйственного использования, а причины роста площади земель сельскохозяйственного назначения такие же, как и на втором этапе.

Рассмотрев ситуацию по изменению площадей земель сельскохозяйственного назначения в разрезе административных областей, можно сделать вывод, что она соответствует общей тенденции сложившейся в целом по республике. Уменьшение площадей земель сельскохозяйственного назначения отмечается во всех областях республики с 2001 г. по 2004 г. Так, за рассматриваемый период их площадь в Брестской области уменьшилась на 147,6 тыс. га, в Витебской – на 58,7, в Гомельской – на 86,9, в Гродненской – на 62,1, в Минской – на 34,6, и в Могилевской области – на 82,8 тыс. га.

Однако, начиная с 2005 г., наблюдается незначительный рост площадей земель сельскохозяйственного назначения в отдельных областях республики, и к 2013 г. они увеличились в Витебской области на 125,9 тыс. га и составили 1729,5 тыс. га, в Гомельской – на 48,6 и 1477,0, в Гродненской – на 18,5 и 1264,7, в Минской – на 69,2 и 1837,9, в Могилевской – на 27,1 тыс. га и достигли 1340,5 тыс. га соответственно. В Брестской области за этот период произошел незначительный рост площади земель сельскохозяйственного назначения, в результате их общая площадь в 2013 г. составила 1486,9 тыс. га.

В период с 2014 по 2020 г. в площадях земель сельскохозяйственного назначения происходили незначительные изменения, из которых можно выделить сокращение площади земель рассматриваемой категории по Витебской области на 28,9 тыс. га.

Для исследования динамики площадей земель сельскохозяйственного назначения по республике и ее административным областям за период с 2001 по 2020 г. использован корреляционно-регрессионный анализ, позволивший вывести функции, наиболее точно описывающие происходящие изменения площади земель сельскохозяйственного назначения. Для характеристики критериев близости полученных функций и временных рядов установлены коэффициенты аппроксимации ( $R^2$ ), находящиеся в пределах от 0,0105 до 0,7630 по областям (табл. 1).

Таблица 1. Прогноз площади земель сельскохозяйственного назначения на 2025 г.

Область	Прогнозная функция	Коэффициент аппроксимации ( $R^2$ )	Площадь, тыс. га	
			2020 г.	2025 г.
Брестская	$y = 0,4956x^2 - 13,111x + 1558,8$	0,4474	1491,6	1540,8
Витебская	$y = -0,4694x^2 + 15,254x + 1585,5$	0,6641	1700,6	1673,5
Гомельская	$y = -0,001x^2 + 1,4901x + 1448,2$	0,1607	1472,1	1484,8
Гродненская	$y = 0,0456x^2 - 0,9176x + 1265,9$	0,0105	1262,2	1271,5
Минская	$y = -0,3109x^2 + 10,021x + 1753,3$	0,7630	1828,4	1809,5
Могилевская	$y = 0,3953x^2 - 7,4061x + 1353,8$	0,3539	1346,4	1415,7
Республика Беларусь	$y = 0,1541x^2 + 5,4881x + 8964,9$	0,1934	9103,0	9198,4

В приведенных прогнозных функциях  $y$  – расчетная площадь земель сельскохозяйственного назначения, га,  $x$  – порядковый номер года с начала базисного периода (с 2001 г.).

Приведенные в табл. 1 функциональные зависимости позволяют выполнить прогноз площадей земель сельскохозяйственного назначения по республике и административным областям, при условии того, что тенденции изменения площадей этих земель за анализируемый период сохранятся на ближайшую перспективу.

Проведение ретроспективного анализа динамики использования земель сельскохозяйственного назначения и расчет прогнозируемых показателей их площадей на перспективу показал, что при сохранении текущих многолетних тенденций их изменения площадь земель сельскохозяйственного назначения республики к 2025 г. может увеличиться на 95,4 тыс. га, или 1,05 % по отношению 2020 г., и составит 9198,4 тыс. га.

Площадь земель сельскохозяйственного назначения к 2025 г. по сравнению с 2020 г. возрастет в Брестской области на 49,2 тыс. га (3,3 %) и составит 1540,8 тыс. га, в Гомельской – на 12,7 (0,9 %) и 1484,8; Гродненской – на 9,3 (0,7 %) и 1271,5; Могилевской – на 69,3 (5,1 %) и 1415,7 тыс. га. В Витебской и Минской областях произойдет сокращение площадей земель сельскохозяйственного назначения на 27,1 тыс. га (1,6 %) и 18,9 тыс. га (1,0 %), и достигнет 1673,5 и 1809,5 тыс. га соответственно.

Анализ качественного состояния земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств по результатам двух последних туров кадастровой оценки показал, что общий балл кадастровой оценки сельскохозяйственных земель Республики Беларусь не изменился, как и в 2010 году он составляет 29,0 баллов. Вместе с тем наблюдается снижение балла кадастровой оценки сельскохозяйственных земель, в Витебской области на 1,0 балла (4,0 %), Гомельской – 1,2 (4,3 %) и Могилевской области – 1,8 балла (6,1 %). По остальным административным областям республики наблюдается незначительный рост данного показателя (табл.2).

Таблица 2. Показатели кадастровой оценки сельскохозяйственных земель [15, 16]

Наименование области	Общий балл кадастровой оценки сельскохозяйственных земель				Дифференциальный доход с сельскохозяйственных земель, долл. США/га			
	2010	2020*	Разница		2010	2020*	Разница	
			Баллы	%			Баллы	%
Брестская	29,7	30,5	0,8	2,7	216,0	336,9	120,9	55,9
Витебская	24,8	23,8	-1,0	-4,0	156,0	197,9	41,9	26,9
Гомельская	27,8	26,6	-1,2	-4,3	194,0	276,1	82,1	42,3
Гродненская	31,7	32,1	0,4	1,3	258,0	424,8	166,8	64,7
Минская	30,7	31,1	0,4	1,3	245,0	412,7	167,7	68,5
Могилевская	29,5	27,7	-1,8	-6,1	230,0	324,8	94,8	41,2
Республика Беларусь	29,0	29,0	0,0	0,0	216,0	333,2	117,2	54,3

\*Примечание: результаты корректировки кадастровой оценки сельскохозяйственных земель 2015 г., утвержденные приказом Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь от 23 ноября 2020 г. № 245 [16].

Несмотря на некоторое снижение балла кадастровой оценки сельскохозяйственных земель по отдельным областям, дифференциальный доход имеет существенный рост за рассматриваемый период времени как в целом по республике – 117,2 долл. США/га (54,3 %), так и по областям в частности. Максимальный прирост рассматриваемого показателя отмечается в Минской области – 167,7 долл. США/га (68,5 %), а минимальный в Витебской – 41,9 долл. США/га (26,9 %).

Учитывая, что дифференциальный доход – это сверхнормативный доход, образующийся на землях лучшего качества и местоположения по сравнению с худшими условиями возделывания сельскохозяйственных культур [17], его рост говорит о значительном снижении себестоимости производства сельскохозяйственной продукции с 1 га сельскохозяйственных земель.

С целью выполнения положений, отраженных в Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г., и повышения экономической и экологической стабильности агропромышленного комплекса республики целесообразно сократить потери площади земель сельскохозяйственного назначения и повысить эффективность использования земельных ресурсов в сельскохозяйственных организациях.

К числу мероприятий, направленных на увеличение площадей земель сельскохозяйственного назначения, следует отнести:

- повышение эффективности осуществления государственного контроля за использованием и охраной земель, предоставлением земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения для несельскохозяйственных целей;

- введение в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых земельных участков, обладающих потенциальным плодородием;

– сохранение и увеличение уровня плодородия почв сельскохозяйственных земель путем осуществления организационно-хозяйственных, природоохранных, мелиоративных и других мероприятий;

– проведение мероприятий, направленных на предотвращение деградационных процессов сельскохозяйственных земель, а также рекультивацию нарушенных земель и введение их в сельскохозяйственный оборот.

К мероприятиям, обеспечивающим эффективное использование земель сельскохозяйственного назначения, следует отнести:

– проведение комплексной, экономически обоснованной организации территорий сельскохозяйственных организаций;

– оптимизация состава и структуры земель в сельскохозяйственных организациях с учетом их производственной специализации;

– увеличение площади сельскохозяйственных земель путем трансформации в них других видов земель, при условии соблюдения экологических требований и экономической целесообразности;

– устранение территориальных недостатков земельных участков сельскохозяйственных организаций;

– введение на пахотных землях сельскохозяйственных организаций эколого-технологических севооборотов;

– поддержание положительного баланса гумуса севооборотов;

– введение систем точного, а также органического земледелия;

– предоставление земельных участков, имеющих территориальные недостатки, но обладающих достаточным уровнем плодородия для организации крестьянских (фермерских) хозяйств;

– введение государственной поддержки производителям сельскохозяйственной продукции, обеспечивающим улучшение качественного состояния земель сельскохозяйственного назначения.

Предлагаемые мероприятия целесообразно разрабатывать в региональных схемах использования и охраны земельных ресурсов; схемах землеустройства административно-территориальных и территориальных единиц; проектах внутрихозяйственного и межхозяйственного землеустройства; рабочих проектах рекультивации земель, защиты почв от эрозии и других вредных воздействий.

### **Заключение**

В результате выполненных научных исследований современного состояния и определения перспектив использования земель сельскохозяйственного назначения Республики Беларусь можно сделать некоторые выводы и внести следующие предложения:

1. Ретроспективный анализ динамики площадей земель сельскохозяйственного назначения республики и областей за период с 2001 по 2020 гг. выявил тенденцию их сокращения относительно исходного года (2001 г.).

2. К основным причинам уменьшения площади земель сельскохозяйственного назначения относятся их перевод в другие несельскохозяйственные категории земель; выведение из сельскохозяйственного оборота малопродуктивных и радиоактивно загрязненных земель и другими описанными в работе причинами.

3. При сохранении сложившихся тенденций площадь земель сельскохозяйственного назначения в республике в перспективе к 2025 г. увеличится и достигнет 9198,4 тыс. га, в том числе по Брестской области – 1540,8, Гомельской – 1484,8, Гродненской – 1271,5 и Могилевской области – 1415,7 тыс. га. Вместе с тем в Витебской и Минской областях будет наблюдаться некоторое уменьшение площади земель сельскохозяйственного назначения, которая составит – 1673,5 и 1809,5 тыс. га.

4. Несмотря на некоторое снижение балла кадастровой оценки сельскохозяйственных земель по отдельным областям относительно 2010 г., дифференциальный доход к 2020 г. имеет существенный рост как в целом по республике на 54,3 %, так и по отдельным ее административным областям, что говорит о существенном повышении эффективности растениеводства и снижении себестоимости производства сельскохозяйственной продукции на 1 га сельскохозяйственных земель.

5. Использование приведенной в работе системы мер в перспективе приведет к рациональной организации эффективного использования земель сельскохозяйственного назначения, что, в свою очередь, позволит минимизировать сокращение их площадей.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. // Министерство экономики Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.economy.gov.by/uploads/files/NSUR2030/Natsionalnaja-strategija-ustojchivogo-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitija-Respubliki-Belarus-na-period-do-2030-goda.pdf>. – Дата доступа 15.09.2020.

2. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mshp.gov.by/ru/>. – Дата доступа 19.09.2020.
3. Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/> – Дата доступа 19.09.2020.
4. Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь (по состоянию на 1 января 2020 года). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://gki.gov.by/ru/activity\\_branches-land-reestr](http://gki.gov.by/ru/activity_branches-land-reestr). – Дата доступа: 05.09.2020.
5. Колмыков, А. В. Общий ретроспективный анализ и перспективы использования земель сельскохозяйственного назначения в Республике Беларусь / А. В. Колмыков // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2012. – № 3. – С. 97–104.
6. Колмыков, А. В. Эволюция и современное состояние организационно-правовых форм использования сельскохозяйственных земель / А. В. Колмыков // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2010. – № 1. – С. 141–147.
7. Колмыков, В. Ф. Эффективное использование земель и организация территории в АПК: монография / В. Ф. Колмыков. – Горки: БГСХА, 2003. – 184 с.
8. Национальный доклад о состоянии, использовании и охране земельных ресурсов в Республике Беларусь (по состоянию на 1 января 2011 года) / Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь: под ред. Г. И. Кузнецова. – Минск: РУП «Белнизем», 2011 – 184 с.
9. Кодекс Республики Беларусь о земле от 23.07.2008 № 425-З: ред. от 18.07.2016 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 30 июля 2008 г. – № 2/1522.
10. Состояние природной среды Беларуси: ежегодное информационно-аналитическое издание / Р. В. Михалевич, В. М. Бурак, С. А. Дубенок, О. Н. Михан, Е. А. Ботян, О. Л. Захарова, Е. В. Баутрель, Н. В. Макаревич; Под общ. ред. М. А. Ерьско. – Минск: РУП «БелНИЦ «Экология», 2020. – 101 с.
11. Чернобыльское загрязнение территории Республики Беларусь: ретроспектива и современная ситуация. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://chernobyl.mchs.gov.by/novosti/306812/> – Дата доступа: 07.10.2020.
12. Сельское хозяйство на загрязненной территории сегодня. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://chernobyl.mchs.gov.by/zashchitnye-meropriyatiya/v-selskom-khozyaystve/> – Дата доступа: 07.10.2020.
13. Государственная программа возрождения и развития села на 2005–2010 гг. – Минск: Беларусь, 2005. – 96 с.
14. Указ Президента Республики Беларусь 27 декабря 2007 г. №667. Об изъятии и предоставлении земельных участков. – Минск: Учеб. центр подготовки повышения квалификац. и передподготовк. кадров землеустроительной и картографо-геодезической службы. – Минск, 2009. – 104 с.
15. Показатели кадастровой оценки земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств: производственное издание / Г.И. Кузнецов и др. – Минск: РУП «Проектный институт «Белгипрозем», 2010. – 128 с.
16. Результаты корректировки кадастровой оценки сельскохозяйственных земель Республики Беларусь, утвержденные приказом Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь от 23 ноября 2020 г. № 245. // Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://gki.gov.by/ru/rezultati\\_kadastrovoi\\_ocenki](http://gki.gov.by/ru/rezultati_kadastrovoi_ocenki) – Дата доступа: 05.12.2020.
17. Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств. Содержание и технология работ. Технический кодекс установившейся практики: ТКП302-2011 (03150). – Минск: Госкомимущество, 2011. – 138 с.

## ОСОБЕННОСТИ УСТАНОВЛЕНИЯ ЗОН ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ В ПРЕДЕЛАХ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Т. Н. МЫСЛЫВА, А. В. КОЖЕКО, О. А. КУЦАЕВА

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: byrty41@yahoo.com, zubok.lesik@mail.ru, alexa-1982@bk.ru

(Поступила в редакцию 15.01.2021)

Точное определение зон неоднородностей агрохимических и физико-химических показателей в пределах поля является неотъемлемым условием эффективного внедрения точного земледелия. В статье представлены результаты применения методов геостатистического анализа для идентификации зон пространственной неоднородности в пределах землепользования РПУП «Устье» НАН Республики Беларусь (Витебская область, Оршанский район). Общая площадь обследуемой территории составила 7549,49 га. Характер пространственного распределения данных о содержании гумуса, подвижных фосфора и калия, кальция, магния, водорастворимого бора, кислоторастворимых меди и цинка, а также pH почвенного раствора был оценен с помощью инструментов модуля Spatial Statistics программного продукта ArcGIS. Посредством применения методов геостатистического анализа с помощью алгоритма k-средних было установлено наличие 3 кластерных групп данных, характеризующих качество пахотных земель по комплексу показателей. Доминирующим показателем при определении группы 1 выступали содержание гумуса и подвижного фосфора ( $R^2 = 1,0$ ), группы 2 – содержание гумуса ( $R^2 = 0,98$ ), группы 3 – содержание подвижного калия ( $R^2 = 0,92$ ). Полученные результаты целесообразно использовать для разработки цифровых карт-заданий по дифференцированному внесению минеральных удобрений при внедрении элементов точного земледелия.

**Ключевые слова:** геопространственный анализ, пахотные земли, агрохимические показатели, кластеризация, точное земледелие.

Accurate determination of zones of heterogeneity of agrochemical and physicochemical indicators within the field is an essential condition for the effective implementation of precision farming. The article presents results of applying the methods of geostatistical analysis to identify zones of spatial heterogeneity within the land use of the RPUE "Ustye" of the National Academy of Sciences of the Republic of Belarus (Vitebsk region, Orsha district). The total area of surveyed territory was 7,549.49 hectares. The nature of spatial distribution of data on the content of humus, mobile phosphorus and potassium, calcium, magnesium, water-soluble boron, acid-soluble copper and zinc, as well as the pH of the soil solution was estimated using the tools of Spatial Statistics module of ArcGIS software product. By applying the methods of geostatistical analysis using the k-means algorithm, the presence of 3 cluster data groups was established, characterizing the quality of arable land by a set of indicators. The dominant indicator in determining group 1 was the content of humus and mobile phosphorus ( $R^2 = 1.0$ ), group 2 – the content of humus ( $R^2 = 0.98$ ), group 3 – the content of mobile potassium ( $R^2 = 0.92$ ). It is advisable to use the obtained results for the development of digital task maps for the differentiated application of mineral fertilizers when introducing elements of precision farming.

**Key words:** geospatial analysis, arable land, agrochemical indicators, clustering, precision farming.

### Введение

Интенсификация процессов глобализации мировой экономики стала причиной возникновения ситуации, когда аграрное производство всех без исключения стран, не зависимо от уровня их экономического и социального развития, столкнулось с целым рядом серьезных проблем, связанных как с возрастающим спросом на невозобновляемые энергоресурсы и пресную воду и их недостатком, так и с усилением процессов урбанизации и сокращением площадей земель, пригодных для выращивания сельскохозяйственных культур, вследствие усиления эрозионных процессов и опустынивания, вызванных глобальным потеплением климата [1]. В частности, за последнее десятилетие сокращение площади пахотных земель в Европе, согласно прогнозным оценкам, к 2030 году достигнет 1,12 % [2–4]; для Беларуси этот показатель колеблется в пределах от 0,1 до 0,4 % [5].

В условиях постоянного удорожания энергоресурсов, сырья для производства минеральных удобрений и наличия дефицита органических удобрений актуальной становится проблема поиска путей увеличения экономической эффективности использования земельных ресурсов. Одним из действенных способов ее успешного решения является внедрение инновационных технологий в сфере землепользования, в частности технологий точного земледелия [6]. В докладе Европейского парламента о точном сельском хозяйстве и будущем агропромышленной отрасли в Европе точное земледелие определяется как «современная концепция управления сельским хозяйством, использующая цифровые методы для мониторинга и оптимизации процессов сельскохозяйственного производства» [2].

Одним из важнейших элементов системы точного земледелия является дифференцированное внесение минеральных удобрений и агрохимикатов [7]. Применение этой технологии позволяет не только выровнять пестроту распределения элементов питания в границах одного поля, но и повысить урожайность сельскохозяйственных культур за счет создания оптимального режима питания [8]. Создание актуальных карт однородных территориальных менеджмент-зон, отражающих реальное состояние качества земель и позволяющих дифференцировать внесение минеральных удобрений и химических мелиорантов, при этом максимально используя потенциальные возможности почвы, – важнейшее условие эффективного внедрения точного земледелия. Рынок подобного рода продуктов в



структуре элементов системы точного земледелия в странах ЕС за последние 5 лет увеличился более, чем на 17,5 % и составляет около 32 % [2], демонстрируя устойчивую тенденцию к увеличению.

Точное определение зон неоднородностей агрохимических и физико-химических показателей в пределах поля является неотъемлемым условием эффективного внедрения точного земледелия. Его успешное выполнение, в свою очередь возможно исключительно посредством применения возможностей ГИС-анализа для поиска пространственных закономерностей в распределении тех или иных почвенных показателей и взаимосвязей между ними и разработки методики создания актуальных карт, пригодных для использования техникой, оснащенной системами глобального позиционирования. Однако, невозможно разработать единую универсальную методику создания актуальных карт, отражающих реальное состояние качества земель и позволяющих дифференцировать внесение минеральных удобрений и химических мелиорантов и максимально использовать потенциальные возможности почвы. Такую методику следует разрабатывать в контексте конкретных почвенных, природно-климатических и экономических условий для каждого отдельного сельскохозяйственного предприятия.

В этой связи целью исследований стало: 1) определение оптимального числа градаций качества пахотных земель в пределах землепользования РПУП «Устье» НАН Республики Беларусь; 2) установление возможности выполнения классификации территории землепользования сельскохозяйственного предприятия по комплексу требуемых признаков.

### Основная часть

Исследования выполнялись в 2020 г. в пределах землепользования РПУП «Устье» НАН Республики Беларусь (Оршанский район Витебской области) на площади 7549,49 га пахотных земель (из массива были исключены органогенные почвы, площадь которых составила 321,05 га) (рис. 1).

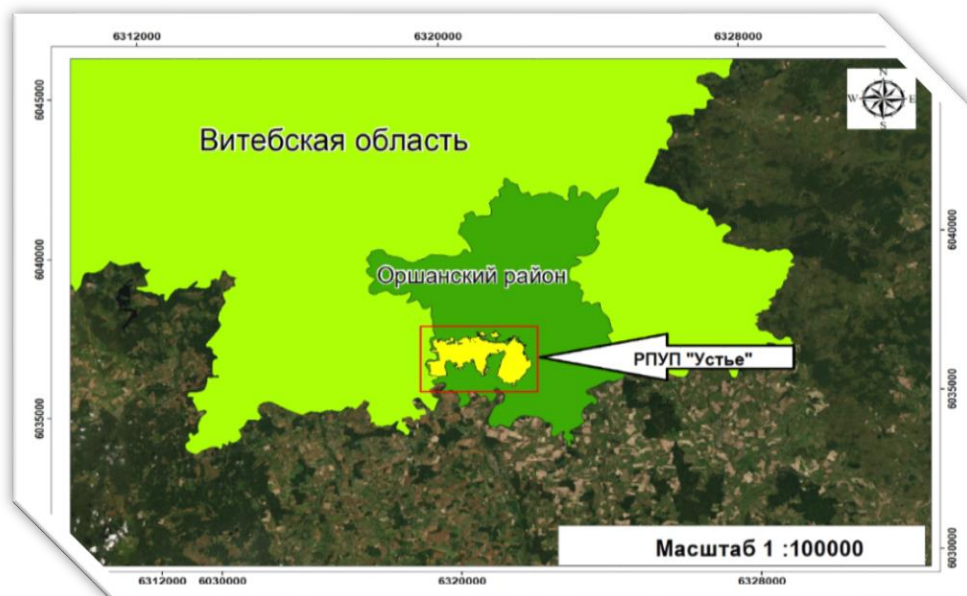


Рис. 1. Расположение объекта выполнения исследований

Шейп-файл с размещением земельных участков в пределах территории выполнения исследования и атрибутивными значениями содержания в почве гумуса, подвижных фосфора и калия, кальция, магния, водорастворимого бора, кислоторастворимых меди и цинка, а также pH почвенного раствора был создан в среде ГИС ArcGIS версии 10.5 по результатам оцифровки планово-картографических материалов, полученных при выполнении агрохимического обследования территории сельскохозяйственного предприятия в 2019 году КУПП «Витебская областная проектно-изыскательская станция химизации сельского хозяйства».

Геопространственный анализ данных об агрохимических и физико-химических свойствах почв пахотных земель выполнялся с помощью функциональных возможностей набора инструментов «Расчет кластеризации» модуля «Пространственная статистика» программного продукта ArcGIS версии 10.5. С помощью инструментов геопространственной статистики выполнялся анализ структурных закономерностей в распределении данных и анализ их кластеризации.

Использование методов геостатистического анализа позволяет идентифицировать однородные территориальные зоны в пределах территории землепользования по одному или нескольким параметрам. Метод k-средних – наиболее популярный метод кластеризации, который был изобретён в 1950-х годах XX ст. математиком Гуго Штейнгаузом [9]. Действие алгоритма кластеризации заключается в

том, что он стремится минимизировать суммарное квадратичное отклонение точек кластеров от центров этих кластеров (1):

$$V = \sum_{i=1}^k \sum_{x \in S_i} (x - \mu_i)^2, \quad (1)$$

где  $k$  – число кластеров;  $S_i$  – полученные кластеры;  $i = 1, 2, \dots, k$ ;  $\mu_i$  – центры масс всех векторов  $x$  из кластера  $S_i$ .

С помощью алгоритма  $k$ -средних пространственные данные распределяются на заданное число групп, в пределах которых все показатели, включенные в отдельную группу, наиболее схожи между собой, в то время как сами группы максимально отличаются друг от друга [10].

Поиск оптимального числа групп выполнялся в пределах выборки данных, сведения об основных статистических характеристиках которой представлены в табл. 1.

Таблица 1. Статистические характеристики выборки данных об агрохимических и физико-химических свойствах почв пахотных земель РПУП «Устье» НАН Республики Беларусь,  $n=1292$

Название элемента	Статистическая характеристика показателя									
	значение показателя				Sd	Cv, %	Асимметрия	Экссесс	1-й квартиль	3-й квартиль
	min	max	mid	med						
pH <sub>KCl</sub>	4,53	7,41	6,09	6,15	0,48	7,9	-0,50	3,21	5,80	6,42
Гумус, %	1,17	3,20	2,18	2,07	0,57	26,1	0,48	2,09	1,73	2,64
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	40	450	212	188	102	48,1	0,85	2,98	137	268
K <sub>2</sub> O, мг/кг	42	450	242	244	99	40,9	0,12	2,38	168	310
Ca, мг/кг	137	2810	1444	1397	270	18,7	0,45	3,83	1246	1604
Mg, мг/кг	135	546	384	393	59	15,4	-0,67	2,96	340	438
B, мг/кг	0,29	1,10	0,77	0,75	0,20	26,0	0,07	1,92	0,61	0,95
Cu, мг/кг	0,70	5,10	2,29	2,10	0,83	36,2	1,64	5,75	1,80	2,50
Zn, мг/кг	1,0	10,3	3,02	2,5	1,69	56,0	1,90	7,27	1,90	3,60

Примечание: Sd – среднее квадратическое отклонение; Cv – коэффициент вариации; mid – среднее значение; med – медиана.

Исследовались девять показателей, из которых два показателя имели близкое к нормальному распределению (pH<sub>KCl</sub> и содержание кальция), два показателя – лептокуртическое распределение (содержание кислоторастворимых меди и цинка), остальные – платикуртическое распределение. pH почвенного раствора и содержание магния имели отрицательную асимметрию, а их средние значения были меньше медианных. Максимальные коэффициенты вариации установлены для содержания в почве кислоторастворимого цинка, а также подвижных фосфора и калия. Статистические характеристики каждого из показателей оказали определенное влияние на количество идентифицированных зон неоднородности, установленных в пределах землепользования. Непосредственное влияние на качественный состав выделенных в ходе выполнения геопространственного анализа групп оказало также наличие пространственного тренда – систематического изменения наблюдаемой величины либо явления с изменением его местоположения (координаты) (рис. 2).

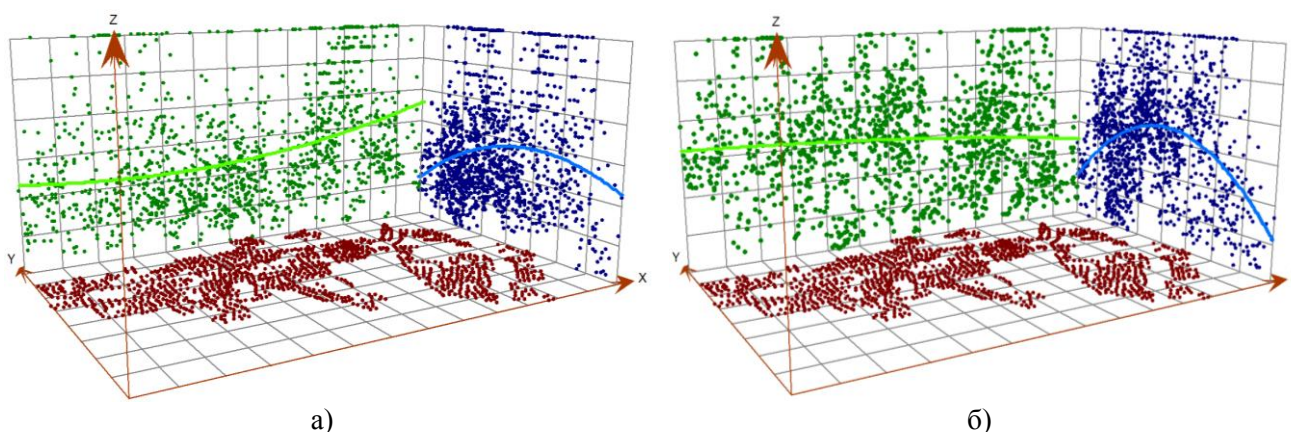


Рис. 2. Тренд данных о содержании подвижных фосфора (а) и калия (б) в почвах пахотных земель РПУП «Устье» НАН Республики Беларусь

Наблюдается умеренный возрастающий тренд в содержании в почве подвижного фосфора и слабый убывающий тренд – в содержании подвижного калия в направлении с востока на запад, а также уменьшение содержания данных макроэлементов в северном и южном направлениях от центра землепользования, более четко проявляющееся в отношении содержания калия.

Анализ группирования является действенным инструментом изучения геопространственных данных, выполняющим процедуру классификации, цель которой – поиск естественных кластеров высоких и/или низких значений в массиве данных. С его помощью данные о почвенных параметрах распределяются на заданное число групп, в которых все показатели наиболее схожи между собой, в то время как сами группы максимально отличаются друг от друга [11]. Посредством выполнения анализа группирования возможно установить наличие в пределах землепользования однородных зон с определенным набором параметров, под которыми подразумеваются агрохимические и физико-химические свойства почвы, а под однородностью – наличие параметров с высокими либо низкими показателями. Поскольку использование пространственных ограничений для параметров было нецелесообразным, при поиске групп, под которыми понимались зоны пространственной неоднородности, применялся алгоритм k-средних. Данный алгоритм сначала определяет начальные объекты, которые используются для формирования каждой группы. Первый начальный объект выбирается произвольно, а при выборе остальных начальных значений применяется взвешивание, которое отдает предпочтение объектам, наиболее отдаленным от существующего набора начальных объектов (эта часть алгоритма называется k-средних ++). После определения начальных значений все объекты в пространстве данных назначаются ближайшему начальному объекту. При этом для каждого кластера объектов вычисляется центр данных, а каждый объект назначается ближайшему центру. Процесс вычисления центра данных для каждой группы и назначения объектов ближайшему центру продолжается до стабилизации групп (возможно применение до 100 итераций) [10]. Была рассмотрена возможность идентификации от 3-х до 5-ти зон неоднородности (табл. 2).

Таблица 2. Значение  $R^2$  для идентифицированных групп агрохимических и физико-химических свойств почв пахотных земель РПУП «Устье» НАН Республики Беларусь

Идентифицированная группа показателей	Наименование показателя								
	pH <sub>ксл</sub>	гумус, %	кальций	магний	подвижные		водорастворимый бор	кислоторастворимые	
					фосфор	калий		медь	цинк
мг/кг									
Группирование на 5 групп									
1	0,6528	0,9360	0,4617	0,4526	1,0000	1,0000	0,8889	0,7500	0,4624
2	0,7049	1,0000	0,5952	0,7689	0,9122	0,9510	0,8889	1,0000	0,7849
3	0,6806	0,9803	0,3135	0,5012	0,7683	0,8799	0,7901	0,8182	0,9677
4	0,8750	0,7635	0,2435	0,7226	0,9171	0,8824	0,7778	0,6818	0,5054
5	0,8819	0,7734	0,5290	0,6253	0,9780	0,9975	0,7037	0,4773	0,7312
Общее значение	0,3219	0,4947	0,6213	0,4771	0,4651	0,3496	0,3577	0,5793	0,4480
Группирование на 4 группы									
1	0,7951	0,9310	0,2941	0,4599	0,9268	0,9534	1,0000	0,4773	0,4731
2	0,6806	0,9803	0,3135	0,5012	0,8341	0,8799	0,7901	0,8182	0,9677
3	0,8576	1,0000	0,6120	0,7689	0,9122	0,9510	0,8889	1,0000	0,7849
4	0,9306	0,7734	0,5290	0,9538	0,9902	0,9975	0,7037	0,8182	0,9785
Общее значение	0,2624	0,4654	0,5852	0,4989	0,4031	0,3571	0,3215	0,4105	0,3099
Группирование на 3 группы									
1	0,9271	1,0000	0,5993	0,7689	1,0000	0,9534	1,0000	1,0000	0,4731
2	0,9375	0,9803	0,3094	0,5547	0,8293	0,8799	0,7901	0,8409	0,9677
3	0,9514	0,7734	0,5290	0,9538	0,9902	0,9975	0,7037	0,9318	0,9785
Общее значение	0,0494	0,4568	0,5728	0,2270	0,3694	0,3155	0,3328	0,3810	0,3078

Следует отметить, что не существует единого стандартного способа установления оптимального количества зон неоднородности. В каждом конкретном случае оно должно быть установлено, исходя из имеющихся в распоряжении геопространственных данных, их статистических характеристик, а также с учетом особенностей рельефа территории землепользования. В данном исследовании оптимальное количество групп и наличие кластеризации в данных были определены эмпирическим путем посредством оценки отчетов о результатах группирования. В результате выполнения группирования для каждого показателя в группе рассчитывалась величина  $R^2$ , показывающая, в какой степени вариация в исходных данных для каждого из изучаемых показателей была сохранена в процессе группировки (2):

$$R^2 = (TSS - ESS) / TSS, \quad (2)$$

где  $TSS$  – общая сумма квадратов (вычисляется посредством возведения в квадрат и суммирования отклонений от глобального среднего значения каждой переменной);  $ESS$  – объясненная сумма квадратов (вычисляется посредством возведения в квадрат и суммирования отклонений значений каждой переменной от среднего значения для группы).

При разбиении выборки данных на пять групп было установлено, что доминирующим показателем при определении группы 1 выступает содержание подвижных фосфора и калия ( $R^2 = 1,0$ ), групп 2 и 3 – содержание гумуса ( $R^2 = 1,0$  и  $0,98$  соответственно), группы 4 – содержание подвижного фосфора ( $R^2 = 0,92$ ), группы 5 – содержание подвижного калия ( $R^2 = 0,99$ ). Такая же тенденция сохраняется и при выделении четырех групп за исключением группы 4, где доминирующим показателем выступает подвижный фосфор. В целом же, независимо от количества выделенных групп, величина содержания кальция наиболее сильно отличает объекты (кластеры) в пределах исследуемой территории (см. табл. 2).

Наиболее оптимальным решением оказалось выделение в пределах землепользования трех групп неоднородности агрохимических и физико-химических показателей почвы. При этом доминирующим показателем при определении группы 1 выступали содержание гумуса и подвижного фосфора ( $R^2 = 1,0$ ), группы 2 – содержание гумуса ( $R^2 = 0,98$ ), группы 3 – содержание подвижного калия ( $R^2 = 0,92$ ). Эффективность группировки была оценена с помощью псевдо-F-статистики Калински-Харабаза [11], которая отражает сходство объектов в группе и различие между группами и свидетельствует о правильности выбора оптимального количества групп неоднородности (рис. 3).

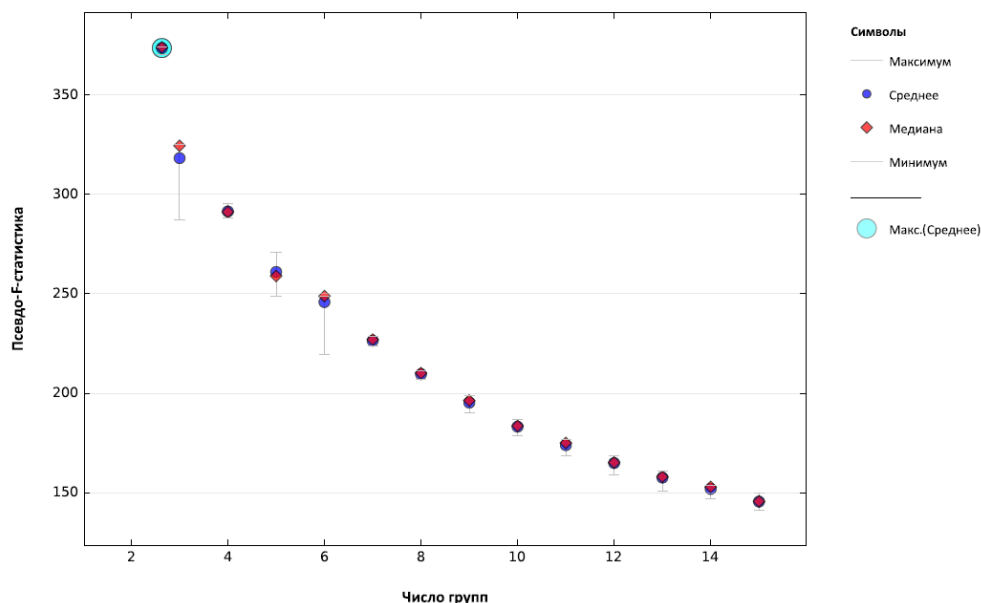


Рис. 3. График распределения значений псевдо-F-статистики Калински-Харабаза

На рис. 4 показана пространственная локализация выделенных групп – зон пространственной неоднородности, а также результат анализа кластеров, в ходе которого были идентифицированы статистически значимые зоны концентрации высоких и низких значений данных об агрохимических и физико-химических свойствах почвы. Наилучшее соотношение «однородность кластера – однородность группы» установлено в случае выполнения группирования на три группы. Именно при такой группировке фиксируется максимальное совпадение локализации земель, относящихся к группе 1, с локализацией кластеров низких значений, а группы 3 – с локализацией кластеров высоких значений. Для сравнения, при выполнении идентификации пяти групп в области кластеризации высоких значений локализованы группы 3, 4 и 5, а в области низких значений – группы 1 и 2. Это свидетельствует о нецелесообразности выделения такого количества групп. Аналогичная тенденция прослеживается и при выполнении деления на четыре группы. Площадь земель, относящихся к группе 1, составила 3881,04 га, к группе 2 – 2214,63 га, к группе 3 – 1453,83 га, что в процентном соотношении составило 51,4, 29,3 и 19,3 % к общей площади землепользования.



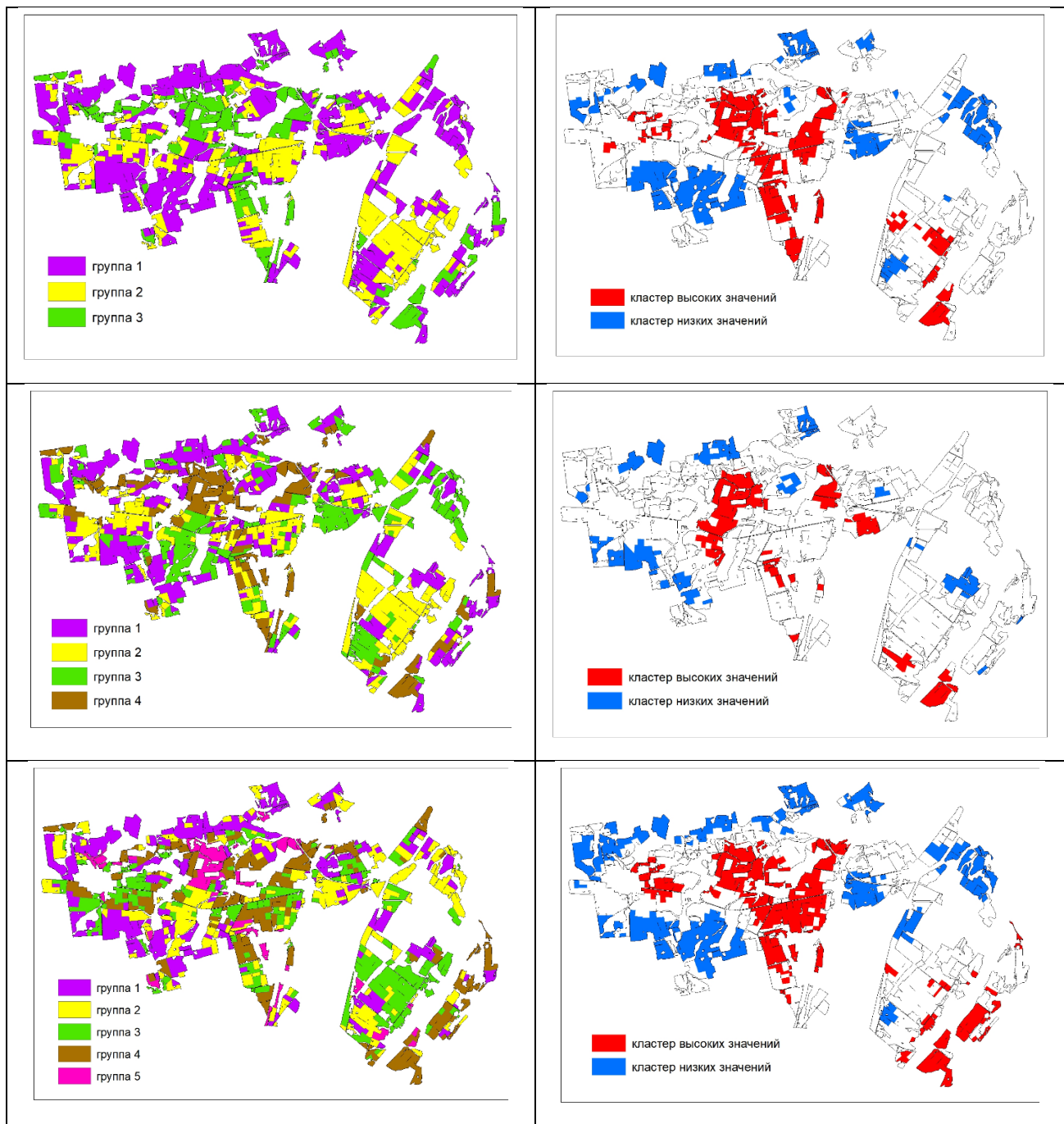


Рис. 4. Пространственная локализация выделенных групп – зон пространственной неоднородности и результат анализа кластеров в пределах пахотных земель РПУП «Устье» НАН Республики Беларусь

О целесообразности выделения именно трех зон неоднородности свидетельствует и распределение градаций агрохимических и физико-химических свойств почв пахотных земель в пределах выделенных групп (табл. 3). Именно такое деление обеспечивает равномерный переход от высоких до низких значений каждого показателя в составе группы и позволяет идентифицировать в пределах землепользования массивы пахотных земель с хорошими, удовлетворительными и низкими показателями. Исключение составили только содержание подвижного фосфора, которое сначала снижается, а потом возрастает в пределах выделенных групп, и содержание подвижного калия, которое изменяется в противоположном всем остальным показателям направлении – от большего к меньшему, а не наоборот. Объяснением такого характера распределения подвижных фосфора и калия в разрезе групп может служить наличие пространственного тренда в данных о содержании этих макроэлементов в почве, что наглядно иллюстрирует рис. 2. Кроме того, для идентификации групп были использованы данные, полученные в ходе выполнения агрохимического обследования землепользования. Их проверка в процессе выполнения анализа кластеров показала, что присутствует довольно значительное

количество выбросов высоких и низких значений в пределах выборки данных о содержании в почве подвижных фосфора и калия.

Таблица 3. Градация агрохимических и физико-химических свойств почв пахотных земель РПУП «Устье» НАН Республики Беларусь в пределах идентифицированных групп

Идентифицированная группа показателей	Наименование показателя								
	рН <sub>KCl</sub>	гумус, %	кальций	магний	подвижные		водорастворимый бор	кислоторастворимые	
					фосфор	калий		медь	цинк
	мг/кг								
Группирование на 5 групп									
1	БН	НД	П	В	П	П	С	С	Н
2	СК	НД	П	В	П	П	В	С	Н
3	БН	С	П	В	В	В	В	С	С
4	БН	П	В	В	П	С	В	С	Н
5	БН	П	В	В	П	Н	В	В	В
Группирование на 4 группы									
1	БН	С	П	В	П	П	С	С	Н
2	БН	С	П	В	В	В	В	С	С
3	СК	Н	П	В	П	П	В	С	Н
4	БН	П	В	В	П	С	В	В	С
Группирование на 3 группы									
1	СК	НД	П	В	П	П	С	С	Н
2	БН	С	П	В	В	В	В	С	С
3	БН	П	В	В	П	С	В	В	С

Примечание: БН – близкое к нейтральному; СК – слабокислое; Н – низкое; НД – недостаточное; С – среднее; П – повышенное; В – высокое.

Пространственные выбросы в данном случае могут быть обусловлены как несовершенством методики отбора проб почвы, так и несовершенством применяемых методов картографирования результатов агрохимических исследований. С другой стороны, наличие выбросов может быть вызвано и объективными причинами, например, применением различных доз минеральных удобрений в пределах отдельных рабочих участков. Этим, в частности, может быть объяснена пестрота пространственного распределения подвижных фосфора и калия в пределах исследуемой территории землепользования. По нашему мнению, при обнаружении участков-выбросов необходимо провести дополнительное их обследование с целью уточнения причины их появления. В случае, если участки-выбросы окажутся неподтвержденными, их следует предварительно удалить из выборки данных перед выполнением кластеризации.

Следует отметить, что точное определение зон неоднородностей агрохимических и физико-химических показателей в пределах поля либо земельного массива возможно исключительно посредством применения ГИС-анализа для поиска пространственных закономерностей в распределении тех или иных почвенных показателей и взаимосвязей между ними.

### Заключение

Результаты выполненных исследований дают основания для следующих выводов: 1) использование методов геостатистического анализа данных о качественном состоянии земель позволяет идентифицировать неоднородности в пределах как отдельного поля, так и всего землепользования по одному или нескольким параметрам; 2) анализ группирования данных с помощью алгоритма k-средних позволяет установить наличие в пределах землепользования однородных зон с определенным набором параметров, однако является непригодным для установления четких границ зон пространственной неоднородности; 3) посредством выполнения геостатистического анализа с использованием алгоритма k-средних установлено, что оптимальной является идентификация 3-х групп данных, характеризующих качество пахотных земель по комплексу показателей; 4) группирование данных с помощью кластерного анализа позволяет выявить и математически оценить пространственное распределение агрохимических и физико-химических показателей почвы; изучить пространственную автокорреляцию и оценить кластеризацию данных о свойствах почвы, а также определить местоположения кластеров в пространстве; 5) методы геопропространственной статистики позволяют установить наиболее четкие границы между плодородными и мало плодородными землями, что может быть использовано при дальнейшем определении границ менеджмент-зон для целей точного земледелия, в пределах которых будут дифференцированно применяться удобрения либо осуществляться те или иные землеустроительные мероприятия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Myslyva, T. Problems, prospects and experience in the implementation of precision farming in the Republic of Belarus in the context of national land use / T. Myslyva / Proceedings of the XI International Scientific Agricultural Symposium «Agrosym 2020». – East Sarajevo: Faculty of Agriculture, 2020. – P. 972–978.
2. Daheim, C. Precision agriculture and the future of farming in Europe / C. Daheim, K. Poppe, R. Schrijver – Directorate-General for Parliamentary Research Services, 2016. – 274 p.
3. Zarco-Tejada, P. J. Precision agriculture: an opportunity for EU farmers – potential support with the cap 2014-2020 / P. J. Zarco-Tejada, N. Hubbard, Ph. Loudjani. – Joint Research Centre of the European Commission, Brussels, 2014. – 57 p.
4. EU agricultural outlook for markets and income, 2018-2030 / European Commission. – DG Agriculture and Rural Development, Brussels, 2018. – 128 p.
5. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь, Минск. – 2019. – 212 с.
6. Куцаева, О. А. Создание менеджмент-зон для дифференцированного внесения минеральных удобрений с использованием инструментов геостатистики / О. А. Куцаева // Вестник БГСХА. – 2020. – №2. – С. 176–181.
7. Куцаева, О. А. Экономическая эффективность off-line дифференцированного внесения минеральных удобрений с использованием менеджмент-зон / О. А. Куцаева // Аграрная экономика. – №8. – С. 55–66.
8. Котельникова, Е. А. Устойчивое развитие зернопродуктового подкомплекса в условиях рискованного земледелия / Е. А. Котельникова, К. А. Петров // Аграрный научный журнал. – 2011. – № 1. – С. 80–84.
9. Steinhaus, H. Sur la division des corps materiels en parties / H. Steinhaus // Bulletin International de l'Academie Polonaise des Sciences. – 1956. – Cl. III. – Vol IV. – P. 801–804.
10. Mitchell, A. The ESRI Guide to GIS Analysis / A. Mitchell. – Esri Press, 2005. – Vol. 2. – 252 p.
11. Митчелл Э. Руководство по ГИС-анализу. Часть 1. Пространственные модели и взаимосвязи / Э. Митчелл. – ESRI: 2000. – 170 с.
12. Calinski, R. A dendrite method for cluster analysis / R. Calinski, J. Harabasz // Commun. Statistics. – 1974. – №3. – P. 1–27.

## ВОЗДЕЛЫВАНИЕ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

С. В. НАБЗДОРОВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 18.01.2021)

Целью исследования в статье являлось изучение и анализ фактических производственных данных по выращиванию сахарной свеклы в Могилевской области, Республики Беларусь. Данные статьи базируются на анализе фактических производственных данных, содержащихся в сборнике Национального статистического комитета Республики Беларусь (сельское хозяйство Республики Беларусь) за 2019 г. В статье представлена динамика урожайности, валового сбора сахарной свеклы за период с 1995 года по 2019 год. Также дан анализ посевных площадей в хозяйствах всех категорий под сахарную свеклу. Обращается внимание на то, что в результате возделывания сахарной свеклы важно не только правильно и вовремя выполнять все технологические процессы, но и учитывать почвенные характеристики площадей посева сахарной свеклы в Республике Беларусь. Проанализировано как влияют на урожайность метеороусловия. Полученные данные показали, что при выпадении нужного количества осадков за теплый период значительно увеличивается урожайность сахарной свеклы, которая может составлять от 360 ц/га до 430 ц/га. Однако осадки выпадают не в нужную фазу для растения и при этом будут большие потери урожая, как показал анализ 2010 и 2015 года. В 2015 году в основной период роста сахарной свеклы (август) была засуха, сумма осадков составляла 6,4 мм. Длительная жаркая и сухая погода вызвала устойчивое увядание и преждевременное пожелтение листьев. И урожай во многих хозяйствах был потерян не только в Могилевской области (184 ц/га), но и в целом по Республике Беларуси (330 ц/га). Необходимо устранять все недочеты по возделыванию данной культуры, пересмотреть и оптимизировать площади посева и по возможности выполнять орошение данной культуры, так как в Беларуси наблюдается неустойчивая влагообеспеченность и при этом сахарная свекла теряет урожайность из-за недостатка влаги в период развития.

**Ключевые слова:** возделывание сахарной свеклы, урожайность сахарной свеклы, дерново-подзолистые суглинистые почвы, осадки.

The aim of research in the article was to study and analyze actual production data on the cultivation of sugar beets in the Mogilev region of the Republic of Belarus. Article data are based on the analysis of actual production data contained in the collection of the National Statistical Committee of the Republic of Belarus (agriculture of the Republic of Belarus) for 2019. The article presents the dynamics of yield, gross harvest of sugar beets for the period from 1995 to 2019. An analysis of the areas sown with sugar beet in farms of all categories is also given. Attention is drawn to the fact that during the cultivation of sugar beet, it is important not only to carry out all technological processes correctly and on time, but also to take into account the soil characteristics of sugar beet sowing areas in the Republic of Belarus. We have analyzed the influence of meteorological conditions on productivity. The data obtained showed that when the required amount of precipitation falls during the warm period, the yield of sugar beet significantly increases, which can range from 36 t / ha to 43 t / ha. However, precipitation does not fall in the right phase for the plant and there will be large crop losses, as shown by the analysis of 2010 and 2015. In 2015, during the main period of sugar beet growth (August), there was a drought, the amount of precipitation was 6.4 mm. Prolonged hot and dry weather caused persistent wilting and premature yellowing of the leaves. And the harvest in many farms was lost not only in Mogilev region (18.4 t / ha), but also in the Republic of Belarus as a whole (33 t / ha). It is necessary to eliminate all the shortcomings in the cultivation of this crop, to revise and optimize the sown area and if possible to irrigate this crop, since in Belarus there is an unstable moisture supply and at the same time sugar beet loses its yield due to a lack of moisture during the period of development.

**Key words:** cultivation of sugar beet, yield of sugar beet, sod-podzolic loamy soils, precipitation.

### Введение

В решении проблемы обеспечения страны продовольствием важная роль отводится сахарному подкомплексу, который представляет собой совокупность отраслей, занятых производством сахарной свеклы, хранением и переработкой ее и тростникового сахара-сырца, закупленного на мировом рынке, реализацией конечного продукта, а также осуществляющих производственно-техническое обслуживание.

Сахарная свекла является основным источником для производства сахара. Также получаемый побочный продукт при ее выращивании и переработки (меласса) используется в пищевой и кондитерской промышленности. Жом скармливается в свежем и гранулированном виде крупному рогатому скоту. Целесообразность выращивания свеклы определяется положительным влиянием свекловичного севооборота на возделывание многих сельскохозяйственных культур. И хотя высокая стоимость свекловичного сахара не является преимуществом по сравнению с продукцией, произведенной из импортного сырья, тем не менее, республика должна увеличивать выработку сахара-песка из отечественной сахарной свеклы в целях достижения продовольственной безопасности.

В сферу основного производства сахарного подкомплекса входят свеклосеяние и сахарная промышленность. Основные производственно-технические ресурсы для подкомплекса – специализиро-



ванная сельскохозяйственная техника, удобрения и средства химической защиты растений, оборудование для сахарной промышленности.

Размещение свекловодства формируется под воздействием комплекса факторов, из которых главными являются следующие: наличие в зоне свеклосеяния мощностей по переработке урожая; свеклопригодность почв; природно-климатические условия; обеспеченность трудовыми и материально-техническими ресурсами; загрязненность почв радионуклидами; эффективность возделывания сахарной свеклы по сравнению с другими культурами.

Биоклиматический потенциал, или биологическая продуктивность климата Беларуси (интегральный показатель продуктивности природных условий) оценивается в 100–121 балл. В Великобритании, к примеру, он составляет около 121, Польше – 125–135, Германии – 125–140, США – 150–220 баллов. Таким образом, аграрная сфера республики, и свекловодство в частности, всегда будут в худших условиях, чем в большинстве стран мира [1].

Целесообразность выращивания свеклы определяется положительным влиянием свекловичного севооборота на возделывание последующих сельскохозяйственных культур. При урожайности 50 тонн с гектара можно получить 7,5 тонн сахара.

Наиболее пригодными для сахарной свеклы являются хорошо аэрированные почвы без камней, богатые гумусом, имеющие близкую к нейтральной реакцию почвенной среды, высокую биологическую активность, стабильную структуру, рыхлое сложение, хороший водный режим и оптимальное содержание макро- и микроэлементов.

Этим требованиям отвечают дерново-подзолистые суглинистые почвы, развивающиеся на легких и средних суглинках, а также супесчаные подстилаемые с небольшой глубины (0,5 м) моренным суглинком. В исключительных случаях возможно выращивание свеклы на супесчаных, подстилаемых связной супесью, почвах. Однако, на таких почвах в годы сильных засух возможен недобор урожая до 25–30 % [2].

Сахарная свекла относится к влаголюбивым растениям. Для образования корнеплода массой 500 г за время его роста требуется 40–50 л воды. Для формирования урожайности порядка 50 т/га потребляется около 4 тыс. куб. метров воды на один гектар, и возможно это при наличии запаса воды в почве в количестве 60–70 % от полной ее влагоемкости, что соответствует примерно 400–500 мм осадков, регулярно выпадающих в течение года.

Потребность в воде у растения свеклы не одинакова по периодам роста. Особенно много воды и, главным образом, на испарение (для защиты от перегрева) требуется в период интенсивного роста (июль–август). Недостаток влаги в эти месяцы может вызвать сильное увядание листьев и снижение интенсивности фотосинтеза, а избыток влаги в сентябре способствует повышению оводненности тканей и усилению роста новых листьев, что ведет к снижению сахаристости [3].

Вместе с тем остается высокой затратность производства, вследствие чего увеличение валовых показателей не сопровождается укреплением аграрной экономики, задолженность сельскохозяйственных организаций ежегодно возрастает.

Нынешнее положение сельского хозяйства свидетельствует о том, что существует ряд проблем, которые не позволяют сельскохозяйственным организациям работать эффективно. Как показывают результаты опроса, проведенного Научно-исследовательским экономическим институтом Минэкономики, люди, занятые бизнесом на селе, далеко не всегда считают его прибыльным.

Данная статья базируется на анализе фактических производственных данных, содержащихся в сборнике Национального статистического комитета Республики Беларусь (сельское хозяйство Республики Беларусь) за 2019 г.

### **Основная часть**

Основы производства сахара на территории Беларуси формировались в советский период. В то время считалось, что для возделывания сахарной свеклы наиболее пригодны суглинистые почвы, в целом по республике на них размещается около 37 % пашни. Больше всего их в Витебской, Могилевской и Минской областях, очень мало в Брестской (8,7 %) [2]. Основная же площадь пахотных земель республики, включая основные зоны свеклосеяния Брестской и Гродненской областей, расположена на песчаных и супесчаных почвах.

При анализе посевных площадей в хозяйствах всех категорий под сахарную свеклу наблюдается небольшой рост с 49 тыс. га в 1970 года до 55,3 тыс. га в 1995 году. В 1995 году в Республике Беларусь урожайность сахарной свеклы составила 218 ц/га и валовой сбор составлял 1172 тыс. тонн. Это начало развития выращивания сахарной свеклы в образовавшейся Республике Беларусь. В то время

это было не основное направление в сельском хозяйстве. В Могилевской области под возделывание сахарной свеклы было отведено 0,4 тыс. га к 2000 году этот показатель увеличился незначительно до 0,6 тыс. га. Но уже начиная с 2000-х одной из основных задач в стране стало развитие производства сахара из сахарной свеклы.

Развитие производства сахарной свёклы в республике на перспективу было определено Постановлением Совета Министров РБ № 169 от 13 февраля 2003 года. В соответствии с ним планировалась довести урожайность сахарной свёклы до 400–500 ц/га. При этом валовое производство корнеплодов в ближайшие годы должно достигнуть 3500 тыс. тонн. И в 2005 году в Республике Беларусь площадь под сахарной свеклой составила 100,3 тыс. га, а в Могилевской области 3,7 тыс. га. Так, 15.07.2005 года Постановлением Совета Министров РБ №792 в программе развития сахарной промышленности на 2005–2010 годы, был разработан план организационно-технологических мероприятий по увеличению производства сахарной свеклы.

Проанализируем динамику возделывания сахарной свеклы в Могилевской области. На рис. 1 представлена динамика посевных площадей в Могилевской области с 1995–2019 гг.

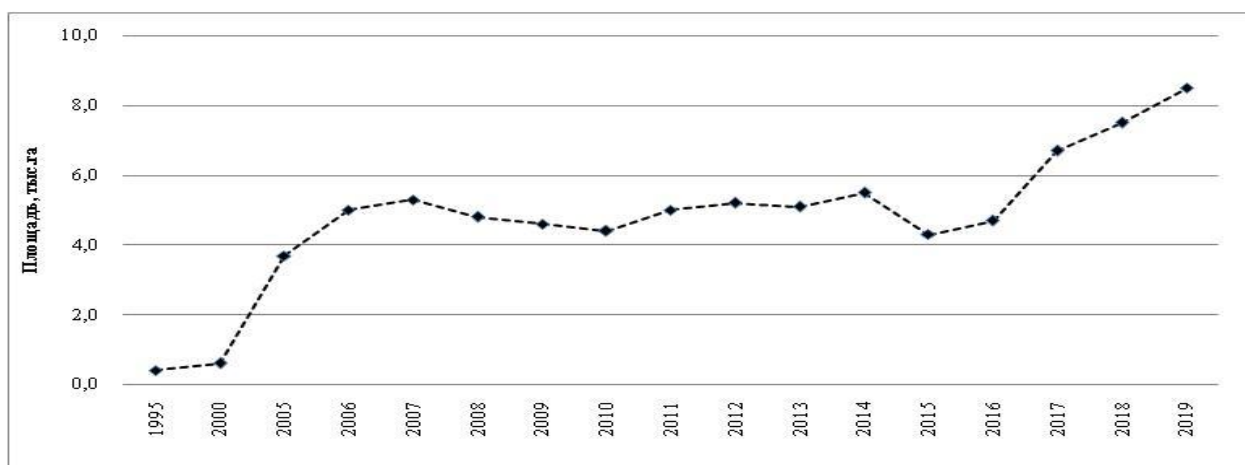


Рис. 1. Динамика посевных площадей в Могилевской области с 1995–2019 гг. тыс. га

При анализе видим, что наблюдается значительный рост площади под возделывание сахарной свеклы. Максимальная площадь под сахарной свеклой была зафиксирована в 2019 году и составила 8,5 тыс. га. Как видим этот показатель за последние пять лет увеличился почти в двое. Конечно, это не сравнимые площади с такими областями, как Гродненская и Минская, где площади в 2019 году составили 32,4 тыс. га и 35,5 тыс. га соответственно. Эти области являются лидерами по посеву сахарной свеклы.

Особенностью республики Беларусь является то, что она расположена в зоне неравномерного распределения осадков – участились периоды продолжительной засухи, поэтому природно-климатические условия для возделывания сахарной свеклы не всегда являются оптимальными. Средняя годовая сумма осадков в центральной и северо-восточной части республики колеблется от 600 до 650 мм, на юге и юго-западе – от 500 до 600 мм. Среднегодовая температура воздуха изменяется от 4,6 °С в Витебской области до 7,3 в Брестской. Длительность периода активной вегетации составляет 190–205 дней [1].

Анализ показал, что в 1995 году урожайность сахарной свеклы составила 170 ц/га, что не являлось хорошим показателем для республики в этот год, и хозяйства начали потихоньку изучать более подробно технологию возделывания сахарной свеклы. К 2006 году этот показатель достиг 328 ц/га в Могилевской области, что на 19 % меньше, чем у лидера по возделыванию сахарной свеклы Гродненской области. Проанализируем одну из причин, которая влияет на урожайность – метеоусловия.

Полученные данные показывают, что при выпадении нужного количества осадков за теплый период значительно увеличивается урожайность сахарной свеклы и может составлять от 360 ц/га до 430 ц/га. Однако осадки выпадают не в нужную фазу развития растения, и при этом будут большие потери урожая, как показывает нам 2010 и 2015 год. В 2015 году в основной период роста сахарной свеклы (август) была засуха, сумма осадков составляла 6,4 мм. Длительная жаркая и сухая погода вызвала устойчивое увядание и преждевременное пожелтение листьев. И урожай во многих хозяйствах был потерян не только в Могилевской области (184 ц/га), но и в целом по Республике Беларусь (330 ц/га) см. рис. 2.

Исследования по сахарной свекле показывают, что если в августе дни жаркие и при большом дефиците осадков, то на почвах, подстилаемых песками, это приводит к невосстанавливаемой потере тургора листьями, а затем и их высыханию. В мониторинге опыта на легкосуглинистой, подстилаемой моренным суглинком почве, на конец августа средняя масса корнеплода составила 520 г с содержанием сахара 15,4 % (средняя 492 и 15,4 %) [2, 4]. Основные природные факторы свет и тепло проявляются в полной мере лишь при наличии необходимого количества влаги в период вегетации. Все жизненные процессы и растения могут протекать только при достаточном насыщении тканей водой [3].

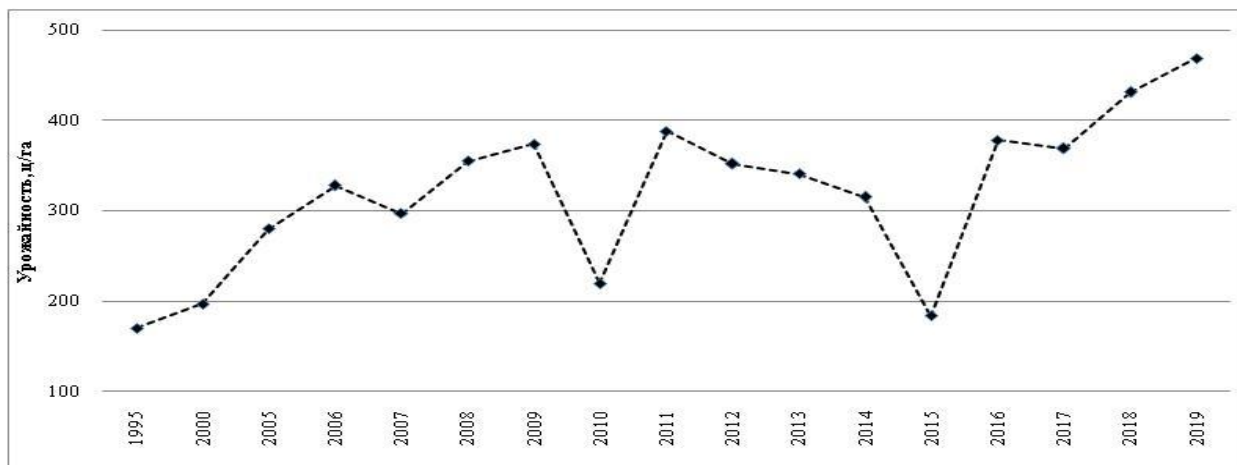


Рис. 2. Динамика урожайности сахарной свеклы в Могилевской области с 1995–2019 гг. ц/га

Максимальная урожайность в исследуемый период была зафиксирована в Могилевской области в 2019 году и составила 469 ц/га. Этот год был благоприятен для возделывания сахарной свеклы. В республике Беларусь средняя урожайность составила 519 ц/га – это максимальный показатель за исследуемый период.

По данным в 2019 году производство сахарной свеклы в Республике Беларусь выросло на 3755 тыс. тонн по сравнению с 1995 годом. В 2017 году валовой сбор увеличился на 1154,3 тыс. тонн (30,5 %) по отношению к 2010 году. В 2017 году было собрано максимальное количество сахарной свеклы за исследуемый период и составило 4989 тыс. тонн. Динамика валового сбора сахарной свеклы в Республике Беларусь за 1995–2019 гг. отображена на рис. 3 [5].

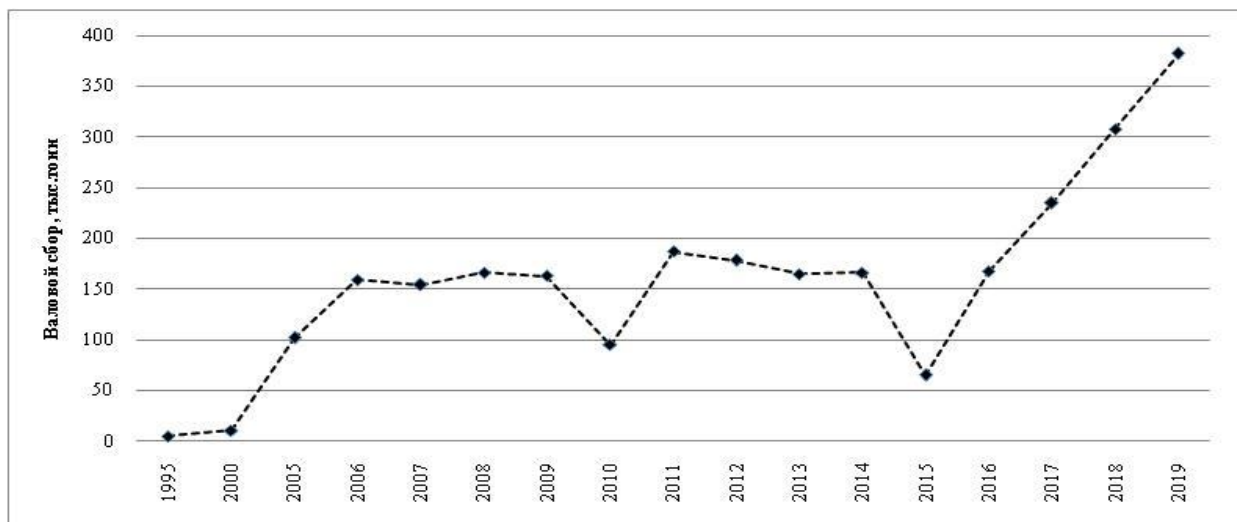


Рис. 3. Валовой сбор сахарной свеклы в Могилевской области с 1995–2019 гг. тыс. тонн.

Анализ показал, что валовой сбор в 2017 и в 2019 году превысил запланированный в Государственной программе развития аграрного бизнеса в республике Беларусь на 2016–2020 годы, 4902 тыс. т [6].

## **Заключение**

Хозяйства хотят наращивать площади по возделыванию сахарной свеклы. Теперь все технологические процессы по возделыванию сахарной свеклы обеспечены высокопроизводительными техническими средствами. Это означает, что теперь полностью исключен ручной труд по выращиванию сахарной свеклы и это способствует получению хороших урожаев.

Но перед ними стоит вопрос о том, что возделывание сахарной свеклы практически связано с погодными условиями. Основные проблемы связаны со сроками внесения удобрений и отсчетом начала уборочной кампании, неравномерного распределения осадков в период роста сахарной свеклы. Возможно, необходимо решать вопрос об орошении сахарной свеклы и разрабатывать комплекс мероприятий по задержанию влаги в почве для того, чтобы урожай не был потерян из-за недостатка влаги.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Рынки продуктов и с/х сырья / Под ред. З. М. Ильиной. – Минск: Институт аграрной экономики НАН Беларуси, 2004. – 320 с.
2. Вострухин, Н. П. Сахарная свекла / Н. П. Вострухин. – Минск: МФЦП, 2011. – 364 с.
3. Вострухин Н. П. Сахарная свекла на Несвижчине / Н. П. Вострухин. – Минск: МФЦП, 2007. – 176 с
4. Вострухин, Н. П. Мониторинг динамики формирования урожайности и качества сахарной свеклы в Беларуси за 1966–2011 годы / Н. П. Вострухин, М. И. Гуляка; НПЦ НАН Беларуси по земледелию, РУП «Опытная научная станция по сахарной свекле». – Несвиж, 2013. – 68 с
5. Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 1998–2019гг [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by>.
6. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы / Утверждено Постановление Совета Министров Республики Беларусь 11.03.2016 № 196.

## ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ РАЗНОСПЕЛЫМИ СОРТАМИ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО В УСЛОВИЯХ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА

Ю. В. АЛЕХИНА, Д. А. ДРОЗД

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 20.01.2021)

*Кормовая база крупнорогатого животноводства в Республике Беларусь строится на использовании различного вида кормов, заготовленных из многолетних и однолетних трав. Среди них особое место занимают бобовые травы, которые на протяжении всей своей жизни усваивают из воздуха азот, что исключает необходимость использования дорогостоящих минеральных азотных удобрений. В настоящий момент в хозяйствах страны возделывается более 8 видов многолетних бобовых трав, из которых наибольшую территориальную распространенность имеет клевер луговой, произрастающий практически на всех типах почв, за исключением песчаных и подстилаемых песками.*

*В зависимости от возраста посевов и условий произрастания, различным по скороспелости сортам клевера лугового для формирования одной тонны сухого вещества требуется от 31,17–37,67 кг азота, 6,23–8,26 кг фосфора и 30,45–38,05 кг калия в первый год жизни клеверов до 20,39–27,39 кг азота, 2,86–5,07 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 24,93–35,39 кг K<sub>2</sub>O в годы активного хозяйственного использования.*

*Вместе с урожаем различные по скороспелости сорта клевера лугового в среднем за сезон выносят из почвы порядка 85,48–154,58 кг/га азота, 16,72–36,49 кг/га доступных для растений форм фосфора и 88,72–164,67 кг/га калия в первый год жизни и 199,56–499,68 кг/га азота, 29,75–79,86 кг/га подвижного фосфора и 275,74–664,50 кг калия во второй.*

*Особое место занимают посевы клеверов второго года хозяйственного использования. В этом возрасте, они отличаются небольшой продолжительностью жизни, часто не превышающей одного укоса и малым сбором сухого вещества, вместе с которым из почвы потребляется 81,94–143,78 кг/га симбиотического азота, 10,08–16,70 кг/га подвижного фосфора и 132,32–242,68 кг/га калия.*

**Ключевые слова:** клевер луговой, орошение, удельный и валовый выносы питательных веществ из почвы, подвижный фосфор, калий.

*The forage base for cattle breeding in the Republic of Belarus is based on the use of various types of forage harvested from perennial and annual grasses. Among them, a special place is occupied by leguminous herbs, which throughout their life assimilate nitrogen from the air, which eliminates the need to use expensive mineral nitrogen fertilizers. Currently, the country's farms cultivate more than 8 species of perennial leguminous grasses, of which meadow clover has the greatest territorial distribution, growing on almost all types of soils, with the exception of sandy soils and those underlain by sand.*

*Depending on the age of crops and growing conditions, varieties of meadow clover with different maturity rates require for the formation of one ton of dry matter from 31.17 to 37.67 kg of nitrogen, 6.23–8.26 kg of phosphorus and 30.45–38.05 kg of potassium in the first year of life of clovers, and up to 20.39–27.39 kg of nitrogen, 2.86–5.07 kg of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 24.93–35.39 kg of K<sub>2</sub>O in the years of active economic use.*

*Together with the harvest, varieties of meadow clover of different maturity rate, on average per season, take out from the soil about 85.48–154.58 kg / ha of nitrogen, 16.72–36.49 kg / ha of forms of phosphorus available for plants and 88.72–164.67 kg / ha of potassium in the first year of life, and 199.56–499.68 kg / ha of nitrogen, 29.75–79.86 kg / ha of mobile phosphorus and 275.74–664.50 kg of potassium in the second year.*

*A special place is occupied by the crops of clovers of the second year of economic use. At this age, they are distinguished by a short life expectancy, often not exceeding one cut and a small collection of dry matter, together with which 81.94–143.78 kg / ha of symbiotic nitrogen are consumed from the soil, 10.08–16.70 kg / ha of mobile phosphorus and 132.32–242.68 kg / ha of potassium.*

**Key words:** meadow clover, irrigation, specific and total removal of nutrients from the soil, mobile phosphorus, potassium.

### Введение

Получение достаточного в качественном и количественном отношении объема кормов из подвяленной зеленой массы различных по скороспелости сортов клевера лугового возможно только при идеальном сочетании широкого спектра факторов. К ним можно отнести обеспеченность рассматриваемого вегетационного периода тепловой энергией и солнечной радиацией, имеющийся в почве объем доступных питательных веществ, а также ее влагозапасы и внутригодовое распределение атмосферных осадков. Как утверждает закон минимума, величина урожая определяется лимитирующим фактором [1, 2].

Условия произрастания большинства кормовых культур не позволяют регулировать поступающий на поле объем тепловой и световой энергии, а вот дефицит питательных веществ и влагозапасов можно устранить за счет внесения минеральных и органических удобрений и орошения соответственно. Два последних фактора связаны между собой, так как регулирование почвенных влагозапасов орошением повышает урожайность сельскохозяйственных культур и соответственно приводит к росту суммарного выноса питательных веществ из почвы. Наблюдаемый в последнее время дефицит минеральных удобрений в совокупности со стремлением сохранить имеющийся в почве уровень пло-

дородия, вызвало необходимость изучения выноса питательных веществ из почвы вместе с урожаем различными по скороспелости сортами клевера лугового, возделываемыми в условиях орошения [3].

### Основная часть

Возделывание различных по скороспелости сортов клевера лугового белорусской селекции осуществлялась на дернового-подзолистых легкосуглинистых почвах учебно-опытного поля БГСХА «Тушково-1» расположенных на территории Горецкого района Могилёвской области и характеризующихся следующими агрохимическими и водно-физическими показателями (табл. 1).

Таблица 1. Агрохимические и водно-физические показатели почв опытных участков

№ закладки полевого опыта	Гумус, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг	pH	Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>	Наименьшая влагоемкость, %
1	1,48	203,0	251,0	5,78	1,39	23,76
2	1,66	320,0	423,0	5,70	1,38	23,82
3	1,53	304,0	331,0	5,80	1,39	22,63

Малолетие жизненного цикла клевера лугового потребовало выполнения трех закладок полевого опыта. Первая закладка полевого опыта выполнена беспокровно в 2016 году, а вторая и третья под покровом ярового ячменя в 2017 и 2019 гг.

Посев раннеспелого сорта Цудоуны, среднераннего сорта Янтарный, среднеспелого сорта Витебчанин и позднеспелого сорта Меря выполнен нормой высева 8 кг/га, из расчета 100% посевной годности. Глубина заделки семян 1,5 см, ширина междурядий 15 см. Покровная культура высеяна нормой в 180 кг/га и глубиной заделки семян в 3 см. Ширина междурядий принята аналогичной как у клеверов. Подкормка минеральными удобрениями выполнялась в начале вегетационного периода дозой P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>. В дополнении к основному фону при посеве клевера под покров был внесен минеральный азот дозой N<sub>90</sub> [4].

Закладка полевых опытов выполнялась по следующей схеме:

Фактор А – Границы регулирования влажности почвы:

1. Без орошения;
2. Полив клеверов при снижении предполивной влажности до уровня 80% от величины наименьшей влагоемкости (НВ);
3. Полив клеверов при снижении предполивной влажности до уровня 70% от величины наименьшей влагоемкости (НВ).

Фактор В – различные по скороспелости сорта клевера лугового белорусской селекции:

1. Раннеспелый сорт Цудоуны;
2. Среднеранний сорт Янтарный;
3. Среднеспелый сорт Витебчанин;
4. Позднеспелый сорт Меря.

Поддержание почвенных влагозапасов в заданных выше пределах осуществлялось методом дождевания барабанно-шланговыми дождевальными установками Bauer Rainstar T-61 и Irriland Raptor и дождевальной установкой Linsday-Europe Omega. Поливные нормы приняты равными 20 мм и 30 мм для фонов 0,8НВ и 0,7НВ соответственно [5].

Возделывание любой сельскохозяйственной культуры и не только обусловлено постоянным выносом питательных веществ из почвы, запас которых можно восстановить как естественным путем (посев многолетних бобовых или зернобобовых культур), так и искусственным. Вместе с этим, согласно закону возврата, необходимо полное возмещение вынесенных питательных веществ из почвы. Изучаемые сорта клевера лугового отличаются темпами развития, урожайностью и представляет научный интерес изучение выноса ими питательных веществ из почвы в условиях орошения. В первую очередь следует определить величину удельного выноса питательных веществ из почвы для клеверов в годы посева и хозяйственного использования (табл. 2).

Анализ удельного выноса питательных веществ из почвы различными по скороспелости сортами клевера лугового позволяет сделать вывод, что в годы посева они потребляют значительно больше питательных веществ, чем в годы хозяйственного использования. При оценке удельного выноса питательных веществ из почвы особое внимание следует уделять только показателям фосфора и калия, так как клевер луговой с помощью клубеньков, расположенных на его корневой системе, усваивает азот из окружающего его воздуха, что исключает необходимость использования минерального азота на посевах клеверов.

Таблица 2. Средний за 2016–2020 гг. удельный вынос питательных веществ из почвы различными по скороспелости сортами клевера лугового

Фон	Сорт	Содержание в 1 т сухого вещества, кг/т (клевер 1-го года жизни)			Содержание в 1 т сухого вещества, кг/т (клевер 2-го года жизни)			Содержание в 1 т сухого вещества, кг/т (клевер 3-го года жизни)		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	Цудоуны	31,17	6,44	30,45	27,20	4,09	33,42	–	–	–
	Мерея	36,37	6,39	32,27	20,39	3,81	31,62	21,20	2,40	36,06
	Янтарный	35,77	6,69	34,69	24,85	4,01	35,38	–	–	–
	Витебчанин	36,89	6,90	37,39	23,77	2,86	24,93	20,43	2,51	33,00
0,8НВ	Цудоуны	35,36	6,78	35,51	27,37	4,13	35,39	–	–	–
	Мерея	37,35	6,35	31,45	27,39	5,07	29,70	20,08	2,52	30,72
	Янтарный	37,34	6,50	35,93	26,96	4,08	35,34	–	–	–
	Витебчанин	37,67	6,64	34,02	24,66	3,26	25,33	20,87	2,75	36,79
0,7НВ	Цудоуны	35,94	6,92	32,25	26,90	3,87	32,66	–	–	–
	Мерея	34,88	6,23	37,11	23,12	4,86	31,30	16,96	2,30	35,02
	Янтарный	35,93	8,26	38,05	25,62	3,29	32,65	–	–	–
	Витебчанин	36,45	6,31	32,10	25,29	4,45	29,64	21,65	2,52	30,40

Травостой клевера лугового первого года жизни, произрастающий в естественных условиях в зависимости от сорта, выносит с урожаем 31,17–36,89 кг/т азота и от 6,39–6,90 кг/т до 30,45–37,39 кг/т P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O соответственно. Поддержание почвенных влагозапасов орошением не оказывает существенного влияния на потребность в минеральных веществах, и она сохраняется практически на таком же как у контроля уровне, составляя 34,88–37,67 кг/т азота, 6,23–8,26 кг/т P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и порядка 31,45–38,05 кг/т калия.

Травостой второго года жизни, при формировании сухого вещества в условиях естественной влагообеспеченности, выносит из почвы 20,39–27,20 кг/т азота, 2,86–4,09 кг/т доступных для клевера форм подвижного фосфора и 24,93–35,38 кг/т калия. На фонах с дополнительным увлажнением удельный вынос питательных веществ устанавливается на уровне 23,12–27,39 кг/т азота, 3,26–5,07 кг/т P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и варьирует от 25,33 кг/т до 35,39 кг/т K<sub>2</sub>O в зависимости от сорта клевера лугового и нижнего предела регулирования почвенных влагозапасов.

Из четырех исследуемых сортов клевера лугового, только сорта Витебчанин и Мерея оказались способными сформировать зеленую массу на третий год жизни. Оба сорта за весь вегетационный период вступили в фазу укосной спелости только один раз, после чего полностью выпали. Это повлияло и на удельный вынос питательных веществ из почвы, величина которого зависела от сорта клевера лугового и условий почвенной влагообеспеченности составляя 16,96–21,65 кг/т азота, 2,30–2,75 кг/т фосфора и 30,40–36,79 кг/т калия.

Удельный вынос питательных веществ из почвы не позволяет дать полную и компетентную оценку степени влияния орошения на данный процесс и следует перейти к выносу питательных веществ из почвы вместе с урожаем (табл. 3).

Таблица 3. Средний за весь период наблюдений вынос питательных веществ из почвы с урожаем различными по скороспелости сортами клевера лугового в 2016–2020 гг.

Фон	Сорт	Вынос питательных веществ клевером 1-го года жизни, кг/га			Вынос питательных веществ клевером 2-го года жизни, кг/га			Вынос питательных веществ клевером 3-го года жизни, кг/га		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	Цудоуны	86,98	17,39	88,72	273,93	36,65	341,43	–	–	–
	Мерея	92,42	17,68	89,92	199,56	33,27	324,36	95,82	10,87	163,00
	Янтарный	97,04	18,22	96,09	338,23	52,02	486,55	–	–	–
	Витебчанин	85,48	16,72	94,83	235,70	29,75	275,74	81,94	10,08	132,32
0,8НВ	Цудоуны	128,80	26,60	128,75	361,60	49,75	501,16	–	–	–
	Мерея	123,03	23,33	122,84	397,02	75,81	450,48	116,26	14,61	177,88
	Янтарный	112,65	20,03	112,25	456,46	64,47	621,23	–	–	–
	Витебчанин	126,46	23,91	124,69	321,15	45,29	366,57	109,54	14,41	193,14
0,7НВ	Цудоуны	148,41	31,84	144,86	404,68	63,53	475,58	–	–	–
	Мерея	124,77	25,84	154,20	386,16	79,86	550,24	117,55	15,93	242,68
	Янтарный	154,58	36,49	164,67	499,68	64,26	664,50	–	–	–
	Витебчанин	136,08	25,44	129,89	397,27	66,33	474,69	143,78	16,70	201,87

Вместе с кормом, заготавливаемым из зеленой массы клеверов первого года жизни, из почвы фона с естественной динамикой изменения почвенных влагозапасов выносятся 85,48–97,04 кг/га азота, 16,72–17,68 кг/га P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 88,72–96,09 кг/га K<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Регулирование почвенных влагозапасов орошением, повышает сбор сухого вещества, за счет чего клевера в зависимости от сорта и фона увлажнения вы-

носят дополнительно из почвы 15,61–69,10 кг/га азота, 1,81–19,77 кг/га доступной для него формы подвижного фосфора и 16,16–69,84 кг/га калия.

Анализируя потребность в питательных веществах у отдельных сортов клевера лугового, можно заметить, что большего всего фосфора и калия содержалось в сухом веществе среднераннего сорта Янтарный (18,22–96,04 кг/га у посевов, произрастающих в естественных условиях и 36,49–164,67 кг/га в условиях фона 0,7НВ соответственно) и раннеспелого сорта Цудоўны на фоне 0,8НВ (от 26,60 кг/га  $P_2O_5$  до 128,75 кг/га  $K_2O$ ).

Как и ранее, вынос питательных веществ из почвы зависел от скороспелости возделываемого сорта клевера лугового и условий произрастания и ко второму году жизни, посевы клевера лугового вышли на пик своей продуктивности и в процессе формирования абсолютно-сухой массы вынесли из почвы порядка 199,56–499,68 кг/га азота, 29,75–79,86 кг/га фосфора и 275,74–664,50 кг/га калия.

Высокой потребностью в  $K_2O$  характеризовался среднеранний сорт Янтарный независимо от условий почвенной влагообеспеченности (вынос варьировал от 486,55 кг/га в естественных условиях до 621,23–664,50 кг/га, отмеченных на орошаемых фонах опыта). В случае с доступными для клевера формами подвижного фосфора такими сортами оказались Янтарный произрастающий в естественных условиях (52,02 кг/га) и Меря на фонах 0,8НВ (75,81 кг/га) и 0,7НВ (79,86 кг/га).

Клевера третьего года жизни отличались от основных посевов малой продолжительностью жизни, не превысившей одного укоса зеленой массы, за которую они безвозвратно вынесли 81,94–143,78 кг/га азота, 10,08–16,07 кг/га фосфора и 132,32–242,68 кг/га калия.

### **Заключение**

Результаты биохимического анализа травостоя в совокупности со сбором сухого вещества позволили установить, что вынос доступных для клевера лугового питательных веществ из почвы зависит не только от условий почвенной влагообеспеченности и скороспелости возделываемого сорта клевера лугового, но и от возраста травостоя. Так, в годы закладки полевого опыта различные по скороспелости сорта клевера лугового вместе с урожаем выносили из почвы порядка 85,45–154,58 кг/га азота, 16,72–36,49 кг/га и 88,72–164,67 кг/га доступных для клевера лугового форм фосфора и калия соответственно. На второй год жизни клеверов, наблюдается снижение величины удельного выноса питательных веществ из почвы, однако вместе с урожаем абсолютно-сухой массы из почвы выносятся 199,56–499,68 кг/га азота, 29,75–79,86 кг/га  $P_2O_5$  и 275,74–664,50 кг/га  $K_2O$ , величина которого, как и в первый год жизни клеверов достигает максимальных значений в водно-воздушных условиях фона 0,7НВ.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Технологии и техническое обеспечение производства высококачественных кормов: рекомендации / Л. А. Маринич [и др.]. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сел. хоз-ва», 2013. – 74 с.
2. Растениеводство / Г. С. Посыпанов [и др.]; под ред. Г. С. Посыпанова. – М.: Колос, 2007. — 612 с.
3. Лапа, В. В. Применение удобрений и баланс азота, фосфора и калия в почвах пахотных земель Беларуси / В. В. Лапа, Н. Н. Ивахненко // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53) – С. 7–18.
4. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: рекомендации / К. В. Коледа [и др.]; под ред. К. В. Коледа, А. А. Дудука. – Гродно: ГГАУ, 2010. – 340 с.
5. Лихацевич, А. П. Сельскохозяйственные мелиорации / А. П. Лихацевич, М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов; под ред. А. П. Лихацевича. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 464 с.



**ГЕОМОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА ТЕРРИТОРИИ ГОРЕЦКОГО РАЙОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ****Ю. Н. ДУБРОВА, Т. Н. МЫСЛЫВА, Т. Н. ТКАЧЕВА***УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: byrty41@yahoo.com, tamaratkacheva60771@gmail.com**(Поступила в редакцию 20.01.2021)*

*Рельеф территории является одним из важнейших факторов, определяющих локальные особенности распределения вещества и энергии в агроландшафтах, а также главной составляющей почвообразовательного процесса. Информация о количественных характеристиках рельефа, выраженных через его морфометрию, является необходимым условием для решения широкого круга научных и прикладных задач. Впервые для территории Горецкого района Могилевской области по данным гидрологически корректной цифровой модели рельефа был выполнен комплекс картометрических и морфометрических расчетов, а также построены актуальные карты количественных показателей эрозионного потенциала и гидроморфности почвенного покрова – морфометрических индексов LSF, SPI, TWI и TRI. В качестве исходных использовались данные радарной топографической съемки с пространственным разрешением 30 м. Комплексный геоморфометрический анализ цифровой модели рельефа выполнялся с использованием функциональных возможностей набора инструментов «Пространственный анализ» и «Гидрология» ArcGIS версии 10.5. Установлено, что 25 % территории Горецкого района имеет высокий риск развития линейной эрозии, а основной причиной проявления и интенсификации данного процесса является почвенно-антропогенный фактор. Преобладание среди идентифицированных водотоков тальвегов 1–2 порядков (75,3 % общей длины) также свидетельствует о развитии водноэрозионных процессов в пределах исследуемой территории.*

**Ключевые слова:** геоморфометрический анализ, SRTM, рельеф, эрозия, морфометрические индексы.

*The relief of the territory is one of the most important factors that determine the local features of distribution of matter and energy in agricultural landscapes, as well as the main component of soil-forming process. Information about the quantitative characteristics of the relief, expressed through its morphometry, is a necessary condition for solving a wide range of scientific and applied problems. For the first time for the territory of Gorki district of Mogilev region, a complex of cartometric and morphometric calculations was performed based on the data of a hydrologically correct digital relief model, as well as up-to-date maps were drawn of quantitative indicators of erosion potential and hydromorphism of the soil cover – morphometric indices LSF, SPI, TWI and TRI. As the initial data, we used radar topographic survey data with a spatial resolution of 30 m. Complex geomorphometric analysis of digital relief model was performed using the functionality of Spatial Analysis and Hydrology toolkit of ArcGIS version 10.5. It has been established that 25 % of the territory of Gorki district has a high risk of linear erosion, and the main reason for the manifestation and intensification of this process is the soil-anthropogenic factor. The prevalence of thalwegs of 1–2 orders among the identified streams (75.3 % of the total length) also indicates the development of water erosion processes within the examined area.*

**Key words:** geomorphometric analysis, SRTM, relief, erosion, morphometric indices.

**Введение**

Рельеф – один из ведущих факторов формирования природных и агроландшафтов, а его характеристики во многом определяют локальные особенности распределения влаги, вещества и энергии в экосистемах. Он является важнейшей составляющей процесса почвообразования, оказывая максимальное воздействие на локальное разнообразие почвенного покрова посредством определения условий увлажнения почв и энергии склоновых процессов, приводящих к деградации земель и выводу их из сельскохозяйственного использования. Информация о количественных характеристиках рельефа, выраженных через его морфометрию, является необходимым условием для решения широкого круга научных и прикладных задач. В этой связи изучение структурно-геоморфологических особенностей рельефа выступает неотъемлемой частью комплексных исследований при агроэкологической оценке земель и их мониторинге [1, 2]. Одной из базовых основ изучения рельефа любой территории считается геоморфометрический анализ, обеспечивающий более объективную и всестороннюю его оценку, и являющийся исключительно важным при комплексном исследовании экзогенных природных процессов (абразионно-оползневые явления, склоновая и русловая эрозия, селевая опасность), состояния почвенного и растительного покрова, прогнозировании и ландшафтном планировании, а также при разработке почвоохранных мероприятий [3, 4]. Наиболее прогрессивным и информативным методом изучения особенностей рельефа является совместное использование функциональных возможностей ГИС по гидрологическому моделированию и построению корректных топографических поверхностей, учитывающих морфометрические особенности изучаемой территории, и данных дистанционного зондирования Земли. Однако, поскольку такие функции ГИС работают с растровым типом данных, методика построения и интерпретация полученных морфометрических показателей, а также их визуализация принципиально отличаются от традиционной [1, 5], а следовательно, требуют более детального изучения.

Цель исследований: 1) определение основных геоморфометрических характеристик рельефа и выполнение комплексного геоморфометрического анализа территории Горецкого района Могилевской области Республики Беларусь; 2) оценка количественных показателей плоскостной и линейной эро-

зии и показателя гидроморфности почвенного покрова с использованием данных дистанционного зондирования.

### Основная часть

Исследования выполнялись в 2020 г. в пределах Горецкого района Могилевской области. Для построения производных цифровой модели рельефа (ЦМР) использовалась 4 версия (2018 г.) данных Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) – радарной топографической съемки поверхности земного шара, произведенной в феврале 2000 г. с помощью специальной радарной системы методом радарной интерферометрии с борта американского челнока Shuttle [5]. Математической основой данных является референц-эллипсоид WGS84 и проекция GCS\_WGS\_1984, а их пространственное разрешение составляет 1 угловую секунду (30 м). Данные SRTM имеют вид квадрата 1 x 1 градус, что при максимальном доступном разрешении и обрезке по векторной маске Горецкого района представляет собой матрицу 2201 x 1599 элементов. Один дополнительный нижний ряд и одна правая колонка растра являются дублирующими и повторяются на соседней матрице. Снимок представлен простым 16-битным растром, где атрибут пиксела соответствует высоте над уровнем моря в данной точке. Абсолютная ошибка геолокации 90%-ной обеспеченности составляет 8,8 м, абсолютная погрешность определения высоты – 6,2 м, относительная ошибка высоты – 2,6 м [1].

Геоморфометрический анализ ЦМР выполнялся с использованием функциональных возможностей набора инструментов «Пространственный анализ» и «Гидрология» ArcGIS версии 10.5. Поскольку на используемой цифровой модели рельефа территории имеются водотоки и понижения, выполнялось заполнение локальных понижений в растре поверхности и удаление всех небольших ошибок и неточностей, присущих исходным данным. Моделирование эрозионной сети и определение порядка тальвегов выполнялись по методике Стралера-Философова [5]. Морфометрические характеристики территории рассчитывались с учетом трех аспектов: линейного, площадного и рельефного (табл. 1). Характеристики, относящиеся к линейному аспекту, определялись согласно методикам, описанным в работах [6, 7], к площадному и рельефному – в соответствии с методиками, приведенными в работах [6, 8].

Таблица 1. Геоморфометрические параметры рельефа территории Горецкого района, рассчитанные по данным дистанционного зондирования

Название параметра	Символ	Формула расчета параметра	Рассчитанное значение параметра
<i>Линейные аспекты</i>			
Площадь территории, км <sup>2</sup>	A	Общая площадь территории	1289,69
Длина бассейна, км	L <sub>b</sub>	$L_b = 1,312 \cdot A^{0,568}$ , где A – площадь территории, км <sup>2</sup>	76,68
Периметр бассейна, км	P	Внешняя граница территории	219,29
Порядок тальвегов	U	Иерархический ранг	4
Длина тальвегов, км	L <sub>u</sub>	Длина тальвегов каждого порядка	1 – 406,67; 2 – 190,22; 3 – 150,78; 4 – 44,59
Количество тальвегов, шт	N <sub>u</sub>	Количество тальвегов каждого порядка	1 – 296; 2 – 125; 3 – 97; 4 – 37
Средняя длина тальвегов каждого порядка, км	L <sub>sm</sub>	$L_{sm} = L_u / N_u$	1 – 1,37; 2 – 1,52; 3 – 1,55; 4 – 1,21
Соотношение длин тальвегов	R <sub>l</sub>	$R_l = L_u / L_{u-1}$ , где L <sub>u-1</sub> – общая длина тальвегов следующего низшего порядка	1 – 0,46; 2 – 0,79; 3 – 0,30
Коэффициент бифуркации	R <sub>b</sub>	$R_b = N_u / N_{u-1}$ , где N <sub>u-1</sub> – общее количество тальвегов следующего высшего порядка	1/2 – 2,37; 2/3 – 1,29; 3/4 – 2,62
Средний коэффициент бифуркации	R <sub>bm</sub>	Средний уровень бифуркации тальвегов всех порядков	2,09
<i>Площадные аспекты</i>			
Плотность водосборной сети, км/км <sup>2</sup>	D <sub>d</sub>	$D_d = L_u / A$ , где L <sub>u</sub> – общая длина тальвегов	0,61
Текстура водосборной сети, шт/км	R <sub>t</sub>	$R_t = N_u / P$ , где N <sub>u</sub> – общее количество тальвегов	2,53
Частота водосборной сети, шт/км <sup>2</sup>	F <sub>s</sub>	$F_s = N_u / A$	0,43
Коэффициент удлинения	R <sub>e</sub>	$R_e = 2 \cdot \sqrt{(A/\pi)} / L_b$	0,53
Коэффициент округлости	R <sub>c</sub>	$R_c = (4 \cdot \pi \cdot A) / P^2$	0,34
Коэффициент формы водосбора	R <sub>f</sub>	$R_f = A / L_b^2$	0,22
Коэффициент вытянутости водосбора	B <sub>s</sub>	$B_s = L_b^2 / A$	4,56
Коэффициент компактности	C <sub>c</sub>	$C_c = 0,2821 \cdot P / A^{0,5}$	1,72
Длина водотоков на поверхности	L <sub>g</sub>	$L_g = 1/2 \cdot D_d$	0,20
Коэффициент инфильтрации	I <sub>f</sub>	$I_f = D_d \cdot F_s$	0,19
<i>Аспекты рельефа</i>			
Амплитуда колебаний высот, м	V <sub>h</sub>	Вертикальное расстояние между самой высокой и самой низкой точкой	79
Коэффициент рельефа	R <sub>h</sub>	$R_h = V_h / L_b$	0,0103
Коэффициент устойчивости рельефа	R <sub>n</sub>	$R_n = V_h / D_d$	0,20

В качестве параметров линейного аспекта были определены порядок тальвегов ( $U$ ), количество тальвегов ( $N_u$ ), длина тальвегов каждого порядка ( $L_u$ ), средняя длина тальвегов каждого порядка ( $L_{sm}$ ), соотношение длин тальвегов ( $R_l$ ) и коэффициент бифуркации ( $R_b$ ). В пределах исследуемой территории были идентифицированы тальвеги четырех порядков с общей длиной 792,26 км; при этом на тальвеги 1-го порядка приходится 51,3 % общей длины, а на суммарную длину тальвегов 1–2 порядков – 75,3 % общей длины (рис. 1).

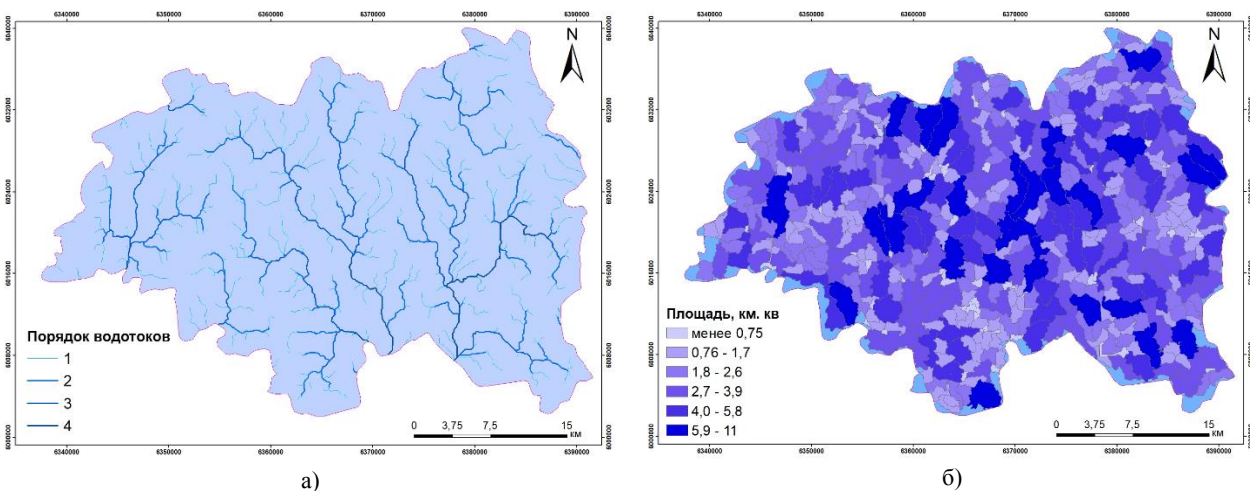


Рис. 1. Постоянные водотоки, идентифицированные по методике Стралера-Философова, и их водосборные бассейны, полученные по данным SRTM Горьковского района

Средняя длина тальвегов колеблется в пределах от 1,21 км до 1,55 км, а распределение длин разнорядковых тальвегов подчиняется обратному экспоненциальному закону. Соотношение длин тальвегов колеблется от 0,30 до 0,79, достигая максимального значения для водотоков 2-го порядка. Преобладание среди идентифицированных водотоков тальвегов 1–2 порядков свидетельствует о развитии водноэрозионных процессов в пределах исследуемой территории.

Параметры максимального стока (расходы воды, объемы стока), определяющие генеральные размеры водопропускных сооружений, зависят прежде всего от площадей водосборных бассейнов, поэтому определение границ водосборов и их площадей является важной задачей, решение которой требуется при проектировании гидросооружений. Идентификация водосборных бассейнов предусматривает выполнение трех последовательных операций: привязку точек устья водотоков к растру аккумуляции стока; построение границ водосборов в растровом режиме; векторизацию водосборных бассейнов. Посредством применения функциональных возможностей гидрологического модуля ArcGIS в пределах исследуемой территории были идентифицированы 576 водосборных бассейнов, площадь которых колеблется от 0,0004 км<sup>2</sup> до 10,96 км<sup>2</sup> при среднем значении 2,11 км<sup>2</sup>. Низкие значения величины коэффициента бифуркации ( $R_b$ ), определяемого как отношение количества сегментов водотока заданного порядка к числу сегментов водотока следующего, более высокого порядка и характеризующего степень близости структуры водотоков к древовидной [9, 10], характерны для структурно менее нарушенных водосборных бассейнов без каких-либо искажений в системе водотоков и для территории Горьковского района приурочены к водотокам 2 порядка.

В качестве параметров ареального аспекта использовались такие показатели, как плотность и текстура водосборной сети, частота потока, коэффициент инфильтрации, коэффициенты формы, удлинения, округлости и компактности водосбора, длина потоков на поверхности. Плотность водосборной сети ( $D_d$ ) является одной из доминирующих характеристик, описывающих степень расчленения рельефа и потенциал стока. Низкое значение данного показателя для Горьковского района свидетельствует о том, что поверхность исследуемой территории представлена водопроницаемыми породами и покрыта густым растительным покровом, а рельеф имеет преимущественно равнинный характер. О достаточной водопроницаемости подстилающих пород свидетельствует и величина коэффициента инфильтрации ( $I_r$ ), равная 1,19 и характеризующая умеренный сток с поверхности. Текстура водосборной сети ( $R_t$ ) обратно пропорционально зависит от ее плотности и подразделяется на пять классов [6]: <2 – очень грубая; 2–4 – грубая; 4–6 – умеренная; 6–8 – нормальная; >8 – тонкая текстура. Данный показатель в пределах исследуемой территории достигает величины 2,84 и, согласно приведенной классификации, относится к классу «грубая». Частота водосборной сети ( $F_s$ ) имеет положи-



тельную корреляцию с ее плотностью, а ее высокие значения связаны с наличием слабопроницаемой подстилающей поверхности, редкой растительности, высотного рельефа и низкой инфильтрационной способности [11]. Для территории Горецкого района значение данного показателя составляет 0,48. Коэффициент удлинения ( $R_e$ ) связан с наличием высоких форм рельефа и крутых наземных склонов, а его величина подразделяется на три класса [12]:  $>0,9$  – круглые;  $0,8-0,9$  – овальные;  $<0,7$  – удлиненные формы рельефа. Значение  $R_e$  для исследуемой территории составляет 0,54, что соответствует наличию в ее пределах преимущественно вытянутых форм рельефа. Коэффициент округлости рельефа ( $R_c$ ) связан с длиной и частотой водотоков, геологическими структурами, характером землепользования, климатом, рельефом и уклоном поверхности [13]. Величина данного показателя для Горецкого района составляет 0,34, что соответствует вытянутой форме территории. На удлиненную форму исследуемой территории указывают также величина коэффициента формы водосбора ( $R_f$ ), равная 0,22, и величина коэффициента вытянутости водосбора ( $B_s$ ), значительно превышающая единицу и равная 4,56.

Данные дистанционного зондирования, полученные по результатам выполнения радарной топографической съемки, позволяют определить направление поверхностного стока в каждой ячейке растра, что в свою очередь делает возможным прогнозирование превалирующих направлений развития водноэрозионных процессов на региональном уровне (рис. 2).

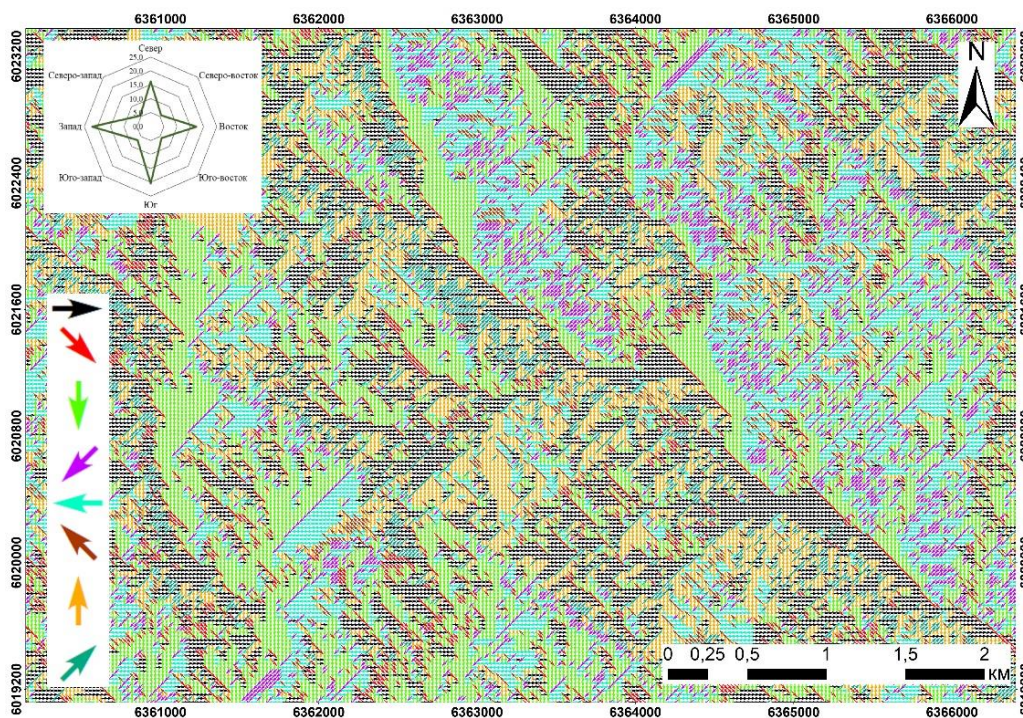


Рис. 2. Фрагмент растрового изображения территории Горецкого района с отображением направления поверхностного стока (на диаграмме-вкладке указан % стока в направлении каждого румба от общей территории; расчет выполнен для ячеек растра с пространственным разрешением 30 м)

Установлено, что в пределах Горецкого района преобладающими направлениями стока являются восточное и южное – 22 % и 20,4 % соответственно. Указанные направления совпадают с направлением тока основных рек, составляющих гидрологический каркас территории (реки Проня, Бася, Гольша, Быстрая, Реместлянка). Минимальные объемы стока аккумулируются в северо-западном и северо-восточном направлениях.

Коэффициент компактности ( $C_c$ ) территории прямо пропорционален величине риска проявления эрозии: более низкие его значения свидетельствуют о меньшей эрозионной уязвимости, в то время как более высокие значения свидетельствуют о высокой эрозионной опасности и необходимости осуществления неотложных противоэрозионных мероприятий [12]. Для исследуемой территории данный показатель составляет 1,72. Длина водотоков на поверхности ( $L_g$ ) характеризует степень уязвимости поверхности в случае возникновения неблагоприятных метеорологических явлений. Величина данного показателя 0,20 свидетельствует о том, что территория Горецкого района может быть уязвима к внезапным наводнениям во время экстремальных метеорологических явлений.



Рельефные аспекты анализа территории имеют непосредственную связь с изучением ее площади, объема и высоты, используемых для анализа различных гидрогеологических характеристик. Среди параметров, относящихся к аспектам рельефа, определялись амплитуда колебаний высот, коэффициент рельефа и коэффициент устойчивости территории. Рельеф бассейна ( $R_h$ ) и коэффициент его устойчивости ( $R_n$ ) являются важными параметрами, необходимыми для понимания геоморфологических процессов и общей характеристики рельефа. Высокие значения данных коэффициентов указывают на наличие крутых склонов и повышенных элементов рельефа. Для Горецкого района значения  $R_h$  и  $R_n$  являются низкими и составляют 0,0103 и 0,20 соответственно, свидетельствуя об относительно низких объемах поверхностного стока с территории и отсутствии очень крутых склонов в ее пределах.

Следует отметить, что результаты расчета морфометрических параметров полностью соотносятся с результатами, полученными при определении количественных показателей плоскостной и линейной эрозии – индекса мощности линейной эрозии (SPI) и фактора эрозионного потенциала рельефа (LSF), показателя гидроморфности почвенного покрова – топографического индекса влажности (TWI), а также индекса устойчивости местности (TRI) (рис. 3, табл. 2).

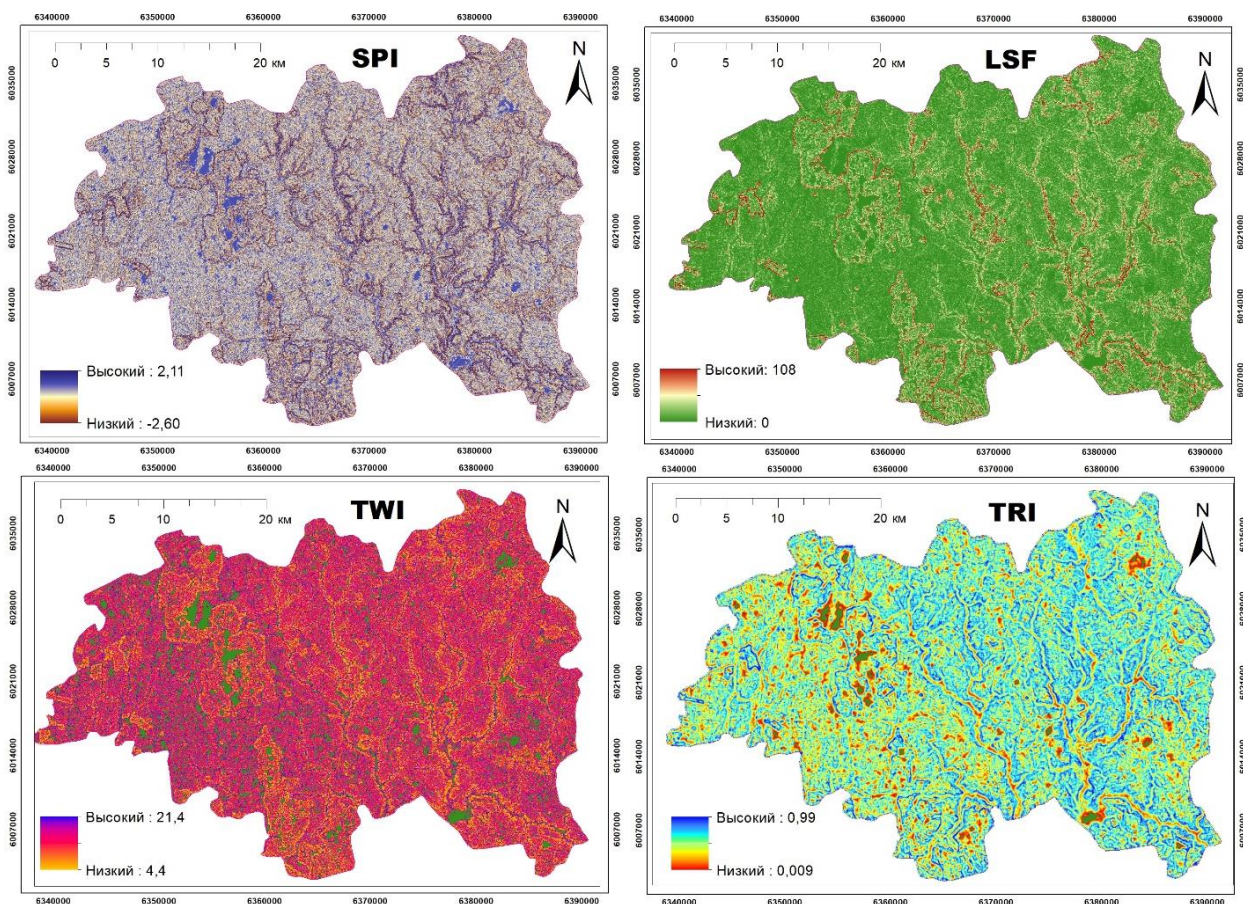


Рис. 3. Количественные показатели эрозионного потенциала рельефа и гидроморфности почвенного покрова Горецкого района, рассчитанные по данным SRTM

Плоскостной смыв представляет собой смыв верхних горизонтов почвы при стекании дождевых и талых вод, образующих при движении сеть мелких струйчатых промоин и рытвин. Плоскостная эрозия малозаметна визуально, однако приводит к катастрофическим последствиям вследствие масштабы проявления, вызывая потерю гумусового горизонта и приводя к значительному снижению плодородия почв. Для оценки наличия топографических предпосылок к развитию плоскостного смыва используется индекс LSF (Length Steepness Factor), характеризующий влияние рельефа на процессы плоскостной эрозии, величина которого рассчитывается по формуле (1) [14]:

$$LSF = (m + 1) * (A/22,13)^m * (\sin\beta/0,0896)^n, \quad (1)$$

где  $A$  – удельная водосборная площадь;  $\beta$  – угол наклона земной поверхности;  $m$  и  $n$  – эмпирические коэффициенты.

Определение данного показателя важно также и вследствие того, что он является одним из шести составляющих универсального уравнения потерь почвы (USLE) и его модернизированной версии (RUSLE) – наиболее часто используемой модели оценки риска эрозии почвы [15]. В табл. 2 представлен результат расчета потенциала плоскостного смыва для территории Горецкого района, позволяющий получить наглядное представление о характере развития данного процесса и разработать мероприятия по предотвращению деградации земельных ресурсов на перспективу. Коэффициент вариации величины индекса LSF колеблется от 0,1 до 4,4 и свидетельствует о его неоднородности в пределах исследуемой территории. Установлено, что около 88 % территории района по величине потенциала плоскостного смыва характеризуется отсутствием проявления данного фактора, 11 % имеет незначительные проявления, а для 1 % территории отмечено наличие высокого потенциала развития и значимых проявлений плоскостной эрозии.

Таблица 2. Распределение значений морфометрических индексов на территории Горецкого района

Морфометрический индекс	Площадь с соответствующим значением индекса (в % от общей площади)			Статистические характеристики значения индекса			
	низкое	среднее	высокое	min	max	mean	Sd
LSF	87,8	11,1	1,1	0,08	24,93	1,63	1,69
SPI	15,11	59,5	25,4	-1,02	0,57	-0,05	0,16
TWI	29,9	45,1	25,0	4,49	21,38	8,41	0,61
TRI	8,7	39,5	51,8	0,25	0,73	0,49	0,09

Оценка степени проявления линейной эрозии с использованием данных дистанционного зондирования основана на расчете индекса мощности потока SPI (Stream Power Index), определяемого по формуле (2) [16]:

$$SPI = A * \tan(\beta), \quad (2)$$

где  $A$  – удельная водосборная площадь,  $\beta$  – угол наклона земной поверхности.

Необходимо отметить, что наличие подобной информации позволяет оценить вероятность и направление развития негативных ландшафтных процессов, связанных с интенсификацией водноэрозионных процессов, и осуществить противоэрозионные мероприятия. Индекс мощности потока описывает потенциальную эрозию водного потока в данной точке топографической поверхности. По мере увеличения площади водосбора и уклона территории количество воды, вносимой участками подъема, и скорость водного потока увеличиваются, следовательно, увеличиваются индекс мощности потока и риск проявления линейной эрозии. На рис. 3 развитие линейной эрозии отображается по следующим грациям: низкий потенциал развития, средний потенциал развития, высокий потенциал развития. Установлено, что 25% территории Горецкого района имеет высокий риск развития линейной эрозии, следовательно, его территорию можно отнести к сильно эродированной. Основной причиной проявления и интенсификации линейной эрозии является почвенно-антропогенный фактор. Почвы, сформированные на лессовых и лессовидных породах, занимают более 50 % от общей площади пахотных земель района, а высокое потенциальное плодородие этих почв обусловило их интенсивное сельскохозяйственное использование, играющее ведущую роль при формировании водноэрозионных процессов. Кроме того, лессовидные почвообразующие породы имеют низкую противоэрозионную устойчивость (в 1,4–1,7 раза меньше, чем у моренных суглинков) [1].

Эффективное управление водными и земельными ресурсами требует осуществления точного прогнозирования и понимания пространственного распределения влажности в пределах землепользования. Топографический индекс влажности (TWI) позволяет оценить геоморфологические предпосылки для развития процесса переувлажнения земель и учесть данный фактор при планировании агромероприятий и размещении сельскохозяйственных культур на полугидроморфных и гидроморфных почвах. TWI (Topographic Wetness Index) отображает потенциальную влажность водосбора и представляет собой натуральный логарифм отношения дренажной площади к тангенсу крутизны склона (3) [17]:

$$TWI = \ln[A/\tan(\beta)], \quad (3)$$

где  $A$  – удельная водосборная площадь,  $\beta$  – топографический градиент.

На полученном растровом изображении (рис. 3) ячейки с более низким значением индекса TWI представляют области с самым крутым уклоном, а более высокие значения ячеек представляют области с повышенным накоплением влаги в почве. Однако следует отметить, что отсутствует унифицированная шкала градации значений TWI, а конкретные величины данного индекса, указывающие на влажные почвы, довольно существенно различаются в зависимости от типа ландшафта и климата

территории, на что указывается и в исследованиях [18]. Топографический индекс влажности тесно коррелирует с реальным распределением влажности почвы в пределах водосборов с пересеченным рельефом, однако мало информативен на плоском ландшафте из-за зависимости от сезонных колебаний влажности и таких не топографических переменных, как свойства почвы, тип землепользования, характер растительности, степень насыщения влагой и эвапотранспирация. Установлено, что более 70% территории Горецкого района имеет как возвышенные, так и пониженные участки потенциального переувлажнения (табл. 2). Информация о влиянии рельефа на особенности распределения влаги представляет существенный интерес, поскольку позволяет выделить участки потенциального переувлажнения почв и вымокания посевов сельскохозяйственных культур.

Индекс устойчивости местности TRI (Terrain Ruggedness Index) является одним из основных факторов, влияющих на энергию потока, емкость поверхностного накопления влаги, скорость стока и маршрутизацию в масштабе водосбора, и выражает величину перепада высот между соседними ячейками в растре (4) [19]:

$$TRI = Y [\sum(x_{ij} - x_{00})^2]^{1/2}, \quad 4)$$

$x_{ij}$  – перепад высот между каждой из соседних ячеек раstra.

Согласно классификации, разработанной авторами данного индекса для сети с разрешением в 1 км, и приведенной в работе [20], величина TRI (м) от 0 до 80 соответствует ровной поверхности местности; 81–116 – почти ровной поверхности; 117–161 – слегка устойчивой поверхности; 162–239 – поверхности средней степени устойчивости; 240–497 – умеренно устойчивой поверхности; 498–958 – высокоустойчивой и 959–4367 – чрезвычайно устойчивой поверхности. Для территории Беларуси средняя величина данного показателя, определенная по состоянию на 1996 г. и приведенная в работе [21], составляет 16,4 м, тогда как для территории Горецкого района в разрезе идентифицированных водосборных бассейнов она колеблется в пределах от 0,25 до 0,73 м.

### **Заключение**

Результаты выполненных исследований дают основания для следующих выводов: 1) комплексный геоморфометрический анализ с использованием функциональных возможностей геоинформационных систем целесообразно использовать при проведении оперативной и эффективной оценки критических свойств рельефа для целей прогнозирования использования земель и функционального зонирования территории на региональном уровне, а также для выполнения мероприятий в рамках межхозяйственного землеустройства; 2) цифровая модель рельефа, полученная по данным радарной топографической съемки методом радарной интерферометрии с пространственным разрешением 30 м, пригодна для получения информации об общих топографических особенностях территории и выявления потенциальной деградации земельных ресурсов на региональном уровне и позволяет рассчитать количественные показатели эрозионного потенциала рельефа и гидроморфности почвенного покрова; 3) информация, получаемая в результате анализа цифровой модели рельефа методами дифференциальной геометрии, позволяет оптимизировать структуру сельскохозяйственного землепользования, установить наличие, оценить масштаб проявления и разработать прогноз развития деградации сельскохозяйственных земель, а также может использоваться при проектировании новых и реконструкции существующих осушительно-увлажнительных мелиоративных систем.

Дальнейшие исследования следует сосредоточить в направлении возможности использования данных радарной топографической съемки для идентификации и комплексного геоморфометрического анализа отдельных осушительно-увлажнительных мелиоративных систем с целью оценки эффективности их функционирования.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Дуброва, Ю. Н. Комплексный морфометрический анализ территории Горецкого района с использованием данных дистанционного зондирования Земли / Ю. Н. Дуброва, Т. Н. Мыслыва, Т. Н. Ткачева // Мелиорация. – 2020. – №3(93). – С. 43–54.
2. Дамшевич, А. Возможности использования цифровой модели рельефа для изучения влияния морфометрических показателей на влажность почв / А. Дамшевич // Земля Беларуси. – 2017. – №1. – С. 42–45.
3. Михайлов, В. А. Комплексный морфометрический анализ Тарханкутского полуострова с помощью ГИС / В. А. Михайлов // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 2. – Ч. 4 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/02/46640>.
4. Kumar, A. Morphometric analysis of six sub-watersheds in the central zone of Narmada River / A. Kumar, S. K. Samuel, V. Vyas // Arabian Journal of Geosciences. – 2015. – Vol. 8. P. 5685–5712.
5. Погорелов, А. В. Морфометрия рельефа бассейна реки Кубани: некоторые результаты цифрового моделирования / А. В. Погорелов, Ж. А. Думит // Географические исследования Краснодарского края. – Вып. 2. – 2007. – С. 7–23.
6. Arulbalaji, P. Geospatial tool-based morphometric analysis using SRTM data in Sarabanga Watershed, Cauvery River, Salem district, Tamil Nadu, India / P. Arulbalaji, B. Gurugnanam // Applied Water Science. – 2017. – Vol. 7. – P. 3875–3883.

7. Sreedevi, P. D. The significance of morphometric analysis for obtaining groundwater potential zones in a structurally controlled terrain / P. D. Sreedevi, K. Subrahmanyam, A. Shakeel // *Environmental Geology*. – 2005. – Vol. 47(3). – P. 412–420.
8. Manjare, B. Prioritization of sub-watersheds of Chandrabhaga river from Purna river basin, Maharashtra using geospatial techniques / B. Manjare, S. Paunikar, J. Shrivatra // *Journal of Geosciences Research*. – 2019. – №2. – P. 111–120.
9. Полякова, Е. В. Морфометрический анализ рельефа острова Вайгач по данным дистанционного зондирования Земли / Е. В. Полякова, М. Ю. Гофаров // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. – 2014. – Т. 11. – № 1. – С. 226–234.
10. Шарапов, С. В. Морфологический анализ рельефа при экологических изысканиях на объектах подземного хранения газа / С. В. Шарапов // *Вестник Московского университета*. – 2010. – №1. – Серия 5. География. – С. 28–34.
11. Waikar, M. L. Morphometric analysis of a drainage basin using geographical information system: a case study / M. L. Waikar, A. P. Nilawar // *International Journal of Multidisciplinary and Current Research*. – 2014. – Vol. 2. – P. 179–184.
12. Strahler, A. N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks / A. N. Strahler / In: V.T. Chow (Ed.), *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw Hill Book Company, New York, 1964. – Section 4-11. – P. 439.
13. Analysis of drainage morphometry and watershed prioritization in Bandu Watershed, Purulia, West Bengal through remote sensing and GIS technology: a case study / Das A., Mondal M., Das B., Ghosh A. R. // *International Journal of Geomatics and Geosciences*. – 2012. – Vol. 2(4). – P. 995–1013.
14. Desmet, P. J. J. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units / P. J. J. Desmet, G. Govers // *Journal of Soil and Water Conservation*. – 1996. – Vol. 51 (5). – P. 427–433.
15. Panagos, P. A new european slope length and steepness factor (LS-Factor) for modeling soil erosion by water / P. Panagos, P. Borrelli, K. Meusburger // *Geosciences*. – 2015. – Vol. 5. – P. 117–126.
16. Moore, I. D. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications / I. D. Moore, R. B. Grayson, A. R. Ladson // *Hydrological Processes*. – 1991. – Vol. 5. – P. 3–30.
17. Глотов, А. А. Применение данных о рельефе для эффективного использования сельскохозяйственных земель / А. А. Глотов // *Совзонд*. – 2013. – № 4. – С. 20–22.
18. TWI computation: a comparison of different open source GISs / P. Mattivi, F. Franci, A. Lambertini, B. Gabriele // *Open Geospatial Data, Software and Standards*. – 2019. – Vol. 4:6. P. 2–12.
19. Riley, S. J., S. A terrain ruggedness index that quantifies topographic heterogeneity, / S. J., S. Riley, D. DeGloria, R. Elliot // *Intermountain Journal of Sciences*. – 1999. – Vol. 5. – P. 1–4.
20. Geomorphometric analysis of raster image data to detect terrain ruggedness and drainage density / M. Moreno, S. Levachkine, M. Torres, R. Quintero // *Lecture Notes in Computer Science*. – 2003. – Vol. 2905. – P. 643–650.
21. Nunn, N. Ruggedness: The blessing of bad geography in Africa / N. Nunn, D. Puga // *Review of Economics and Statistics*. – 2012. – Vol. 94, № 1. – P. 20–36.



## **ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

УДК 004.9:378

### **ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ УО БГСХА: ПУТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

**С. В. КУРЗЕНКОВ**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407*

*(Поступила в редакцию 04.01.2021)*

*Сегодня остается все меньше скептиков, которые ставят под сомнение необходимость внедрения и использования в учебных процессах школ, высших учебных заведений элементов дистанционного обучения. Связано это не только с обеспечением санитарно-эпидемиологической безопасности участников учебного процесса, но и со стремительным развитием технологий и форм обучения, а так же интерактивных средств связи и общения.*

*В связи с этим преподаватели кафедры высшей математики и физики учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» на протяжении 5 лет занимаются изучением систем и специализированных программ для дистанционного обучения. Внедрение в учебный процесс академии этих систем и программ позволит преподавателям планировать и организовывать для студентов раздачу учебных материалов и заданий, отработку занятий, разнообразные формы учебно-познавательной деятельности и интерактивного взаимодействия, дистанционно производить их консультацию и опрос. Это должно способствовать развитию навыков и возможностей в педагогической деятельности сотрудников академии, а также их развитию в сфере информационных и коммуникационных технологий. Очевидна польза внедрения этих сервисов и для студентов академии. Внедрение в учебный процесс элементов дистанционного обучения позволит студентам установить постоянную связь с преподавателем дисциплины и при необходимости получать от него консультацию по возникающим вопросам. Наиболее мотивированным студентам это позволит самостоятельно совершенствоваться и развиваться в освоении учебных дисциплин.*

*В данной статье приведен обзор и возможности различных инструментариев, применяемых на кафедре высшей математики и физики, для организации дистанционного обучения студентов академии. С учетом приобретенного опыта удаленной работы со студентами, предложены рекомендации по совершенствованию и развитию имеющейся в академии системы дистанционных образовательных технологий, созданной на базе Moodle, а также рассмотрены возможности внедрения дистанционных принципов обучения в учебный процесс академии с помощью сервисов Viber, Гугл-форм и Zoom.*

**Ключевые слова:** *дистанционное обучение, информационные и коммуникационные технологии, средства связи, инструментарии.*

*Today, there are fewer and fewer skeptics who question the need to introduce and use elements of distance learning in the educational processes of schools and higher educational institutions. This is connected not only with ensuring the sanitary and epidemiological safety of the participants in educational process, but also with the rapid development of technologies and forms of education, as well as interactive means of communication.*

*In this regard, the teachers of Department of Higher Mathematics and Physics of educational institution "Belarusian State Agricultural Academy awarded with the Orders of October Revolution and the Red Banner of Labor" have been studying systems and specialized programs for distance learning for 5 years. The introduction of these systems and programs into the educational process of the academy will allow teachers to plan and organize for students the distribution of educational materials and assignments, training sessions, various forms of educational and cognitive activities and interactive communication, remotely consult and interview them. This should contribute to the development of skills and opportunities in the teaching activities of the staff of the academy, as well as their development in the field of information and communication technologies. The benefits of introducing these services are obvious for the students of the academy. The introduction of elements of distance learning into the educational process will allow students to establish constant communication with the teacher of the discipline and, if necessary, receive advice from him on emerging issues. This will allow the most motivated students to independently improve and develop in mastering the academic disciplines.*

*This article provides an overview and the possibilities of various tools used at the Department of Higher Mathematics and Physics for organizing distance learning for students of the Academy. Taking into account the acquired experience of remote work with students, recommendations were proposed for the improvement and development of the existing system of distance educational technologies created on the basis of Moodle at the academy, as well as the possibilities of introducing distance learning principles into the educational process of the academy using Viber, Google forms and Zoom services.*

**Key words:** *distance learning, information and communication technologies, means of communication, tools.*

## **Введение**

Современные реалии требуют от педагога не только умения проведения аудиторных, консультационных занятий со студентами и их опроса в традиционной форме, т. е. при непосредственном контакте с обучаемыми, но и умения использовать при этом элементы дистанционного обучения [1]. Это окончательно стало понятно в 2020 году, когда для обеспечения санитарно-эпидемиологической безопасности участников учебного процесса и сотрудников академии приходилось работать со студентами дистанционно.

## **Основная часть**

Проблема перехода на дистанционную форму работы со студентами поднимается в публикациях А. М. Анисимова, Л. И. Маслиховой, Н. Л. Романовой, Ж. В. Смирновой [1, 2, 3, 4, 5, 6] и ряда других ученых и педагогов, которые отмечают необходимость учета в этом случае следующих факторов:

- 1) подготовленности правовой и материальной базы вуза к условиям такой работы;
- 2) готовности педагогических работников к использованию доступных телекоммуникационных средств и технологий для организации раздачи и демонстрации учебных материалов, онлайн консультаций студентов, а так же их опроса;
- 3) наличия мотивации у студентов к дистанционному общению с преподавателем, а также способности их к самостоятельному изучению и восприятию учебных материалов.

Все это индивидуально, так как при, казалось бы, равных условиях обеспеченности подразделений академии техническими средствами и условиями передачи данных, уравнивать их возможности практически невозможно. Связано это с быстрым старением компьютерной техники, которая не может поддерживать современные программные средства обучения и передачи данных, а также с индивидуальными особенностями организации учебных подразделений академии выходом в сеть Интернет, стабильностью ее работы и передачи данных. В этой связи целесообразно инициировать в академии выработку правовых аспектов, которые позволили бы преподавателям работать в домашних условиях при переводе студентов на дистанционную форму обучения. Такая работа преподавателей и учителей практикуется во всем мире. В качестве отчетности такой работы выступают скриншоты или записи проводимых учебных мероприятий.

Немаловажным фактором является то, что в ходе дистанционного обучения преподаватели и студенты выступают субъектами интерактивного взаимодействия. Средствами осуществления такого взаимодействия могут быть различные электронные оболочки, сервисы и программы. К ним можно отнести электронную почту, мобильные мессенджеры, программы для организации телеконференций и форумов и т. д. Поэтому при определении средств дистанционной связи с обучаемыми, преподаватель должен исходить из возможности и готовности студентов в организации обратной связи. Эти средства связи должны быть максимально знакомы и интуитивно понятны студентам. В ходе дистанционного общения со студентами максимально должны быть задействованы мессенджеры и электронные браузеры, которыми мы привыкли пользоваться в повседневной жизни. И, безусловно, к этому студентов необходимо готовить.

На своем опыте могу сказать, что такую работу со студентами необходимо проводить в рамках дистанционных консультационных занятий, в тот период времени, когда у них есть возможность личного общения с преподавателем в период проведения аудиторных занятий. Тогда же для проверки знаний студентов целесообразно внедрять дистанционные формы опроса. Это позволит студентам адаптироваться к дистанционной работе с преподавателем и тем самым поможет им организовать необходимую связь с преподавателем в любой сложившейся ситуации. Преподавателю эти мероприятия также полезны, так как позволяют поддерживать постоянный контакт со своими студентами, оперативно доносить до них текущую информацию и предоставлять доступ к учебным материалам, а также «оттачивать» навыки своей педагогической деятельности и развиваться в сфере информационных и коммуникационных технологий. Более того такие онлайн технологии, как аудио и видеоконференции необходимо активно внедрять при проведении заседаний кафедры и семинаров, а также советов факультетов и других мероприятий, позволяющих дистанционное общение. Это способствовало бы развитию навыков и возможностей в педагогической деятельности сотрудников академии.

Создание электронных образовательных ресурсов, как правило, предполагает разработку и применение процедур накопления, систематизации, хранения, преобразования и защиты знаний. Знания хранятся в специализированных хранилищах, называемых базами знаний. Работу по организации и реализации процесса обучения можно разделить на два этапа:

- 1) подготовительный этап подразумевает создание и наполнение преподавателем электронного курса логически структурированной учебной информацией. При этом с учетом специфики предмета предусматривается возможность консультирования студентов и планируется учебная деятельность;
- 2) основной этап подразумевает организацию учебной деятельности слушателей в строгом соответствии с планом, а также корректировку учебного материала и структуры электронного курса.

При этом могут применяться специализированные инструментари. Среди огромного разнообразия специализированных программных средств для обучения хочу выделить сетевую платформу «Moodle» [7]. Moodle сейчас используют не только в университетах, но и в колледжах, училищах, школах. Система распространяется бесплатно, как Open Source-проект, т. е. проект с открытым и изменяемым компьютерным кодом. Система может работать практически с любой системной средой и поддерживает практически любую базу данных.

С помощью Moodle можно запланировать и организовать разнообразные формы учебно-познавательной деятельности студентов, а также способы интерактивного взаимодействия с преподавателем [8]. Основными компонентами сетевой образовательной платформы являются подсистема управления обучением и подсистема управления учебным контентом. При этом используются модули приобретения и контроля знаний, умений и навыков, такие как лекция, веб-страница, задание, тест. Хочется отметить, что инструментарий системы Moodle позволяет создавать для обучения студентов лекции-тренинги. Это многостраничный документ, последовательный доступ к страницам которого осуществляется посредством ответов на тестовые вопросы предшествующей им страницы. При правильном ответе на все поставленные вопросы по опрашиваемому контенту осуществляется дальнейшее движение по страницам документа, в противном случае обучающийся вынужден возвратиться к просмотренной им странице, более детально изучить и разобраться с ее содержимым. Таким образом, пройти лекцию-тренинг, а значит получить зачетные баллы по теоретическому курсу дисциплины, возможно только разобравшись с основными понятиями учебного материала. Это позволяет преподавателю вовлечь студентов в учебный процесс, получить обратную связь по предоставляемому теоретическому материалу и оценить мотивированность и стремление к обучению своих студентов.

Организация интерактивности в Moodle производится с помощью форума и чата. В модуле системы «Глоссарий» можно сформировать основные определения, термины и формулы дисциплины, а также информацию пояснительного характера.

В системе Moodle ведется жесткое администрирование. Каждый пользователь при входе в систему должен зарегистрироваться, т. е. войти в нее под своим логином и паролем. Данные о пользователях и их действиях фиксируются в реестре действий системы. Вошедшему в систему предоставляются определенные права и функциональные возможности, которые делятся на пять категорий: права администратора, права преподавателя – создателя курса, права преподавателя – наблюдателя, права студента и гостя. Для обмена информацией между пользователями в системе предусмотрены соответствующие подсистемы.

За работоспособность и управление системы Moodle отвечает администратор, поэтому именно он обладает неограниченными функциональными возможностями в рамках этой системы и программно «распределяет роли» между остальными категориями пользователей. При формировании учебного плана, администратор может указать очередность прохождения учебных курсов. Он так же отвечает за защиту и сохранность информации системы и при необходимости может производить ее резервное копирование.

За создание, наполнение и планирование курса отвечает ведущий преподаватель дисциплины, поэтому именно ему, как правило, предоставляются функциональные возможности преподавателя – создателя курса. Эти возможности позволяют формировать учебный контент в виде структурированных мультимедийных учебников дисциплины, планировать его изучение, организовывать опрос студентов и их консультации, а также анализировать их активность и результаты. Функциональные возможности преподавателя – наблюдателя ограничиваются лишь ведением учебного процесса и его анализа и не позволяют данной категории пользователей без ведома создателя курса вносить изменения в учебный материал, предоставляемый студентам.

Студент может получить доступ только к тем учебным курсам и материалам, которые включены в учебные планы специальности или специализации, по которым он обучается. Причем из этих курсов в конкретный момент времени студенту предоставляются только те, которые соответствуют его году обучения.

Обучаемому в Moodle предоставляется возможность просмотра текстовых документов различных форматов, электронных таблиц, презентаций, файлов изображений, аудио и видеозаписей. В качестве учебных материалов могут выступать: электронный учебник и тренинги; архив учебных материалов (zip -файл); ссылка на ресурс в Интернете. Студент изучает предложенные ему учебные материалы, знакомится с рекомендованной литературой, контактирует с преподавателем-консультантом и другими студентами, проверяет свои знания, выполняя задания преподавателя. Задания могут предоставляться в виде текстового файла форматов: DOC, TXT, HTML, PDF, а также в виде рисунков. Эти материалы могут скачиваться или просматриваться непосредственно в системе. Отчеты по заданиям представляются студентами в виде текстового документа, к которому может быть прикреплен со-

зданный им файл любого формата (кроме исполнимых файлов). Выполненные задания попадают к преподавателю-консультанту для проверки, по результатам которой система автоматически формирует сводные итоговые таблицы сдачи студентами испытаний, запланированных в курсе дисциплины.

Самопроверка и оценка знаний студентов в Moodle может проходить в виде сдачи тестов. Для этого в системе существует два типа тестов – для самопроверки и для проверки знаний. Оба типа тестов отличаются только способом доступа, форматом отображающихся результатов, а также возможностью или невозможностью повторного прохождения теста. В тестах предусмотрено пять типов вопросов: вопрос закрытой формы; вопрос на последовательность; вопрос на соответствие; вопрос на единственное соответствие; вопрос с фиксированным ответом. Заключительным этапом работы с учебным курсом является сдача итогового теста, который может быть сформирован из тестовых заданий промежуточного контроля знаний. Тесты оцениваются системой автоматически, а результаты по ним заносятся в сводные итоговые таблицы.

Гостевой доступ к курсу предусматривает лишь ознакомление с его материалами и организуется в системе Moodle только с разрешения создателя курса или администратора системы.

Хочется отметить, что на протяжении ряда лет система Moodle внедряется в учебный процесс БГСХА в виде сайта системы дистанционных образовательных технологий для студентов заочной формы обучения (рис. 1).

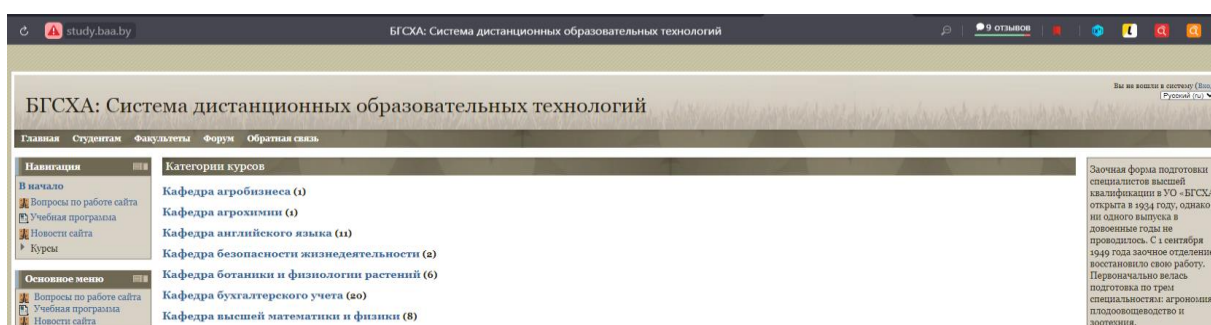


Рис. 1. Фрагмент главной страницы системы дистанционных образовательных технологий БГСХА

Сегодня этот сайт находится на внешнем хостинге академии, его техническую поддержку осуществляют сотрудники центра развития информационных технологий, а наполнением курсов и предоставлением доступа студентам к этому ресурсу занимается методист заочного отделения. На данный момент в системе дистанционных образовательных технологий БГСХА сосредоточены основные учебные материалы, входящие в учебно-методические комплексы дисциплин различных специальностей заочного отделения и она работает как раздатчик учебных материалов согласно учебным планам этих специальностей. При этом потенциал этой системы намного шире, чем используется сегодня. В свое время с разрешения администрации академии мне были предоставлены в системе дистанционных образовательных технологий БГСХА права преподавателя-создателя курса и на базе ее ресурсов подготовлен и зарегистрирован электронный учебно-методический комплекс дисциплины (ЭУМКД) «Математика» для студентов специальности 1-74 06 01 Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства [9]. Вид и содержание этой методической разработки представлены на рис. 2.

На протяжении уже четырех лет представленный выше ЭУМКД используется в учебном процессе студентами как заочной, так и очной форм обучения. В данной разработке были максимально задействованы возможности системы Moodle, поэтому на своем примере могу сказать следующее:


- 1) подсистемы управления обучением и управления учебным контентом Moodle интуитивно понятны как создателям курса, так и студентам;
- 2) любой преподаватель, владеющий базовыми основами работы на компьютере и в Интернете может освоить Moodle, а накопленные и созданные им или его коллегами электронные учебные материалы позволят реализовать собственный курс.

Чтобы система дистанционных образовательных технологий БГСХА получила новое развитие и использовалась максимально в учебном процессе академии, считаю целесообразным:

- 1) использовать ее не только для студентов заочной формы получения образования, но и студентов стационара;
- 2) вовлечь преподавателей кафедр академии в работу по созданию, планированию и актуализации собственных курсов, предоставив им соответствующие права в системе;

- 3) начать обучение преподавателей академии по работе в системе;
- 4) наладить должное администрирование, стабильность работы и техническую поддержку системы.

**ЭУМК**



Белорусская Государственная сельскохозяйственная академия



по дисциплине

## МАТЕМАТИКА

для специальности:

1-74 06 01 Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства

*Подготовил доцент кафедры высшей математики, к.т.н. Курзенько Сергей Владимирович*

ЭУМК по дисциплине «Математика» представляет собой комплекс систематизированных учебных и методических материалов, а также дидактических средств обучения. Он предназначен для использования в образовательном процессе для специальности: 1-74 06 01 «Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства». ЭУМК разработан в соответствии со следующими нормативными документами:

- ☐ Положение об ЭУМК по дисциплине для вузов Республики Беларусь
- ☐ Кодекс Республики Беларусь об образовании
- ☐ Учебная программа дисциплины

Цель создания ЭУМК - обеспечить качественное методическое оснащение учебно-воспитательного процесса, способствующее подготовке высококвалифицированных специалистов, обладающих современными знаниями, умениями и навыками.

**Нормативные документы:**

- ☐ Пояснительная записка
- ☐ Содержание учебного материала
- ☐ Учебно-методическая карта дисциплины для стационара
- ☐ Учебно-методическая карта дисциплины для заочного отделения
- ☐ Информационно-методическое обеспечение дисциплины

**Теоретический раздел**

☐ Курс лекций

**I СЕМЕСТР**

- ☐ Тематический план чтения лекций в 1-м семестре
- ☐ Лекция 1. Элементы линейной алгебры
- ☐ Тренинг лекции 1
- ☐ Лекция 2. Элементы векторной алгебры
- ☐ Лекция 3. Аналитическая геометрия на плоскости
- ☐ Лекция 4. Введение в математический анализ
- ☐ Лекция 5. Дифференциальное исчисление функции одной переменной
- ☐ Лекция 6. Функция нескольких переменных
- ☐ Лекция 7. Интегральное исчисление функции одной переменной

**II СЕМЕСТР**

- ☐ Лекция 8. Двойные и криволинейные интегралы
- ☐ Лекция 9. Обыкновенные дифференциальные уравнения
- ☐ Лекция 10. Числовые и функциональные ряды
- ☐ Лекция 11. Теория вероятностей
- ☐ Лекция 12. Элементы математической статистики
- ☐ Лекция 13. Элементы математического программирования

**Раздел контроля знаний**

☐ Программа тестирования

- ☐ Элементы векторной алгебры
- ☐ Аналитическая геометрия в плоскости и пространстве
- ☐ Функция одной переменной, ее предел
- ☐ Производная функции
- ☐ Неопределенный и определенный интеграл
- ☐ Дифференциальные уравнения
- ☐ Теория вероятностей
- ☐ Тренировочный тест по линейной алгебре
- ☐ Тренировочный тест по векторной алгебре
- ☐ Тренировочный тест по аналитической геометрии в плоскости и пространстве
- ☐ Контрольный тест 1-го семестра для проверки знаний студентов заочной формы

**Видеоматериалы ресурса [www.matematika5.com](http://www.matematika5.com)**

- ☐ ЛЕКЦИЯ. Матрицы, действия над матрицами
- ☐ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. Действия над матрицами
- ☐ ЛЕКЦИЯ. Определители квадратных матриц. Вычисление определителей
- ☐ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. Определители квадратных матриц. Вычисление определителей
- ☐ ЛЕКЦИЯ. Обратная матрица. Ранг матрицы
- ☐ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. Обратная матрица. Ранг матрицы
- ☐ ЛЕКЦИЯ. Системы линейных уравнений. Решение линейных систем методом Крамера
- ☐ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. Системы линейных уравнений. Решение линейных систем методом Крамера
- ☐ ЛЕКЦИЯ. Скаляры и векторы
- ☐ ЛЕКЦИЯ. Векторы, действия над векторами
- ☐ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. Векторы, действия над векторами
- ☐ ЛЕКЦИЯ. Прямая на плоскости
- ☐ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. Прямая на плоскости
- ☐ ЛЕКЦИЯ. Прямая и плоскость в пространстве
- ☐ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. Прямая и плоскость в пространстве
- ☐ ЛЕКЦИЯ. Кривые второго порядка. Поверхности второго порядка.
- ☐ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. Кривые второго порядка. Поверхности второго порядка.
- ☐ ЛЕКЦИЯ. Функция, основные свойства
- ☐ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. Функция, основные свойства
- ☐ ЛЕКЦИЯ. Основные элементарные функции
- ☐ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. Основные элементарные функции
- ☐ ЛЕКЦИЯ. Предел функции
- ☐ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. Предел функции

**Практический раздел**

- ☐ Методические указания по выполнению контрольной работы студентами заочной формы
- ☐ Методические указания по выполнению контрольной работы студентами заочной формы
- ☐ Высшая математика : учебно-методическое пособие. В 2 ч. Ч. 1

- ☐ Методическая разработка занятий по теме "Элементы линейной алгебры"
- ☐ Методическая разработка занятий по теме "Элементы векторной алгебры"
- ☐ Методические разработки занятий по теме "Аналитическая геометрия на плоскости"
- ☐ Методические разработки занятий по теме "Аналитическая геометрия в пространстве"
- ☐ Методическая разработка занятий по теме "Введение в математический анализ"
- ☐ Методическая разработка занятий по теме "Дифференциальное исчисление функции одной переменной"
- ☐ Методическая разработка занятий по теме "Интегральное исчисление функции одной переменной"
- ☐ Методическая разработка занятий по теме "Функция нескольких переменных"
- ☐ Методическая разработка занятий по теме "Теория вероятностей"
- ☐ Методическая разработка занятий по теме "Математическая статистика"
- ☐ Пособие для проведения практических занятий: часть 1
- ☐ Пособие для проведения практических занятий: часть 2
- ☐ Задания к теме "Элементы линейной и векторной алгебры"
- ☐ Задания к теме "Аналитическая геометрия в плоскости и пространстве"
- ☐ Задания к теме "Введение в математический анализ"
- ☐ Задания к теме "Дифференциальное исчисление функции одной переменной"
- ☐ Задания к теме "Функция нескольких переменных"
- ☐ Задания к теме "Интегральное исчисление функции одной переменной"
- ☐ Задания к теме "Двойные и криволинейные интегралы"
- ☐ Задания к теме "Обыкновенные дифференциальные уравнения"
- ☐ Задания к теме "Числовые и функциональные ряды"
- ☐ Задания к теме "Элементы теории вероятностей"
- ☐ Задания к теме "Элементы математического программирования"
- ☐ РГЗ по теме "Элементы математической статистики"
- ☐ РГЗ по теме "Элементы Математического программирования"

**Дополнительные ресурсы**

- ☐ Новостной форум
- ☐ Словарь терминов и основных формул курса
- ☐ Всё о курсе МАТЕМАТИКА

**Учебники**

- ☐ Морозова И.М. и др. Математика, часть 1
- ☐ Морозова И.М. и др. Математика, часть 2
- ☐ Морозова И.М. и др. Математика, часть 3

**Разработки практических занятий**

- ☐ Каплан И.А. Практические занятия по высшей математике (часть 1)
- ☐ Каплан И.А. Практические занятия по высшей математике (часть 2)

**Задачники**

- ☐ Клетеник Д.В. Сборник задач по аналитической геометрии
- ☐ Минорский В.П. Сборник задач по высшей математике

**Справочники**

- ☐ Воднев В.Т. Основные математические формулы
- ☐ Полянин А.Д. Краткий справочник для инженеров и студентов

Рис. 2. Вид и содержание ЭУМКД «Математика» для студентов специальности 1-74 06 01 Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства, реализованного в системе Moodle

Однако дистанционную работу со студентами можно эффективно организовать и без специализированных инструментариев. Поделюсь опытом такой работы.

Для передачи информации, электронных материалов и offline-опросов достаточно иметь в своем распоряжении компьютер, ноутбук или смартфон. Передавать данные и сообщения удобно через электронную почту или мобильные мессенджеры. В данном случае мобильные мессенджеры по

221



сравнению с электронной почтой обладают рядом преимуществ, так как предназначенные для мобильного общения, постоянно находятся в работе, также как и мобильные устройства, на которых они установлены и, с которыми современный человек практически не расстается [10, 11]. Хочется отметить, что мобильные мессенджеры при необходимости легко адаптируются для работы с компьютером или ноутбуком, что является полезным в работе и расширяет возможности этих программных средств связи. Еще одним положительным моментом является то, что мобильные мессенджеры позволяют легко, без дополнительных настроек и затрат организовывать как групповое общение, так и индивидуальное общение со студентами. Однако при организации связи со студентами нет необходимости полностью отказываться от электронной почты, так как резервный канал связи иногда может оказаться полезным. Чтобы работать по этому каналу связи необходимы актуальные адреса электронной почты студентов, а этой информацией не каждый студент готов делиться с преподавателем. В этой же связи хотелось бы отметить, что для дистанционной работы со студентами преподавателю желательно завести отдельный почтовый ящик для общения со студентами, а также воспользоваться возможностями используемого интернет-портала для хранения информации в выделенном пространстве его серверов (например, Яндекс или Гугл Диска). Это позволит упростить задачу управления входящего и исходящего контента, а также обезопасить себя от потери важной личной информации.

Оперативную связь со своими студентами и раздачу учебных материалов я, например, осуществляю в Viber через формирование учебных сообществ (рис. 3). Для этого создаю и оформляю новое

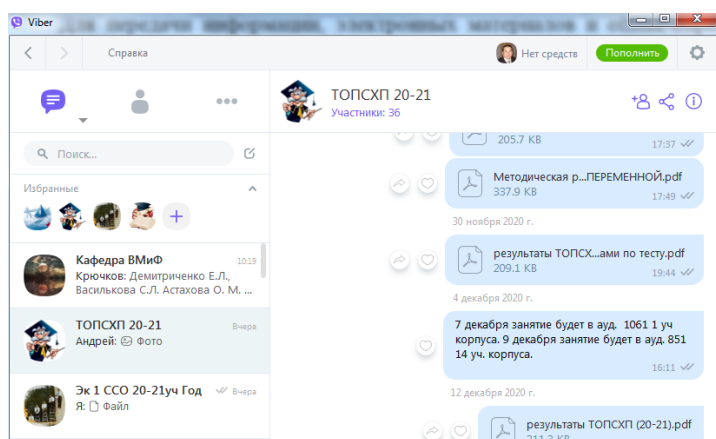


Рис. 3. Организация дистанционной работы со студентами через сообщества Viber

сообщество или использую уже имеющееся, очищая из него ненужную информацию и старых участников. После этого на первом же лекционном занятии с помощью пригласительной ссылки на это сообщество предоставляю возможность зарегистрироваться в нем старост или представителей учебных групп. Все остальные студенты учебной группы становятся участниками этого сообщества аналогичным образом, но через допущенных в сообщество представителей. Тем самым в течение практически одного занятия у меня есть возможность передать любую информацию своим студентам, выкладывать для них учебные материалы, организовать их опрос и отвечать

на их вопросы.

Преимуществом такой организации канала связи со студентами является то, что ни преподаватель, ни студенты не видят номеров телефонов участников сообщества, при этом все участники имеют возможность в нем общаться, обмениваться файлами и создавать из них коллекцию. Причем любому участнику, присоединившемуся к сообществу даже по прошествии некоторого времени, будут доступны все сообщения и материалы, размещенные в нем. Управление сообществом осуществляет преподаватель (как его создатель), поэтому только ему разрешено удалять из сообщества неактуальную или ненужную информацию. Это обеспечивает сохранность данных в сообществе и предотвращает появление в нем посторонних участников.

Как уже отмечалось ранее, для учебных целей будет не лишним иметь резервный канал связи со студентами. Для его организации я поступаю следующим образом:

- 1) предлагаю студентам завести отдельные почтовые ящики специально для учебных целей. Это бесплатно, и любой современный студент без труда с этим справится. Например, это можно сделать на интернет-портале Гугл;
- 2) создаю в Гугл-форм простой тест по основам школьной математики с предварительной регистрацией студентов. В основные вопросы регистрации включаю: адрес электронной почты, фамилию, имя, отчество студента, специальность и номер его учебной группы (рис. 4);
- 3) предлагаю участникам организованного сообщества пройти созданный мною тест.

Тем самым в результате такого опроса я получаю информацию не только о базовой подготовке по математике отдельно взятого студента учебной группы, но и необходимую для организации дистанционного обучения альтернативную с ним обратную связь.

Аналогичным образом можно организовать и провести дистанционный тестовый опрос студентов по разделам преподаваемой дисциплины [2, 3, 12].

Организовать дистанционные занятия со студентами в режиме реального времени (online занятия) гораздо сложнее. В данном случае задействуются онлайн форматы, т.е. сервисы для проведения вебинаров, аудио или видеоконференций [4, 5, 6]. Как правило, работают эти сервисы совместно с другими программными средствами, позволяющими демонстрировать различные интерактивные учебные материалы, подготовленные преподавателем. Так как такая связь со студентами предполагает непосредственное общение, то для использования в этом случае персонального компьютера понадобятся как минимум наушники с микрофоном или веб-камера.

Для группового проведения online лекционных и практических занятий со студентами я использую сервис Zoom. При этом мной используется ноутбук или стационарный компьютер с подключенными к нему периферийными устройствами. Хочется отметить, что для организации работы в Zoom, преподавателю понадобится его установка на устройство, с которого предполагается проведение занятия, и регистрация в этом приложении. Причем здесь могут возникать определенные проблемы, так как сервис Zoom допускает установку на устройства только с определенными техническими требованиями и операционными системами. Что касается студентов, то им не нужно специально устанавливать программу Zoom. В конференцию, организованную преподавателем, они могут попасть только по приглашительной ссылке через интернет-браузер любого ноутбука, компьютера, планшета или смартфона. Преподаватель, как администратор конференции, имеет возможность отключать микрофоны у ее участников, оставив звук только у выступающих, записывать и сохранять ход мероприятия, ставить на паузу и продолжать запись с определенного момента.

Уже в бесплатной версии этого интерактивного сервиса можно организовать онлайн мероприятие с участием до 100 пользователей и непрерывным его проведением в течение 40 минут. Чтобы продолжить это мероприятие достаточно сделать несложные манипуляции, затратив 1–2 минуты для повторного входа в проводимую конференцию. Сервис Zoom поддерживает высокое качество видео и звука, его многофункциональность не влияет на работу программы. Помехи со связью обычно связаны с плохим интернет соединением пользователей, а не с проблемами площадки.

Zoom обладает широким инструментарием. Даже в бесплатной его версии предлагается несколько вариантов работы с экраном. Во время демонстрации на экране учебных материалов можно сделать видимым движение по ним курсора, дополнять демонстрируемые материалы текстом, схемами, рисованными элементами. Нарисованные фрагменты можно удалять и перемещать по экрану.

Для обсуждения проводимого мероприятия в Zoom можно воспользоваться чатом этого сервиса. Этой возможностью обладает как преподаватель, так любой студент, участвующий в мероприятии. Чтобы обсуждать что-то с одними участниками и не отвлекать при этом других, можно создать отдельные сессионные залы прямо в ходе мероприятия, группируя в них его участников. Свое личное отношение к сказанному или увиденному участники мероприятия могут выразить с помощью стикеров «реакции». Например, используя стикер «поднять руку», студент может обратить внимание преподавателя на то, что в ходе проведения мероприятия у него возникли вопросы или предложения.

Таким образом, online демонстрация учебных материалов и использование интерактивных возможностей сервиса Zoom позволяет приблизить дистанционное занятие со студентами к традиционному аудиторному занятию. Для более качественного и комфортного проведения занятий в Zoom, я бы советовал преподавателям использовать при демонстрации учебных материалы с их звуковыми комментариями. Звуковое оформление учебных материалов можно выполнить как в специализированный скрин-рекордерах, так и в самом Zoome.

### **Заключение**

Имея определенный опыт дистанционной работы со студентами, принимая во внимание их базовую подготовку и мотивированность к самостоятельному изучению дисциплин, хочется признать, что альтернативы традиционным очным занятиям в БГСХА нет. Однако, несмотря на это внедрять в учебный процесс академии элементы дистанционного обучения необходимо как для студентов-заочников, так и для студентов очной формы обучения. Такие мероприятия позволят преподавателю планировать и организовывать для студентов раздачу учебных материалов и заданий, отработку занятий, разнообразные формы учебно-познавательной деятельности и интерактивного взаимодействия, дистанционно производить их консультацию и опрос. Это будет только способствовать развитию навыков и возможностей в педагогической деятельности сотрудников академии, а так же их развитию в сфере информационных и коммуникационных технологий. Очевидна польза таких мероприя-

тий и для студентов академии. Внедрение в учебный процесс элементов дистанционного обучения позволит студентам установить постоянную связь с преподавателем дисциплины и при необходимости получить от него консультацию по возникающим вопросам. Наиболее мотивированным студентам это позволит совершенствоваться и развиваться в освоении учебных дисциплин.

В данной статье приведен обзор и возможности различных инструментариев, применяемых на кафедре высшей математики и физики, для организации дистанционного обучения студентов академии. С учетом приобретенного опыта удаленной работы со студентами, предложены рекомендации по совершенствованию и развитию имеющейся в академии системы дистанционных образовательных технологий, созданной на базе Moodle, а также рассмотрены возможности внедрения дистанционных принципов обучения в учебный процесс академии с помощью сервисов Viber, Гугл-форм и Zoom.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция информатизации системы образования Республики Беларусь на период до 2020 года (утв. Министром образования РБ 24 июня 2013 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edu.gov.by/statistics/informatizatsiya-obrazovaniya>. – Дата доступа: 20.12.2020.

2. Дистанционный всеобуч: возможности сервисов Google [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // <http://e-asveta.edu.by/index.php/distancionni-vseobuch/obuchenie-online/servisy-google-v-obrazovanii/53-google>. – Дата доступа: 01.04.2019.

3. Продукты Google [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.google.ru/about/products>. – Дата доступа: 01.04.2019.

4. Маслихова, Л. И. Дистанционное обучение. Проблемы и перспективы / Л. И. Маслихова // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Социально-гуманитарные науки. – 2015. – № 3(7). – С. 94–99.

5. Романова, Н. Л. Онлайн-курсы как инновационная форма дистанционного обучения / Н. Л. Романова // Педагогика высшей школы. – 2018. – № 2. – С. 5–8.

6. Смирнова, Ж. В. Дистанционное образование как процесс управления обучением / Ж. В. Смирнова // Мир науки. – 2017. – Том 5. № 2. – С. 1–7.

7. Анисимов, А. М. Работа в системе дистанционного обучения Moodle: учебное пособие. 2-е изд. испр. и дополн. / А. М. Анисимов – Харьков, ХНАГХ, 2009. – 292 с.

8. Курзенков, С. В. Использование сетевой платформы Moodle для создания образовательных ресурсов / С. В. Курзенков // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: Сб. науч. тр. Вып. 8. Международной научной конференции / под общ. ред Ю. А. Мажайского, В. И. Желязко – М.: ООО «Сам Полиграфист», 2020. – С. 314–316.

9. Курзенков, С. В. Математика: электронный учебно-методический комплекс для самостоятельной работы студентов специальности 1-74 06 01 Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства [Электронный ресурс] / С. В. Курзенков – Регистрационное свидетельство НИРУП «ИППС» №7271711975 от 09.06.2017. – Режим доступа: <http://study.baa.by/course/view.php?id=175>, с регистрацией.

10. Власова, Н. Мессенджеры как обучающая среда: статья для конкурса «Большая перемена» [Электронный ресурс] / Н. Власова, 2019 – Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/media/digitalteacher/messendjery-kak-obuchaiuscaia-sreda-5d09078dee9efa00afeeba19>, свободный.

11. Неронова, Л. Н. Социальные сети и мессенджеры как инструменты взаимодействия классного руководителя с учащимися, их родителями и с коллегами: методическая разработка [Электронный ресурс] / Л. Н. Неронова, 2019 – Режим доступа: <https://nsportal.ru/shkola/raznoe/library/2019/10/29/sotsialnye-seti-i-messendzhery-kak-instrument>, свободный.

12. Курзенков, С. В. Компьютерное тестирование, как элемент образовательного процесса в вуз / С. В. Курзенков, Е. Н. Крючков // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: Сб. науч. тр. Вып. 8. Международной научной конференции / под общ. ред Ю. А. Мажайского, В. И. Желязко – М.: ООО «Сам Полиграфист», 2020. – С. 312–314.



## ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ КРУГОЗОР

УДК 633.37(476)

### НОВАЯ ПЕРСПЕКТИВНАЯ КОРМОВАЯ КУЛЬТУРА ДЛЯ УСЛОВИЙ БЕЛАРУСИ – ПАЖИТНИК ГРЕЧЕСКИЙ (*TRIGONELLA FOENUM GRAECUM L.*)

И. М. НЕСТЕРОВА

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: nesterova2233@mail.ru

(Поступила в редакцию 05.01.2021)

В практике сельского хозяйства Беларуси в последнее время все большую актуальность приобретает расширение ассортимента кормовых культур за счет интродукции перспективных, новых и малораспространенных культур.

Одной из таких культур является пажитник греческий. Наибольшую известность в мире получил пажитник греческий (*Trigonella foenum graecum L.*), или пажитник сенной, окультуренный еще во времена Древней Греции и Рима. В народе его называют фенугрек, чаман, треуголка, греческое сено, верблюжья трава.

Пажитник греческий, сенной (*Trigonella foenum graecum L.*) – однолетнее бобовое, травянистое, рыхло-ветвистое растение, достаточно засухоустойчивое.

Корень стержневой, разветвленный, проникающий в почву, в отличие от многолетних видов, на незначительную глубину. Главный побег прямостоячий, высотой 50–80 см, боковые побеги – наклонно-восходящие.

Листья похожие на клеверные тройчатые, длинночерешковые с прилистниками, яйцевидно-продолговатые, сверху темно-зеленые, снизу – серо-зеленые, тройчатые. Листочки сложного листа – от яйцевидных до продолговато-ланцетных, длина их 2–3 см, ширина 1,0–1,5 см, в верхней части – зубчатые. Прилистники – яйцевидные, заостренные, цельные.

Цветки имеют мотыльковое строение, характерное для большинства видов *Fabaceae*, средней величины в зонтиках или кистях, обычно желтоватые или желтовато-белые, расположены отдельно или по два. Цветки крупные, открытые, хорошо посещаются пчелами. Цветки обладают признаками, характерными как для перекрестноопыляющихся (окрашенный венчик, двубратственные тычинки, нектарник), так и для самоопыляющихся растений (пыльники расположены на одном уровне с рыльцем пестика, созревание пыльцы и рыльца происходит одновременно).

Венчик цветков бледно-желтый и состоит из пяти неодинаковых лепестков. Чашечка трубчатая, вдвое короче венчика, зубцы ее равны трубке. Венчик длиной 13–18 мм, беловато-желтый, к основанию слегка фиолетовый. В раскрытом цветке парус отогнут назад. Лепестки-лодочки на верхушке срастаются и скрывают пестик из десяти двубратственных тычинок, из которых девять тычинок сростлись в незамкнутую трубку.

Боб линейный, прямой, реже изогнутый, длиной 6–10 см, толщиной 4–6 мм, голый или опушенный, постоянно суженный в прямой носик, длиной 2,0–2,5 см. На одном растении образуется от 6 до 20 бобов, в каждом из которых насчитывается от 5 до 20 семян.

Семена округлые, продолговатые, длиной до 5 мм, тонко-бугорчатые, шириной 2–4 мм, толщиной около 2 мм, неправильной ромбовидной или треугольной формы, в очертании желто-оливково-зеленого (от желто-коричневого до темно-коричневого) цвета, очень твердые, гладкие, морщинистые или бугорчатые. На одной стороне семени в углублении имеется рубчик. Внутри семени имеются две боль-

шие семядоли зародыша, стебелек и зачаточный корешок. Запах семян, особенно размолотых, сильный, пряный и характерный. Вкус слабо-горький, маслянистый и мучнистый. Растения пажитника, также, как и семена, обладают сильным характерным запахом, усиливающимся во время цветения, обусловленным наличием кумарина.

Ученые характеризуют его как однолетнее травянистое растение, не уступающее по содержанию белка люцерне, и отмечают, что и по внешнему виду он очень похож на люцерну. Цветет в июне, семена созревают в июле – августе. Также он способен накапливать до 90 кг/га молекулярного азота и является хорошим предшественником для многих сельскохозяйственных культур, прежде всего зерновых, рапса, льна.

Является хорошим медоносом и способен производить 30–70 кг меда с 1 га посевов.

Пажитник представляет интерес как кормовое и лекарственное растение, в 1 кг сухого вещества надземной массы которого содержится 30,0 % сырого протеина, 13,96 МДж обменной энергии. По количеству незаменимых аминокислот и витаминов он занимает одно из лидирующих мест среди бобовых растений. Это культура чрезвычайно скороспелая (вегетационный период 65–90 дней), поэтому представляет ценность и как пожнивная культура, с урожайностью 25 т зеленой массы и выше. Преимуществами данной культуры являются: способность сохранять высокие кормовые достоинства во все фазы роста; неприхотливость; засухоустойчивость; холодостойкость; размножение семенами, возделывание на зеленую массу, сено, сенаж, травяную муку как на пашне, так и на пастбищах.

Одним из ценных свойств этого растения является то, что оно быстро разлагается в земле и служит хорошим зеленым удобрением.

Зеленая масса пажитника является прекрасным волокнистым кормом для крупного рогатого скота и хорошо усваивается организмом животных. Достоинством пажитника является отсутствие тимпании при скармливании скоту, что было подтверждено многочисленными исследованиями.

В семенах пажитника содержится кумарин, холин и тригонелин, которые действуют на повышение аппетита, подъем силы и энергии у животных. Поэтому пажитник возделывают и используют в первую очередь на корм рабочему скоту.

Отличительной особенностью пажитника является высокая устойчивость к различным заболеваниям и вредителям. Пажитник из-за специфического запаха, которым обладают растения и семена, является очень устойчивым к атакам животных и насекомых, и в литературных источниках не содержится информации о серьезных повреждениях этих растений.

Внедрение в условиях Беларуси производства пажитника как новой бобовой культуры будет способствовать стабилизации кормопроизводства, улучшению качества производимых грубых кормов, обеспечению сбалансированности рационов животных переваримым протеином, жизненно важными макро- и микроэлементами, снижению себестоимости животноводческой продукции.

Однако, несмотря на всю значимость, культура в условиях Беларуси до недавнего времени не изучалась. Впервые ее изучение как ценной кормовой культуры было начато в стенах Белорусской сельскохозяйственной академии в рамках международного белорусско-венгерского проекта «Перспективные кормовые и альтернативные растения и их использование в Беларуси и Венгрии, влияние почвенных и климатических условий на интродуцированные виды» [1].

Научные исследования проводились на территории УНЦ «Опытные поля УО БГСХА» Горецкого района Могилевской области. Было заложено три варианта опыта.

Опыт 1. Изучить особенности роста и развития культуры, дать сравнительную оценку продуктивности различных сортов пажитника для возделывания на кормовые цели и семена, изучить биохимический состав культуры, дать оценку питательной и энергетической ценности пажитника греческого в условиях Беларуси. Для изучения особенностей роста, развития и продуктивности были использованы следующие сорта различного географического происхождения: 1. Ovari-4 (контроль); 2. Ovari Gold; 3. Н-26; 4. Chiadonha; 5. Gharkamon

В условиях северо-восточной части Республики Беларусь изучаемые сорта пажитника греческого различного географического происхождения проходили все этапы онтогенеза и обеспечивали получение 14,5–20,8 т/га зеленой массы, 2,90–4,16 т/га сухого вещества и 590–1074 кг/га семян. Наиболее коротким вегетационным периодом характеризовался сорт Chiadonha, который достигал укосной спелости (фаза начала цветения) через 23 дня от появления всходов, а полной спелости семян – через 85 дней. Данный сорт обеспечивал получение 20,8 т/га зеленой массы и 1074 кг/га – семян. Это превышало среднее по пяти изученным сортам на 3,4 т/га зеленой массы (19,5 %) и на 256 кг/га (31,3 %) семян.

Полученные результаты проведенного биохимического анализа показали, что содержание сырого протеина как в сухой массе, так и в семенах всех изучаемых сортов пажитника греческого было высоким и превышало его содержание в других бобовых культурах. Так, максимальное содержание сырого протеина в сухой массе травы и в семенах, было выявлено у скороспелого сорта *Chiadonha* – 23,1 % от абсолютно сухого вещества травы и 30,0 % – в семенах, при средних значениях этих показателей по изучаемым сортам соответственно 20,3 % и 28,3 %.

Содержание сырого жира в сухом веществе травы у всех изученных пяти сортов пажитника греческого отвечало зоотехническим нормам. Самый высокий уровень был выявлен у раннеспелого сорта *Chiadonha*: 3,37 %, или 33,7 г, в 1 кг сухого вещества травы и 7,25 %, или 72,5 г/кг, – в сухом веществе семян. Все сорта содержали сырую клетчатку, как в сухой массе, так и в семенах, в оптимальных пределах (22–24 %).

Таким образом, результатами исследований подтверждено, что пажитник греческий – однолетняя бобовая культура, действительно имеет высокое содержание протеина, жира, БЭВ, а также минеральных элементов – фосфора, калия, кальция, магния, находящихся в нем в соответствии с требованиями зоотехнических норм.

Обобщенные результаты исследований показали, что все изучаемые сорта пажитника греческого имели высокую питательную и энергетическую ценность зеленой массы и семян. Наибольшее содержание валовой энергии было получено у сорта *Chiadonha* и составило: 18,91 МДж/кг в сухой массе корма и 20,72 МДж/кг – в сухой массе семян, аналогичная тенденция прослеживалась и по количеству обменной энергии, содержанию кормовых единиц в сухой массе корма и семян, переваримому протеину и по обеспеченности кормовой единицы переваримым протеином.

Опыт 2. Чтобы установить оптимальные сроки сева пажитника греческого для условий северо-восточного региона Беларуси, были проведены полевые опыты с четырьмя сроками посева, с интервалом в 15 дней: 1. ранневесенний (начало мая – 1 мая); 2. весенний (середина мая – 16 мая); 3. поздневесенний (начало июня – 1 июня); 4. летний (середина июня – 16 июня). В опыте использовались два сорта: среднеспелый сорт Венгерской селекции *Ovari 4* и раннеспелый сорт Испанской селекции – *Chiadonha*. Норма высева семян – 2 млн./га всхожих семян. Посев проводился рядовым способом с шириной междурядий 30 см. Глубина заделки семян – 1,5–2 см.

Результаты исследований показали, что посевы, проведенные в весенний срок, формировали наиболее высокую урожайность зеленой массы и семян по сравнению с остальными. Статистическая оценка данных урожайности по НСР<sub>05</sub> подтверждала достоверность этих различий. Высевать пажитник греческий на зеленую массу и семена рекомендовано во второй декаде мая. При этом обеспечивается максимальная урожайность зеленой массы – 20,8 т/га и семян – 1029 кг/га.

Опыт 3. Для изучения влияния норм высева на урожайность зеленой массы и семенную продуктивность изучались 4 нормы высева пажитника греческого: от 2,0 до 5,0 млн. семян на 1 га с интервалом 1,0 млн. штук. Были отобраны два сорта: среднеспелый сорт венгерской селекции *Ovari-4* и раннеспелый сорт испанской селекции *Chiadonha*. В качестве контроля была выбрана норма высева семян 2 млн. всхожих семян на 1 га. Посев был проведен в чистом виде в первую декаду мая, ширина междурядий составила 30 см.

В зависимости от хозяйственного использования следует высевать пажитник греческий с нормой высева 4 млн. шт/га всхожих семян на зеленую массу и 2 млн. шт/га – на семена, которые обеспечивали получение максимальной урожайности – 23,7–30,3 т/га зеленой массы [1].

Еще большую ценность пажитник представляет, как лекарственное растение, особенно семена, которые используются в фармакологии многих стран мира, в том числе в Европе. В растении содержатся биологически активные вещества (БАВ), которые относятся к классу стероидных сапонинов и являются производными диосгенина, который широко используется в фармацевтической промышленности для получения гормональных препаратов. Стероидные сапонины, содержащиеся в семенах пажитника, обладают широким спектром биологической активности. На мировом фармацевтическом рынке на основе семян *T. foenum graecum* L. выпускаются биологически активные добавки антидиабетического, лактогонного, гипохолестеринемического действия [2–4].

Пажитник, как лекарственное растение, заинтересовал белорусских исследователей, которые углубили его изучение в направлении расширения сырьевой базы фитопрепаратов. Для этого на базе Центрального ботанического сада НАН Беларуси проводятся работы по изучению лекарственных растений для дальнейшей их интродукции в условиях Беларуси [5].

На основе комплексных исследований был создан сорт совместной белорусско-венгерской селекции Овари голд бел для возделывания на приусадебных участках во всех областях Беларуси (Свидетельство на сорт №0002895 от 29.12.2012 г.) [6]. В 2013 году данный сорт был включен в государственный реестр сортов Республики Беларусь [7].

Несмотря на то, что проведение исследований по данной культуре в стенах академии было временно приостановлено, исследования по данной культуре будут продолжены.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Нестерова, И. М. Возделывание и использование пажитника греческого (*Trigonella foenum graecum* L.) в Беларуси: монография / И. М. Нестерова. – Горки: БГСХА, 2016. – 172 с.
2. Экономическое обоснование использования пажитника сеного в качестве сырья для производства стероидных препаратов / В. М. Мулевич [и др.] // Химико-фармацевтический журнал. – 1977. – Т. XI. – № 2. – С. 138–140.
3. Petropoulos, G. A. Agronomic, genetic and chemical studies of *Trigonella foenum graecum* L. / G. A. Petropoulos // PhD. Thesis / Bath University. – England, 1973.
4. Shah, M. A. Effect of dietary fenugreek seed on dairy cow performance and milk characteristics / M. A. Shah, P. S. Mir // *Canad. J. anim. Sc.* – 2004. – Vol. 84, № 4. – P. 725–729.
5. Плечищик (Агабалаева), Е. Д. Пажитник греческий (*Trigonella foenum graecum* L.) как источник широкого спектра биологически активных соединений / Е. Д. Плечищик (Агабалаева), Л. В. Гончарова, Е. В. Спиридович, В. Н. Решетников // Труды Белорусского государственного университета. Сер. Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. – 2009. – Т. 4, часть 2. – С. 138–146.
6. Агабалаева, Е. Д. Физиолого-биохимические особенности представителей рода *Trigonella* при интродукции в условиях Беларуси: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.01.05 / Е. Д. Агабалаева; ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси». – Минск, 2015. – 20 с.
7. Сорта, включенные в Государственный реестр – основа высоких урожаев. Характеристика сортов, включенных в Государственный реестр. Часть VIII. – Минск, 2013. – 236 с.

## **ОБЗОРЫ. ФРАГМЕНТЫ. РЕЦЕНЗИИ**

### **РЕЦЕНЗИЯ НА МОНОГРАФИЮ ПРОФЕССОРА Ф. В. ЗИНОВЬЕВА «ТРУД ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ УНИВЕРСИТЕТА» (Симферополь, Издательство «Феникс» 2020г., объём 144с.)**

**М. З. ФРЕЙДИН**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407*

*(Поступила в редакцию 11.01.2021)*

За последние годы в печати часто публикуются статьи, раскрывающие различные аспекты деятельности преподавателей высшей школы. В них рассматриваются методы работы преподавателей, условия их труда, факторы, формирующие содержание труда, мотивацию к трудовой активности, оценки результатов деятельности.

Теоретические аспекты деятельности преподавателей раскрывали в своих исследованиях: А. О. Блинов, И. С. Вознесенский, Т. П. Волкова, И. Ф. Зиновьев, Н. А. Овчаренко, О. М. Исаева, а практическую деятельность преподавателей университета изучали: А. О. Егоренко, Д. А. Потеев, О. П. Зайцева, С. Д. Резник, Н. В. Романов. Тем не менее, многие вопросы остаются за рамками исследований.

Но, как это ни удивительно, нет исследований и публикаций о самом содержании трудовой деятельности преподавателей: структуре затрат времени на выполняемые функции трудового процесса в аудитории и вне её, тем более не рассматривается вся гамма жизни и деятельности преподавателей, среда их деятельности, современные проблемы и пути их решения. Динамическое развитие современной жизни требует переосмысления сложившихся стереотипов в труде преподавателей. В этом отношении предлагаемая читателям монография, несомненно, восполняет этот пробел.

В монографии удачно рассматриваются теоретические, методические и практические аспекты работы преподавателей в современных условиях. Автор монографии знаком с различными аспектами деятельности преподавателей не понаслышке, так как работает в высшей школе более 50 лет. За это время он прошёл путь от ассистента до профессора Федерального университета, основал и руководит научной школой «Непрерывное развитие человеческого потенциала». Опыт его работы представляет несомненный интерес.

В работе представлены четыре направления:

– первое направление раскрывает теоретические и методические основы трудовой деятельности преподавателей высшей школы;

– второе направление характеризует среду и условия деятельности преподавателей, взаимодействие преподавателей с будущими абитуриентами, коллегами, зав. кафедрой, обучающимися и работодателями;

– третье направление позволяет читателю воспринять характеристику потенциала преподавателя, его культуру и уровень компетентности, сущность и содержание труда, достоинства и недочёты в использовании времени, оценить результативность деятельности;

– четвёртое направление раскрывает проектирование совершенствования труда преподавателя, даёт оценку необходимым расходам на реализацию предлагаемых мер, рассматривает критерии качества трудовой деятельности и качества жизни преподавателей.

В книге 14 разделов, которые тесно увязаны с рассматриваемой темой.

Предваряет рассмотрение первый раздел «Современные особенности деятельности университетов», где реально изложены проблемы региональных университетов России, по сравнению с ведущими

ми вузами страны. Показано в чём трудности решения проблем в деятельности преподавателей региональных вузов.

Два следующих раздела посвящены сущности и различным аспектам деятельности преподавателей, в динамично развивающихся условиях образовательного процесса и с учётом особенностей в условиях пандемии и дистанционной формы обучения.

Далее рассматриваются среда деятельности, условия труда преподавателей и раскрывается влияние заведующих кафедрами на повышение эффективности трудовой деятельности преподавателей. Всё это иллюстрируется интересными примерами.

Последующие разделы отведены потенциалу личности преподавателей, мотивации их к эффективной трудовой деятельности и взаимодействию преподавателей и студентов. Считаем это верным подходом к изложению, позволяющим перейти непосредственно к проблеме организации трудового процесса преподавателей. Автор монографии впервые, на наш взгляд, широко рассматривает образ деятельности преподавателей, увязывая его с их образом жизни, аргументирует такой подход убедительными примерами.

Следующий раздел раскрывает содержание труда преподавателей на примере трёх групп преподавателей: начинающих и опытных доцентов, и профессоров. Такой аналитический подход, несомненно, привлечёт внимание преподавателей, так как рассматривается не только структура рабочего времени по функциям, но и по форме деятельности и местонахождению преподавателей. Приводятся расчеты суточного распределения времени.

Правильно подчёркнуто перенапряжение в труде и жизни преподавателей, активно занимающихся своим делом. Особую ценность представляет исследование «поглотителей» времени, чего, к сожалению, не удаётся избежать в работе. Это ранее не рассматривалось, хотя именно это определяет возможности каждого преподавателя, предопределяя его методы работы и жизнедеятельности.

Разделы «Культура труда» и «Саморазвитие» помогут читателям задуматься над проблемами совершенствования трудовой культуры и поддержания здорового образа жизни, что способствует эффективному соотношению трудовой и личной жизни преподавателей, подумать над тем, насколько мы интересны студентам, насколько отвечаем их запросам.

Заключительные разделы монографии подводят итог исследованию автора, который предлагает оригинальные подходы к проектированию трудовой деятельности преподавателей, повышению её эффективности и совершенствованию качества жизни преподавателей.

В монографии много интересных информационных и аналитических таблиц, которые заставят читателей задуматься над своей жизнедеятельностью, заново проанализировать свой труд, задуматься над качеством своей работы и жизни.

Автор провёл глубокое исследование, затронул широкий круг значимых вопросов, требующих решения на различных уровнях. Нельзя не отметить, что предлагаемый материал носит вполне конкретный аналитический подход, подкрепляемый расчётами, фактическими данными, конструктивными предложениями, аргументированными оценками. Пожалуй, мы впервые видим откровенные размышления об истинном состоянии работы преподавателей, в том числе оценку студентов. Это не оставляет читателя наедине с собой, а заставляет размышлять вместе с автором монографии.

Полагаем, что книга вызовет несомненный интерес читателей и будет полезна преподавателям, аспирантам, научным сотрудникам и административным работникам вузов.

## **ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ**

**ЛИВШИЦ ВЛАДИМИР МОИСЕЕВИЧ**  
(к 75-летию со дня рождения)

**Ф. С. ПРИХОДЬКО, С. С. СКОРОМНАЯ**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: 59499@tut.by*

*(Поступила в редакцию 04.01.2021)*

Владимир Моисеевич Лившиц, почётный профессор Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, первый выпускающий редактор научно-методического журнала «Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии» (2003–2007 гг.), член Союза журналистов Республики Беларусь, член Союза белорусских писателей и Международного Союза писателей «Новый современник», академик Международной академии социальных технологий, член-корреспондент Международной Академии изучения национальных меньшинств, летописец академии и Горецкого края 1 февраля 2021 отметил свой знаменательный юбилей – 75-летие со дня рождения. Он известен в Республике Беларусь и за её пределами результатами своей многогранной и плодотворной деятельности. Проявил себя как талантливый историк, внёсший большой вклад в изучение истории Белорусской государственной сельскохозяйственной академии в неразрывной связи с исследованием основных этапов становления и развития отечественного аграрного образования. Он замечательный лектор, запомнившийся студентам как глубокий и яркий педагог, много знающий и увлекающий их за собой в мир научно-исследовательского творчества, педагог. Заслуживает высокой оценки его деятельность как историка-краеведа, этнографа, открывшего жителям Горецкого края его богатую историю, имена многих знаменитых земляков и их деяния на благо Родины. Он автор 90 книг и брошюр и более 850 научных и научно-популярных статей.

В. М. Лившиц родился 1 февраля 1946 года в городе Красный Кут Саратовской области в семье служащих. В 1947 году семья переехала в Горки. В 1964 году окончил среднюю школу №2. Любовь к истории и краеведению, жажда поиска, привели Владимира на исторический факультет Могилёвского пединститута. С выбором профессии молодой человек не ошибся, все годы студент учится на «отлично», получив по окончании высшего учебного заведения диплом с отличием. Тогда же пробует свои силы в научно-исследовательской работе, собирает материал по истории родного края, публикует статьи в местной печати. После окончания института, получив специальность учителя истории и обществоведения, преподаёт историю в Панкратовской средней школе Горецкого района, затем служит в Советской армии. 1 сентября 1972 года был принят на работу в качестве преподавателя кафедры научного коммунизма БГСХА. Спустя несколько лет поступает в заочную аспирантуру БГУ, после окончания которой успешно защищает диссертацию на тему «Становление и развитие агропромышленных производственных коллективов» на соискание учёной степени кандидата философских наук. Диссертант в своём труде разработал теоретические основы кооперации и агропромышленной интеграции, социально-экономические аспекты агропромышленных формирований. На автореферат диссертации положительные отзывы прислали 16 учёных из Москвы, Кишинёва, Новосибирска и других городов СССР. В своём отзыве доктор философских наук, профессор, заслуженный деятель науки МССР Г. М. Ентелис отметил, что кандидатская диссертация В. М. Лившица является первой работой в СССР, в которой комплексно исследуются агропромышленные коллективы как новые социальные ячейки с особой социальной структурой. Тема актуальна и сегодня. В 1981 году ему было присвоено звание доцента.

Особая сфера его деятельности как историка-краеведа – родная академия. Вот лишь неполный перечень книг, не считая коллективных монографий, изданных к юбилейным датам академии: «БГСХА.

Памятники и памятные места» (1990), энциклопедическое издание «Летопись Белорусской сельскохозяйственной академии», переизданное в 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 годах, монографии «Горечские сельскохозяйственные учебные заведения. Очерки истории» (1997), «Горы-Горечский земельный институт. Выдающиеся ученые и профессора» (1999). Он автор статей о Белорусской государственной сельскохозяйственной академии в «Белорусской исторической энциклопедии» и Белорусской 18-томной энциклопедии. В 2020 году, к 180-летию академии, вышла книга «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия: памятники и памятные места», одним из авторов которой он является. По инициативе В. М. Лившица и при его непосредственном участии, начиная с 1996 года в академии стала издаваться серия «Выдающиеся ученые и преподаватели БГСХА». Он автор и соавтор брошюр о Д. Р. Новикове, К. М. Солнцева, С. И. Назарове, И. М. Стельмашонке, И. Ф. Гаркуше, Н. А. Шитове, В. А. Шаршунове, Н. Н. Кавцевиче, А. Р. Цыганове, В. И. Шемпеле. Серия с каждым годом растет, пополняется новыми изданиями. Она обязательно должна прирасти эссе о жизни и творчестве юбиляра.

Огромные усилия приложил Владимир Моисеевич, для того чтобы с 2003 года начал издаваться научно-методический журнал «Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии». А. Р. Цыганов, доктор сельскохозяйственных наук, академик Национальной академии наук Беларуси, Российской академии наук, лауреат Государственной премии Республики Беларусь, в то время ректор БГСХА, так оценил его вклад: «Особо необходимо отметить роль Владимира Моисеевича в издании в 2003 году «Вестника Белорусской государственной сельскохозяйственной академии». Он изучил опыт Горы-Горечского земельного института, Белгосуниверситета, Могилевского педагогического института и творчески его переработал. Ему пришлось много поработать, редактируя первый номер журнала, провести большую организационную работу по подбору штата, помещения, приобретения оргтехники. Он руководил выпуском журнала до 2007 года» [1, с. 108].

Оба автора статьи давно знают юбиляра. Один из авторов, работавший с ним на одной кафедре с 1979 по 1993 год, вспоминает: «Я неоднократно посещал лекции, семинарские занятия доцента В. М. Лившица, у него многому можно было научиться. Отличался методологической глубиной, логикой, высокой культурой мышления и заразительностью речи. Он пользовался заслуженным авторитетом среди коллег и студентов. Был человеком абсолютно неконфликтным, умеющим создавать дружескую рабочую атмосферу, поддерживал талантливую молодежь. Творчески подходил к организации содержательной стороны научно-исследовательской работы студентов, придавая краеведческим изысканиям первостепенное значение. Настоятельно рекомендовал им заниматься изучением родного края, считая это действенным средством воспитания гражданско-патриотических чувств. Полагал, что с этого начинается Родина, так как если нет корней в родной местности, в родной стороне, знаний о ней – будет много людей, похожих на иссушенное растение перекасти-поле. Был убежден в огромных возможностях краеведения развивать у студентов любовь к Отечеству, к своей земле, родному дому, семье, формировать у них историческое сознание – осознание своего положения в социальном времени и пространстве, своей связи с прошлым, настоящим и будущим. Поэтому активно оказывал методическую и теоретическую помощь в их исследовательской работе. Студенты любили с ним общаться, толпились всегда вокруг него. Вряд ли кто из членов кафедры тратил больше времени на работу со студентами во внеучебное время, чем это делал он».

Такой подход к организации НИРС весьма актуален сегодня. Даже беглое знакомство с нынешней тематикой студенческих научных работ показывает, что в подавляющем большинстве таких работ речь идет о проблемах общего характера. Для их освещения материалов в интернете в изобилии. Студенты активно пользуются такой возможностью. Пользы от такой работы не много, поскольку переписывается общеизвестное. Скорее даже вред, потому что у молодого человека формируются упрощенные представления о научной деятельности, что ему может в дальнейшем очень сильно навредить, если он решит заниматься наукой. То ли дело подготовить научную работу на местном материале, нигде не опубликованном, прилагая собственные исследовательские усилия, самостоятельно подготавливая текст. Научное исследование всегда предполагает получение нового знания.

Коллектив академии высоко оценил его подвижничество, в сентябре 2015 года ему было присвоено звание «Почётный профессор» УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия». В решении учёного совета было записано: «За многолетнюю научно-педагогическую деятельность, плодотворное изучение истории вуза и пропаганду научно-исторических знаний о Белорусской государственной сельскохозяйственной академии».



Особо следует отметить вклад Владимира Моисеевича в историческое краеведение Горецкого края. Им написана его детальная история. Широко известны изданные им книги: «Горки: историко-экономический очерк», «Летопись Горок», «Горкі: Старонкі гісторыі», представляющие значительную историческую ценность и многие другие. Страстным желанием Владимира Моисеевича было создать в Горках историко-этнографический музей, на воплощение этой идеи в жизнь он потратил немало сил и времени. Более четырёх лет на общественных началах шаг за шагом, работая в архивах и библиотеках Республики Беларусь и Российской Федерации, встречаясь и беседуя со многими людьми, он собирал по крупицам историю края, создавал экспозицию музея. Мечта сбылась – 15 февраля 1989 года состоялось торжественное открытие Горецкого районного историко-этнографического музея, первым директором которого и стал юбиляр. Открытие музея стало важным культурным событием Горок. Вскоре он превратился в заметную достопримечательность города. Многочисленные делегации, гости города с удовольствием посещают музей и оставляют восторженные отзывы. Владимир Моисеевич в своей деятельности исходил из того, что музей – это не только учреждение, где хранятся экспонаты, музей – это ещё и место, которое объединяет увлечённых творчеством людей. Благодаря усилиям юбиляра музей стал после академии важнейшим центром интеллектуальной и культурной жизни города и района. Так, после того как отдел культуры райисполкома приобрёл лицензионное право на издательскую деятельность, о чём юбиляр активно хлопотал и даже сдал специальный экзамен на получение лицензии, он способствовал изданию книг многих как начинающих, так и именитых авторов. Вскоре при музее стал действовать литературный клуб «Роднае слова», объединивший местных литераторов, затем было создано объединение «Мастацтва», которое привлекло в свои ряды любителей искусства. Прошло несколько лет, и эти объединения получили статус народных. Они плодотворно работают до настоящего времени. В 1992 году по его инициативе в Горках состоялись Первые научные Горецкие чтения, в следующем – В. М. Лившиц организовал проведение районной краеведческой конференции «Бацькаўшчына» с изданием материалов по результатам ее работы. Конференция с его легкой руки стала традиционной, и в настоящее время имеет статус республиканской.

Работая директором музея, В. М. Лившиц преподавал по совместительству в академии на гуманитарных кафедрах. Работал не ради дополнительного заработка. Не мог представить свою жизнь без занятий со студентами.

В эти годы Владимир Моисеевич плодотворно занимается также литературоведением. Особенно активно изучает творчество выпускника Горецкого землемерно-агрономического училища Максима Горецкого, который впоследствии стал классиком белорусской литературы. В 90-х годах издал ряд книг и брошюр о его творчестве: «Максім Гарэцкі – жыццё і творчасць», «Літаратурны музей Максіма Гарэцкага. Кароткі даведнік». В рецензии на книгу В. М. Лившица «Раскопкі вакол Горацкага «Парнаса». Літаратуразнаўчыя нарысы», вышедшей в 2001 году, известный писатель Алесь Мартинкевич в рецензии, напечатанной в еженедельнике «Літаратура і мастацтва» (2001, 2 ноября), назвал эту книгу «Энциклопедией Горецкой земли». В. М. Лившицем написаны также брошюры «Сын вёскі. Кароткі нарыс аб жыцці і дзейнасці пісьменніка Васіля Каваля», в 1999 году «Даследчык беларускай літаратуры. Кароткі нарыс аб жыцці і творчасці літаратуразнаўцы Барыса Іофе». Результаты литературоведческих исследований были им опубликованы также в научных сборниках и в белорусских журналах. Его труд был оценён Союзом белорусских писателей, который в 2004 году принял юбиляра в свои ряды. Примечательно, что во время приёма с тёплыми словами в поддержку кандидата выступили, наряду с другими членами Союза, народный поэт Беларуси Нил Гилевич и писатель, доктор филологических наук, профессор Адам Мальдис.

Проявил себя юбиляр и в сфере журналистики. Очерки, эссе, статьи об истории города Горки и его людях, о Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, её учёных и педагогах публиковались в журналах: «Полымя», «Нёман», «Маладосць», «Беларусь», «Крыніца», «Вышэйшая школа», «Вестник БГСХА», «Магілёўская даўніна»; газетах: «Советская Беларусь», «Звезда», «Культура», «Літаратура і мастацтва», «Сельская газета», «Чырвоная Змена», «Знамя юности», «Могилёвские ведомости», «Магілёўская праўда» «Краязнаўчая газета» и других. И, как признание его заслуг на этом поприще, в 2006 году В. М. Лившиц стал членом Союза журналистов Республики Беларусь.

Историко-краеведческие исследования и руководящую работу юбиляр успешно сочетал с общественной деятельностью. Избирался депутатом Горецкого городского Совета, возглавлял районное краеведческое общество «Бацькаўшчына». С 1995 г. по 2007 г. работал помощником депутатов Национального собрания Республики Беларусь – В. А. Шаршунова, М. М. Аникеева и Т. С. Осмоловской.

Вместе с депутатами многим людям помог решить их проблемы, следуя принципу: «Сделал доброе дело – и забыл». Не рассчитывал и не ждал благодарности. Считал это своим долгом. В этом весь юбиляр. За свой подвижнический труд неоднократно поощрялся руководством академии и Горецкого района. Отмечен он был и на республиканском уровне: награждён Почётными грамотами Верховного Совета и Национального собрания Республики Беларусь.

Кто знает Владимира Моисеевича и общается с ним, не может не почувствовать притягательной силы его обаяния. И дело не только в его глубоких знаниях в различных областях жизни. Он коммуникабелен, прост в общении, обладает такими ценными качествами, как чувство юмора, самоирония. В его исполнении они несут в себе добро и оптимизм, помогали и помогают юбиляру, его родным и близким на многие сложные ситуации смотреть с надеждой, не погружаясь в негативные переживания. Такой подход позволяет ему проще относиться к неудачам, избежать которых в реальной жизни невозможно, и в то же время заряжает окружающих позитивной энергией. Глядя на юбиляра, убеждаешься в правоте психологов, утверждающих, что юмор, самоирония – важнейшие составляющие обаяния человека, признаки развитого интеллекта, мудрости, показатели его духовного здоровья, эмоциональной устойчивости.

В мае 2006 года у В. М. Лившица возникли серьёзные проблемы со здоровьем, и семья приняла решение ехать в Израиль. Несмотря на переезд в далёкую страну, юбиляр не прерывает связи с родными для него Горками, с коллективом Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, с сотрудниками созданного им музея, продолжает свою научно-исследовательскую и литературную деятельность. Как человек творческий, Владимир Моисеевич в постоянном поиске. Приезжая на Родину, привозит рукописи новых книг. Краеведение для него не просто вид деятельности, это образ жизни, причем жизни, полной радости открытий и находок, радости, которой исследователь щедро делится с окружающими. Любовь к истории, краеведению юбиляр пронесит через всю жизнь. Никакого расчета и больших дивидендов от этого ученый не ожидал и не имеет. В одном из интервью юбиляр признал: «Моими любимыми строками являются стихи поэта Владимира Маяковского»:

Мне  
и рубля  
не накопили строчки,  
краснодеревщички  
не слали мебель на дом.  
И кроме  
свежевымытой сорочки,  
скажу по совести,  
мне ничего не надо.

Он давно живёт по принципу – счастье не столько в том, что имеешь, сколько в том, как его себе представляешь. Живёт в Израиле (но остаётся гражданином Республики Беларусь) в небольшой социальной двухкомнатной квартире в городе, расположенном рядом со знаменитым Назаретом – священным городом, в котором, согласно Евангелию, жили Иосиф и Мария, и провел первые годы жизни Христос. Из окна квартиры Лившицу видна гора Фавор, которая в христианстве традиционно считается местом Преображения Господня. Следы минувшего здесь на каждом шагу. О прошедших веках и эпохальных событиях напоминает каждый камень. Не дар ли это Всевышнего – предназначать В. М. Лившицу судьбу историка-краеведа, а затем в награду за успешно выполняемую миссию, распорядиться, чтобы он жил в столь благословенном месте? Он прекрасный семьянин: с супругой Линой Борисовной вот уже 48 лет вместе; у них два сына – выпускники академии, две внучки. Счастлив, ибо живёт интересной и насыщенной жизнью, занимается любимым делом.

Дорогой Владимир Моисеевич! Поздравляем с прекрасным юбилеем, здоровья Вам, счастья и благополучия, новых книг и статей!

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Цыганов, А. Р. Выдающийся историк аграрного образования и науки Республики Беларусь / А. Р. Цыганов // Летописец Горецкой земли. Составители: М. М. Студнева; С. С. Скоромная. – Горки, 2016. – 178 с.

## **ФАКУЛЬТЕТ МЕЖДУНАРОДНЫХ СВЯЗЕЙ И ДОВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ. ИСТОКИ, ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОСТЬ**

**А. В. ПАШКЕВИЧ, Е. А. САФРОНОВА**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407*

*(Поступила в редакцию 15.01.2021)*

Стратегическая цель международной деятельности БГСХА, как и каждого вуза, – поступательная интеграция в европейское и мировое образовательное, научное, экономическое и культурное пространство для достижения высоких международных стандартов в учебной и научной работе, повышения качества подготовки специалистов, развития научного и технического потенциала вуза, формирования в академической среде системы общечеловеческих ценностных ориентаций, распространения в зарубежных странах достижений и опыта профессорско-преподавательского состава и вспомогательного персонала нашей альма-матер.

Основную функцию координации международной деятельностью выполняет факультет международных связей и довузовской подготовки.

Структурный состав факультета в разные годы его существования менялся, как менялось и его название, являющееся отражением функций и направленности подразделения.

Начало международной деятельности БГСХА можно отнести к 1848 году. Практически с самого начала открытия Горы-Горецкого земледельческого института (с учетом наличия к тому времени подобных вузов в нескольких странах Европы) возникла необходимость изучения иностранных языков для анализа состояния различных сельскохозяйственных отраслей в европейских странах. Эту миссию всегда выполняла кафедра языковых дисциплин.

В 1929 году Народный комиссариат просвещения БССР, в ведении которого находилась академия, дал положительный ответ о необходимости создания кафедры иностранных языков. Руководство кафедрой было поручено доценту К. П. Петерсону. Согласно приказу от 14 июля 1934 года № 376 Белорусской государственной академии сельского хозяйства о предоставлении очередных отпусков за 1934 год, в списке преподавателей указаны фамилии трех преподавателей немецкого языка – К. К. Леберехт, К. П. Петерсон, А. И. Липницкая. Из архивных материалов следует, что после войны, с сентября 1945 года преподавание иностранных языков было возобновлено наряду с другими учебными предметами. Но численный состав преподавателей иностранных языков был небольшой, что соотносилось с количеством обучающихся в академии.

Во второй половине XX века, в связи с расширением международных связей, в академию приехали на обучение первые иностранные студенты. С 1962 года началось преподавание русского языка для иностранных граждан, и при кафедре иностранных языков была организована секция русского языка как иностранного (РКИ). Увеличение количества иностранных студентов в академии привело к необходимости организации деканата по работе с иностранными студентами (1974 год), самостоятельной кафедры русского языка (1975 год) и создания подготовительного факультета для иностранных граждан (1977 год). С момента начала подготовки иностранных студентов подготовительный факультет закончили более 3,2 тысячи иностранных учащихся из 93 стран мира.

Хочется обратить внимание на количественную динамику появления обучающихся из разных стран мира. В 1962 году русский язык стали изучать первые студенты. В 1964–65 учебном году в академии обучались 34 иностранных студента (9 – из Кубы, 6 – из Венгрии и 19 – из Вьетнама). На тот момент это была значительная цифра.

Первые выпускники из числа иностранных студентов, отъезжая в 1967 году на Родину из СССР, сердечно благодарили преподавателей академии за полученные знания, отмечали, что приобрели в академии много настоящих друзей. Советский Союз, академия стали для них близкими и дорогими. «Пять лет, когда мы учились в Белорусской сельскохозяйственной академии, – говорил Хоанг Фунг Ми, гражданин Демократической Республики Вьетнам, – останутся на всю жизнь в пашей памяти, в наших сердцах. За эти годы Белоруссия стала нашей второй Родиной, академия – родным домом, а коллектив студентов и преподавателей – нашей семьей. Здесь мы никогда не чувствовали себя чужими».

В дальнейшем количество иностранных студентов в БГСХА только увеличивалось. Если в 1967 году в академии обучалось 56 студентов из зарубежных стран, то в 1975–76 годах – 173 иностранных студента и аспиранта почти из 30 стран мира.

В конце 60-х годов XX века в БГСХА появляются первые студенты из Мали, а 13 апреля 1970 года с официальным визитом академию посетил посол Мали.

Увеличение количества иностранных студентов в академии привело к необходимости введения на всех факультетах должности заместителя декана по работе с иностранными студентами (1973 год), а вскоре был создан деканат по работе с иностранными студентами (1974 год). В 1975 году в БГСХА образована самостоятельная кафедра русского языка, а в 1977 году создан подготовительный факультет для иностранных граждан.

В разные годы деканами факультета по работе с иностранными студентами были: П. А. Ковалев (1974–1976, 1981), В. К. Земляков (1976–1978), К. П. Сучков (1978–1980), С. А. Бельчик (1981–1985), В. И. Попытаев (1986–1991), А. В. Клочков (1991–1993), А. Н. Карташевич (1993–1996), С. А. Носкова (1996–2012).

Деканами подготовительного факультета для иностранных студентов в разные годы были: Б. В. Балобин (1977–1982), П. А. Ковалев (1982–1985), М. М. Муртазаев (1985–1991). В 1991 году подготовительный факультет для иностранных студентов был объединен с факультетом по работе с иностранными студентами.

Увеличивающийся ежегодно контингент иностранных учащихся требовал решения многих вопросов, связанных с совершенствованием учебно-воспитательного процесса и улучшением культурно-бытовых условий. Эти вопросы постоянно находились в центре внимания студенческого самоуправления, деканатов и кафедр.

В целях улучшения учебно-воспитательной работы с иностранными учащимися, оказания систематической помощи их общественным организациям за землячествами закреплялись наставники и консультанты. Их работу координировал совет наставников во главе с проректором по международным связям П.Н. Котурановым. Опытные педагоги-наставники, преимущественно обществоведы и преподаватели кафедр русского языка, поддерживали тесный контакт с активом землячеств, помогали в решении насущных вопросов учебы, быта и отдыха. Для преподавателей, которые работали с иностранными учащимися, проводились семинары, обмен опытом работы, было открыто страноведческое отделение при вечернем университете марксизма-ленинизма.

Первостепенное внимание уделялось работе с активом землячеств. Учеба актива осуществлялась в специальном семинаре. При парткоме велись занятия в двухгодичной школе для иностранных учащихся, членов коммунистических и рабочих партий, комитет комсомола проводил занятия с членами комсомольско-молодежных организаций, заключал договоры о дружбе и сотрудничестве с союзами молодежи, представители которых обучались в академии, Польской Народной Республики, Лаоса, Кубы, Вьетнама, Афганистана, с молодежными организациями Панамы, Сирии, Ирана, Народной Демократической Республики Йемен, Эфиопии.

По ряду дисциплин иностранные учащиеся выделялись в отдельные потоки и группы, для них были разработаны спецкурсы по профилирующим предметам с учетом специфики регионов и стран. Кафедры общественных наук стали шире привлекать их к написанию рефератов, к участию в студенческих научных конференциях, посвященных знаменательным датам и общественно-политическим событиям, олимпиадах и конкурсах на лучшее знание русского языка, истории и политики. Издавались методические пособия и рекомендации для самостоятельной работы учащихся, проводились дополнительные занятия и консультации. Все это обеспечивало высокую успеваемость иностранных учащихся. Многие из них занимались на «хорошо» и «отлично», получали дипломы с отличием.

Перед отъездом на родину выпускники в специальном журнале делали записи о своем пребывании в нашей стране, высказывали пожелания. Вот что они писали: «Хочется от всего сердца поблагодарить великий советский народ за постоянную помощь, которую он оказывает развивающимся странам в подготовке национальных кадров» (Вогайеху Аммайеху, гражданин Эфиопии). «Время, проведенное в СССР, дало нам возможность своими глазами увидеть реальный социализм. У меня остались прекрасные впечатления» (Ракотондрафара Закасон, гражданин Мадагаскара). «Безмерно обязан советскому правительству за помощь, СССР останется навсегда в моем сердце» (Бальде Альфа Мамаду, гражданин Гвинеи). «Советский Союз для меня был и останется навсегда второй Родиной» (Даудинот Исабель, гражданка Кубы). Эти записи свидетельствуют о том, что коллектив академии с честью справлялся с заданием подготовки кадров для развивающихся стран.

Контингент иностранных студентов академии за десять лет увеличился более чем в два раза. В 1985 году в академии обучалось 393 студента, аспиранта, стажера и учащихся подготовительного факультета из 53 социалистических и развивающихся стран Европы, Азии, Африки и Латинской Америки.

В 1988 году в академии обучалось 414 иностранных граждан из 46 социалистических стран и стран Азии, Африки и Латинской Америки.

С 1 сентября 2012 года факультет по международным связям и работе с иностранными учащимися реорганизован в факультет международных связей и довузовской подготовки. Деканами данного факультета в разные годы были: М. В. Потапенко (2012–2014 гг.), А. А. Тимаев (2014–2017 гг.), А. В. Пашкевич (с 2017 г.).

Деятельность факультета международных связей и довузовской подготовки всегда была тесно связана с лингвистическими кафедрами, так как необходимость учить русский язык как проводник в мир других наук в академии, являлась для иностранных студентов первостепенной задачей.

Обращение к лингвистическим дисциплинам в академии имеет давние корни и традиции. Языки и литература в академии преподавались с момента ее основания. Так, архивные документы 1848 года свидетельствуют о том, что вне расписания, один раз в неделю, проводились литературные беседы, которые должны были знакомить студентов с лучшими произведениями отечественной литературы, с духом этих произведений, красотой и оборотами русской речи.

В протоколе от 30 сентября 1919 года № 3 заседания Совета Горецкого сельскохозяйственного института в повестке дня стоял вопрос о введении преподавания новых языков, как следствие – иностранный язык начали преподавать с 1919 года.

В 1925 году в академии была создана кафедра белорусоведения, на которой велось преподавание белорусского языка и литературы. Первым заведующим кафедрой был белорусский поэт и переводчик Ю. Гаврук, а с 1926 по 1928 годы кафедру возглавлял М. Горецкий, известный белорусский писатель и языковед, который много сделал для популяризации национального языка и культуры среди студентов. В академию приезжали известные белорусские писатели Я. Купала, Я. Колос. Некоторое время белорусский язык в академии преподавала П. Меделка, первая исполнительница роли Павлинки в пьесе Я. Купалы.

У истоков создания кафедры русского языка стояли творческие люди, настоящие профессионалы-филологи и мастера своего дела: доктор филологических наук А. И. Власенко, кандидат филологических наук, доцент Л. А. Камко, доцент О. П. Зенькович, старшие преподаватели В. Б. Архипова, М. П. Каштанова и др. За несколько лет существования кафедра пополнилась выпускниками Московского государственного университета, Ленинградского государственного университета, Университета дружбы народов, Белорусского государственного университета и др. На кафедре была создана современная научно-методическая база, открыт лингафонный кабинет, установлены деловые связи с кафедрами русского языка как иностранного ведущих вузов Москвы, Киева, Ленинграда, Минска, с Институтом русского языка им. А.С. Пушкина и др. В 1978 году, в связи с увеличением численности иностранных студентов, на основе кафедры русского языка было создано две кафедры: кафедра русского языка подготовительного факультета и кафедра русского языка основных факультетов, которая осуществляла преподавание русского языка как иностранного студентам I–V курсов, аспирантам, стажерам, слушателям курсов по методике преподавания русского языка как иностранного.

С 1992 года в соответствии с «Законом аб мовах у Беларускай ССР» в академии началось преподавание белорусского языка, и в 1995 году на базе двух кафедр РКИ была создана кафедра русского и белорусского языков. Заведующим кафедрой стала доцент О. П. Зенькович (1995–2000 гг.). С 2000 по 2018 годы в должности заведующего кафедрой работала кандидат филологических наук, доцент Т. И. Скикевич.

На основании приказа от 5 февраля 1973 года № 14 Главка сельскохозяйственного образования СССР в связи с большим численным составом и возросшим объемом работы произошло разделение кафедры иностранных языков на две самостоятельные кафедры: английского и немецкого языков.

За всю историю кафедры немецкого языка её возглавляли искренне любящие свое дело люди: кандидат филологических наук, доцент Л. Н. Иноземцев (1973–1978), кандидат филологических наук, доцент Г. Ф. Игнатенок (1978–1979 гг.), старший преподаватель В. А. Потупчик (1979–1987 гг.), кандидат филологических наук, доцент П. Я. Козик (1987–1996), кандидат филологических наук, доцент А. В. Никишова (1996–2005 гг.), кандидат филологических наук, доцент С. Н. Дубровина (2005–2017 гг.).

На протяжении всего времени своего существования кафедра немецкого языка уделяла значительное внимание развитию международных контактов. С 1996 года она активно сотрудничает с Инсти-

тутом им. Гете в Минске. На базе кафедры ежегодно проводится Летняя школа-семинар для учителей немецкого языка средних школ Могилевской, Гомельской и Витебской областей. Преподаватели немецкого языка регулярно проходят стажировки в филиалах Института им. Гете в Германии, участвуют в семинарах и мастер-классах, организуемых Институт им. Гете в Минске. Заведующий кафедрой немецкого языка С. Н. Дубровина дважды являлась участником Международного конгресса преподавателей немецкого языка – XV (Италия, 2013 год) и XVI (Швейцария, 2017 год).

Первым заведующим кафедрой английского языка с 1973 по 1978 годы была Н.И. Бушуева. В 1978 году впервые в СССР на базе кафедры осуществлялась подготовка группы преподавателей по английскому языку для прохождения стажировки в США. В состав группы от академии был включен преподаватель А. В. Ключков, который впоследствии был направлен на сельскохозяйственную стажировку в США. Академию посетила делегация американских фермеров. Все члены кафедры работали в качестве переводчиков, проводили встречи на разных факультетах и кафедрах академии.

В последующие годы кафедрой английского языка руководили: старший преподаватель Е. Т. Фомченко (1979–1988), кандидат филологических наук, доцент С. А. Носкова (1988–1995), старший преподаватель Г. И. Орешникова (1995–2008), кандидат филологических наук, доцент Т. Л. Ляхнович (2008–2014), кандидат педагогических наук, доцент И. П. Макаренко (2014–2017).

За это время значительно расширились международные связи академии. Подписаны соглашения о сотрудничестве с такими странами, как Голландия, Франция, Великобритания. Академию посещали многочисленные зарубежные делегации из этих стран, а также из США и Швеции.

В ноябре 2017 года произошло объединение кафедры английского языка и кафедры немецкого языка. Новая кафедра получила название кафедры иностранных языков. А в январе 2018 года в результате объединения кафедры иностранных языков с кафедрой русского и белорусского языков была создана кафедра лингвистических дисциплин, заведующим кафедрой была назначена С. Н. Дубровина.

За годы существования кафедр в республиканских издательствах вышло три русско-белорусских терминологических словаря; обработано и находится в компьютерном банке данных кафедры более 60 тысяч сельскохозяйственных терминов; разработана и издана первая типовая программа для высших учебных заведений по дисциплине «Беларуская мова (прафесійная лексіка) – авторы Т. И. Скикевич, О. П. Зенькович, Н. С. Шатравко; изданы учебные русско-арабский, русско-туркменский, русско-китайский, русско-английский и русско-французский словари для иностранных студентов. В соавторстве с учеными-белорусистами под грифом Министерства образования Республики Беларусь издано учебное пособие «Беларуская мова. Прафесійная лексіка. Прыродазнаўства». Постоянный поиск новых путей развития нашел отражение в тематике республиканских и международных конференций, организованных кафедрой русского и белорусского языков. Так, в 1994 г. была проведена республиканская научная конференция по методике преподавания белорусского языка в нефилологических вузах, к 25-летию кафедры в 2000 г. проводилась I Международная научно-практическая конференция «Теория и практика преподавания лингвистических дисциплин в вузах негуманитарного профиля», а в 2015 и в 2020 г. – V и VI Международные конференции по данной тематике, вызывающей неизменный интерес филологов в нашей стране и странах Ближнего Зарубежья.

Новые задачи, поставленные перед кафедрой лингвистических дисциплин, успешно реализуются в рамках ее научно-исследовательских тем: «Актуальные вопросы современной лингвистики и совершенствование аспектов преподавания иностранных языков в неязыковом вузе», а также «Коммуникативно-прагматические аспекты изучения языка в условиях русско-белорусского билингвизма (в целях преподавания студентам-нефилологам)». Преподаватели кафедры лингвистических дисциплин ежегодно публикуют около 80 научных и методических работ в республиканских и зарубежных изданиях.

Одним из важнейших направлений работы кафедры лингвистических дисциплин является обеспечение научно-методическими материалами процесса преподавания иностранных языков, русского языка для иностранных студентов подготовительного отделения, основных факультетов очного и заочного обучения.

Кафедра лингвистических дисциплин прошла достаточно большой и сложный путь становления, имеет определенные достижения в подготовке иностранных и отечественных специалистов. Однако современное образование выдвигает новые требования, в соответствии с которыми кафедра совершенствует научно-методические подходы к обучению, стремится строить свою работу с использованием современных коммуникационных технологий и активных форм учебного взаимодействия, которые позволяют активизировать творческий потенциал личности студента, делают процесс подготовки специалистов более эффективным и всесторонним. Ежегодно проводятся методические семи-



нары, преподаватели принимают активное участие в Международных конференциях, проводимых в различных вузах не только России, Украины, но и в странах дальнего зарубежья. Стали традиционными внутривузовские олимпиады по английскому, немецкому, французскому и русскому языкам. Кафедра готовит иностранных студентов для участия в республиканских олимпиадах, конференциях и конкурсах студенческих работ. Ежегодно иностранные учащиеся принимают участие в Республиканской олимпиаде по русскому языку для иностранных студентов, обучающихся в вузах Республики Беларусь, откуда возвращаются с грамотами и дипломами.

21 октября 2015 года при факультете международных связей и довузовской подготовки был создан Центр китайского языка и культуры путем подписания договора о сотрудничестве между УО БГСХА и Институтом Конфуция по науке и технике БНТУ.

Центр китайского языка и культуры БГСХА организует изучение китайского языка в группах начального, среднего, продвинутого и высокого уровня под руководством преподавателя-носителя языка. В течение 2016–2020 годов в Центре китайского языка и культуры занималось более 320 человек. Преподавание китайского языка ведется гражданами КНР, выпускниками филологического факультета Северо-Восточного университета Китая.

Слушатели курсов – это студенты и преподаватели академии, а также школьники и работники предприятий города Горки и Горецкого района. Все они имеют высокую мотивацию к изучению китайского языка, многие слушатели рассматривают китайский язык как серьезное дополнительное образование и связывают с ним свою будущую работу и карьеру, поэтому они планируют продолжать обучение в течение нескольких семестров, готовятся к сдаче экзамена для определения уровня знаний китайского языка. В настоящее время около 20 слушателей успешно сдали данный экзамен.

Слушатели курсов имеют возможность получения стипендий для обучения в университетах Китайской Народной Республики по программам языковой стажировки, магистратуры и аспирантуры. Ежегодно Институтом Конфуция по науке и технике БНТУ и Северо-Восточным университетом КНР организуется Летний лагерь в Китае продолжительностью две недели, программа которого включает изучение языка, путешествие по Китаю, знакомство с культурой и традициями Поднебесной.

12 декабря 2019 года ректор УО БГСХА В. В. Великанов торжественно открыл при факультете международных связей и довузовской подготовки Клуб интернациональной дружбы.



В музее Клуба представлены национальная символика стран, представители которых обучаются в академии, а также экспонируются национальные костюмы Беларуси, Туркменистана, Китая и Узбекистана.

За годы, прошедшие с момента открытия факультета, в академии получили образование более 3200 иностранных граждан из 93 стран мира, многие из наших выпускников-иностранцев добились значительных результатов в политической и экономической деятельности своих стран.

В настоящее время факультет международных связей и довузовской подготовки занимается набором и обучением иностранных граждан, вопросами международного сотрудничества, имеющими приоритетное значение в деятельности любого вуза. В тандеме с факультетом работает отдел по международному сотрудничеству, сформированный в 2014 году и возглавляемый кандидатом филологических наук, доцентом С. А. Носковой. Отдел вносит значительный вклад в ведение международной политики академии.

Сейчас в УО БГСХА обучается около 500 иностранных студентов из 14 стран мира, а ежегодно диплом о получении высшего образования получают около 100 иностранных граждан.

В состав факультета международных связей и довузовской подготовки недавнего времени (с 1.04. 2019 г.) входит также кафедра физического воспитания и спорта, деятельность которой началась в первой половине XX столетия.

История создания кафедры уходит корнями в середину прошлого столетия. На основании приказа Министерства высшего образования СССР от 3 марта 1948 г. за № 116 и приказа № 54 по Белорусскому ордена Трудового Красного Знамени сельхозинституту от 29 марта 1948 года была образована кафедра физического воспитания и спорта, а исполняющим обязанности заведующего кафедрой назначен П. И. Лубяко. С 25 марта 1948 г. свою трудовую деятельность начали первые преподаватели – А. А. Успенский, Г. П. Захаров, А. П. Новиков.

В последующие годы существования кафедры совершенствовалась её спортивная база, и особая заслуга в этой сфере принадлежала бывшему заведующему кафедрой А. А. Успенскому, долго возглавлявшему ее.

Кафедра физического воспитания и спорта в своей деятельности использует многообразные формы занятий физической культурой: обязательные учебные занятия, спортивно-массовые и оздоровительные мероприятия. Преподаватели и вспомогательный персонал организуют и проводят учебно-тренировочный процесс со сборными командами по различным видам спорта.

Оснащение кафедры позволяет осуществлять учебный процесс в соответствии с образовательными стандартами и учебными программами.

Кафедра богата материально-технической базой, включающей в себя спортивно-оздоровительный комплекс из закрытых спортивных сооружений общей площадью 2345 м<sup>2</sup>, в том числе 2 спортивных зала, плавательный бассейн, зал тяжелой атлетики, зал борьбы, зал ОФП, легкоатлетический манеж, зал борьбы дзюдо, зал пауэрлифтинга, восстановительный центр и открытые сооружения общей площадью 12911 м<sup>2</sup>, в том числе стадион, теннисный корт, баскетбольную площадку, 2 волейбольных площадки, футбольное поле, легкоатлетические беговые дорожки, спортивный гимнастический городок.

На кафедре физического воспитания работает 26 спортивных отделений по различным видам спорта и 3 оздоровительные группы, в которых занимаются около 389 студентов. Работают спортивные группы на платной основе: фитнес-йога, аэробика, «Атлетизм», клуб «Единоборств», «Бодибилдинга» (пауэрлифтинг, армрестлинг). Кафедра физического воспитания и спорта ежегодно проводит круглогодичную спартакиаду студентов по 22 видам спорта, в которой участвуют около 3 тысяч студентов. Соревнования на кубок БГСХА в академии проводятся по 9 видам спорта. Турниры проводятся по 8 видам спорта.

Среди преподавателей и сотрудников академии проводятся ежегодно круглогодичные спартакиады по 10 видам спорта. Проведено уже 68 студенческих спартакиад.

Учитывая важность физического здоровья в формировании подрастающего поколения, мы можем говорить о значительном вкладе кафедры физического воспитания и спорта в деятельность академии.





Международная деятельность – сложный, многогранный процесс, включающий в себя различные виды работ. Целью факультета является обеспечение качества образовательной и научно-технической деятельности, соответствующего современным мировым требованиям: эффективности, способствующей достижению стратегических целей вуза и поддержанию его стратегии, и гибкости – проектированию образовательных программ для иностранных граждан в соответствии с государственными образовательными стандартами.

С каждым годом деятельность факультета международных связей и довузовской подготовки набирает силу, меняется в лучшую сторону. Она направлена на постепенную интеграцию в мировое и научное сообщество, здесь реализуется способность проявить профессиональное мастерство преподавателей вуза в международном пространстве. Готовность к сотрудничеству и потребность в нём, желание обмениваться знаниями, опытом, использовать зарубежный опыт, находить сторонников своих идей являются основными целями нашего факультета.

**ЛАЗАРЕВИЧ СВЯТОСЛАВ ВСЕВОЛОДОВИЧ**  
(к 70-летию со дня рождения)

**О. А. ПОРХУНЦОВА, Н. А. ДУКТОВА**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: botanika\_bgsha@mail.ru*

*(Поступила в редакцию 22.01.2021)*



Профессору кафедры ботаники и физиологии растений УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», доктору биологических наук, доценту Святославу Всеволодовичу Лазаревичу 14 февраля исполнилось 70 лет.

Лазаревич Святослав Всеволодович родился в 1951 году в д. Матеевичи Пуховичского района Минской области в обычной трудовой семье. Успешно окончив Елизовскую среднюю школу Осиповичского района Могилёвской области, в 1968 году поступил на агрономический факультет Белорусской сельскохозяйственной академии на специальность Агрономия со специализацией Селекция и семеноводство. После окончания академии был направлен на работу в должности младшего научного сотрудника в отдел селекции пшеницы Белорусского НИИ земледелия. В дальнейшем, после прохождения воинской службы в Советской Армии, работал в лаборатории генетики Белорусского НИИ земледелия. В 1975–1978 гг. проходил обучение в аспирантуре по специальности Генетика под руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора А. З. Латыпова. В этот период им были проведены исследования по цитогенетике и биологии размножения пшенично-ржаных амфидиплоидов. В 1978 году Святослав Всеволодович успешно защитил в Институте генетики и цитологии АН БССР кандидатскую диссертацию по специальности 03.00.15 – Генетика на тему: «Изучение генеративной воспроизводительной системы в связи с зерновой продуктивностью тритикале».

После обучения в аспирантуре и успешной защиты кандидатской диссертации С. В. Лазаревич был принят в профессорско-преподавательский коллектив агрономического факультета на должность ассистента, затем старшего преподавателя кафедры генетики.

В 1981 году Святослав Всеволодович прошел подготовку по курсу иностранных языков, специальности «Французский язык», с оценкой «отлично» в Московской ветеринарной академии имени К. И. Скрябина, благодаря чему он имел возможность вести педагогическую деятельность за рубежом. Так, в 1981–1983 гг. С. В. Лазаревич работал в Канканском политехническом институте (INP de Kankan, Гвинейская Народная Революционная Республика), где преподавал генетику для студентов агрономического и биологического факультетов. Спустя всего пятилетие после присвоения научной степени кандидата наук, он разрабатывает курс лекций по генетике, изданный на французском языке в г. Канкане. Успешная работа преподавателя С. В. Лазаревича в INP de Kankan была отмечена Почётной грамотой Посольства СССР в Гвинее.

По возвращению из зарубежной командировки С. В. Лазаревич работал старшим преподавателем, затем доцентом кафедры генетики нашей академии. В данный период времени его педагогическая деятельность, как ведущего преподавателя, была направлена на преподавание таких учебных дисциплин, как генетика, цитология, общая биология, эволюционная теория, ботаника. Тогда же С. В. Лазаревич возвращается к научным исследованиям, направленным на изучение анатомии стебля в полиплоидном ряду пшеницы.

Последующие десятилетия были очень плодотворными в профессиональной педагогической и научной деятельности. В 1993 году он был назначен заведующим кафедрой физиологии растений и

микробиологии на агрономическом факультете. Знание французского языка позволило Святославу Всеволодовичу провести научные исследования за рубежом. В 1994–1995 годах он находился в научной командировке в лаборатории биотехнологии и селекции растений Тулузской высшей национальной школы агрономии (BAP-ENSAT) во Франции, где проводил исследования по анатомии, физиологии и биотехнологии пшеницы. По результатам этих исследований С. В. Лазаревич успешно защитил научную работу «Etude histogénétique du genre *Triticum* L.» с получением Диплома университетских исследований (Diplôme de recherches universitaires. Biologie cellulaire et moléculaire végétale. INP-ENSAT, Toulouse). Научные исследования по гистологии и анатомии злаков, начатые во Франции, были продолжены, для чего С. В. Лазаревич еще 1996–1997 годах выезжал в Тулузу.

По возвращении из научной командировки с 1995 года С. В. Лазаревич работает на должности доцента кафедры ботаники и генетики академии. Для завершения работы над докторской диссертацией в 1998 году он был переведен на должность старшего научного сотрудника. В 2000 году Святослав Всеволодович защитил в Институте экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси диссертацию на соискание учёной степени доктора биологических наук по специальности 03.00.05 – Ботаника на тему: «Изменчивость признаков анатомического строения стебля в полиплоидном ряду рода *Triticum* L.». В диссертационной работе были выявлены основные гистолого-анатомические закономерности эволюции пшеницы и разработана концепция использования анатомических исследований для целей селекции.

После защиты докторской диссертации С. В. Лазаревич в должности профессора плодотворно трудится на благо агрономического факультета и академии. Его занятия отличаются высоким научно-методическим уровнем, сочетанием теоретической глубины и практической направленности.

С. В. Лазаревич активно занимается в направлении учебно-методического обеспечения учебного процесса. Им опубликованы: учебник и два учебных пособия с грифом Министерства образования Республики Беларусь, учебное пособие в Российской Федерации с грифом международного объединения в области образования «МАИТ», три курса лекций и учебно-методический комплекс с грифом учебно-методического объединения по образованию в области сельского хозяйства, практикум, 14 методических указаний, 16 типовых и учебных программ. В списке трудов Святослава Всеволодовича также имеется монография о высшем аграрном образовании Франции.

Трудовая деятельность С. В. Лазаревича всегда идет в интеграции педагогической работы и науки. В сотрудничестве с учеными INP-ENSAT (г. Тулуза, Франция), Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева, отдела крупяных культур РУП «НПЦ по земледелию НАН Беларуси» (г. Жодино) он занимается научно-исследовательской работой по проблемам структурных преобразований анатомического строения стебля в процессе эволюции пшеницы, анатомии стебля у андрогенных гаплоидов пшеницы, полиморфизма анатомического строения стебля у овса, использования анатомического анализа строения стебля злаков для целей селекции. По результатам исследований опубликовано в Беларуси и за рубежом 87 научных работ; в составе авторского коллектива получен патент на изобретение. В соавторстве с А. И. Мыхлык созданы и переданы в Национальный банк генетических ресурсов растений Республики Беларусь 7 ценных сортообразцов овса посевного. Под научным руководством С. В. Лазаревича выполнила и успешно защитила диссертацию на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.05 – Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений А. И. Мыхлык на тему: «Сортовые особенности анатомического строения стебля овса посевного (*Avena sativa* L.) и их использование в селекции», а также выполнены три магистерские диссертации.

С. В. Лазаревич принимает активное участие в общественной жизни академии и за ее пределами. Он является членом Советов по защите диссертаций в УО БГСХА (Д.05.30.01) и в ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси» (Д.01.38.01); членом Научно-технического совета по агрономии и экологии сельского хозяйства академии; членом Республиканского совета по гербарии; экспертом Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь, членом редколлегии журнала «Веснік Магілёўскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А. А. Куляшова».

С. В. Лазаревич уделяет большое внимание работе с одаренной молодежью. Более пятнадцати лет успешно сотрудничает с УО «Могилёвский государственный областной институт развития образования» по подготовке учащихся Могилёвской области к республиканскому туру олимпиады по биологии, которые неоднократно становились победителями и призерами республиканской и международных олимпиад.

С. В. Лазаревич за успешную научную, педагогическую и общественную работу был награжден Грамотой Министерства образования Республики Беларусь, а также неоднократно Почётными грамотами и Дипломами УО БГСХА.

**Искренне желаем Вам, уважаемый Святослав Всеволодович, крепкого здоровья, долголетия, творческих успехов и свершений.**

**ВСЕГДА ВОСТРЕБОВАН**  
*(К 90-летию юбилею Н. Н. Добролюбова)*

**В. В. ВЕЛИКАНОВ, А. В. КОЛМЫКОВ, Ю. Н. ДУБРОВА, В. И. ЖЕЛЯЗКО**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407*

*(Поступила в редакцию 10.02.2021)*

21 марта 2021 года исполнилось 90 лет заслуженному работнику народного образования БССР, почётному ветерану Белорусского общественного объединения ветеранов, кандидату технических наук, почетному профессору УО БГСХА Николаю Николаевичу Добролюбову. Почти пятьдесят лет его деятельность была связана с Белорусской государственной сельскохозяйственной академией.

Родился Николай Николаевич в учительской семье в глубинке Костромской области, в селе Нижне-Межевское. Среднюю школу окончил в райцентре. Поступил в Ленинградский политехнический институт имени М. И. Калинина на гидромелиоративный факультет. Учился он хорошо и по распределению мог получить работу в Ленинграде, но поехал на производство, поближе к родным местам, где 8 лет проработал на разных должностях в Кировской области. Начинал с должности инженера-гидротехника опытной станции Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации. Работал главным инженером Кировского областного управления водного хозяйства, а заканчивал свою трудовую деятельность в России начальником областного треста «Мелиоводстрой».

На работу в академию пришел в 1962 году уже зрелым специалистом. Пригласили его сразу же на должность доцента кафедры, что редко практикуется в высшей школе. Причина для этого была уважительная: в 25 лет он уже был не только сложившимся специалистом, но и умелым организатором производства, а в 27 лет Добролюбов стал начальником Кировского строительного-монтажного управления «Мелиоводстрой». Кроме того, был богатый опыт участия в научных и практических конференциях, имелись научные публикации, некоторое время читал лекции в Кировском филиале Московского энергетического института.

В Горках, в академии, наиболее полно раскрылся талант Николая Николаевича как педагога и руководителя. Для работы в вузе у Добролюбова были знания, практический опыт, но не было ученой степени. Поэтому, работая в академии, уже в зрелом возрасте он поступил в аспирантуру Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации, успешно окончил ее и защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. После окончания аспирантуры он работал деканом гидромелиоративного факультета, заведующим кафедрой водоснабжения, проректором по повышению квалификации, проректором по учебной работе, первым проректором, заведующим кафедрой гидротехнических сооружений и водоснабжения. За время работы в академии Николай Николаевич показал себя высококвалифицированным педагогом, исследователем и воспитателем, умело применяющим свой производственный опыт и теоретические знания в учебно-методической работе. Под его руководством и при его непосредственном участии в академии разработаны и успешно реализованы программы по компьютеризации учебного процесса и гуманизации образования. Он внес значительный вклад в совершенствование организации учебного процесса и обеспечение качества подготовки специалистов с высшим образованием для агропромышленного комплекса Республики Беларусь. Научно-педагогическая деятельность Н. Н. Добролюбова не осталась незамеченной, в 1990 году ему было присвоено почетное звание «Заслуженный работник народного образования Республики Беларусь».

Последние десять лет до выхода на пенсию возглавлял межвузовскую научно-исследовательскую лабораторию мониторинга и управления качеством высшего аграрного образования. Благодаря инициативе и накопленному огромному опыту Н. Н. Добролюбова непосредственно с его участием разработана и внедрена модульно-рейтинговая система образования в учебный процесс нашей академии и в последствие получила признание и была внедрена в других высших учебных заведениях. Организован комплексный мониторинг научно-образовательной деятельности в аграрных вузах, который не потерял актуальности и проводится в настоящее время. По заданиям Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь под его непосредственным руководством подготовлены и изданы многочисленные аналитические материалы по результатам исследований. Произведено обобщение и распространение передового педагогического опыта в высшей школе, разработаны нор-

мативные документы. Результативность научно-исследовательской лаборатории мониторинга была отмечена Главным управлением образования науки и кадров министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.

Николай Николаевич относится к тем людям, у которых все получается, за что бы они ни взялись. На всех постах его отличали порядочность, честность, здоровый прагматизм, требовательное отношение к себе и подчиненным, но в то же время – доброжелательность и сочувствие.

Оставил Н. Н. Добролюбов свой след и в науке. Под его руководством в республике были разработаны технологии и средства интенсификации производства буровых работ на воду, укрупненные комплексные меры на сооружение водозаборов подземных вод, разработан межгосударственный проект экологического мониторинга подземных вод, используемых для питьевых целей в сельских населенных пунктах (с учетом регионов Беларуси, России, Украины). По поручению Академии аграрных наук Республики Беларусь являлся руководителем научной темы по истории и педагогике высшего аграрного образования.

Николай Николаевич в годы своей работы большое внимание уделял международному сотрудничеству. Неоднократно он включался в состав делегаций в зарубежные командировки, выполнял общее руководство научно-производственной стажировкой молодых специалистов сельского хозяйства США, за что ему была объявлена благодарность Министерства сельского хозяйства СССР.

Николай Николаевич участвовал также в организации и строительстве памятника научным работникам, студентам и служащим академии, погибшим в годы Великой Отечественной Войны, за что получил благодарность ректората.

Активное участие принимал и принимает Н. Н. Добролюбов в общественной жизни вуза, региона. Он неоднократно избирался депутатом местных советов, был председателем Горецкого городского совета депутатов, членом Всесоюзного Совета по истории высшего образования – руководителем коллектива по истории высшего сельскохозяйственного образования. Долгое время входил в состав Советов академии и факультета, возглавлял педагогический дискуссионный клуб вуза, был заместителем редактора сборника «Педагогика высшей школы», членом редакционной коллегии научно-методического журнала «Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии». В настоящее время активно работает в районном и академическом советах ветеранов. Им внесем большой вклад в формирование летописей академии, которые издаются к юбилейным датам.

За большой вклад в подготовку кадров, научно-исследовательскую работу и активную общественную деятельность Н. Н. Добролюбов награжден четырьмя медалями, Почетными грамотами Верховного Совета БССР, Национального собрания республики Беларусь, многими грамотами министерств, ведомств, местных органов власти. Николай Николаевич имеет звания «Почетный профессор академии», и «Почетный ветеран Белорусского общественного объединения ветеранов».

**От имени друзей и коллег по работе желаем Николаю Николаевичу Добролюбову крепкого здоровья, счастья, долголетия, благополучия, творческих успехов, реализации планов и замыслов!**



*Научно-методический журнал «Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии» публикует результаты научных исследований сотрудников УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», других научных учреждений и организаций в области аграрной экономики, земледелия, селекции, растениеводства, мелиорации и землеустройства, механизации и сельскохозяйственно-го машиностроения, инновационных образовательных технологий.*

## **ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ**

Научная статья, написанная на белорусском, русском или английском языках, должна являться оригинальным произведением, неопубликованным ранее в других изданиях.

Статья присылается в редакцию в распечатанном виде в 2-х экземплярах на бумаге формата А4 и в электронном варианте отдельным файлом на флеш-карте, либо высылается на электронный адрес редакции: vestnik-bгаа@yandex.ru.

**К статье должны быть приложены:** рецензия-рекомендация специалиста в соответствующей области, кандидата или доктора наук; **сопроводительное письмо** дирекции или ректората соответствующего учреждения (организации); **контактная информация:** фамилия, имя, отчество автора, занимаемая должность, ученая степень и звание, полное наименование учреждения (организации) с указанием города или страны, номер телефона и адреса (почтовый и электронный).

**Требования, предъявляемые к оформлению статей:** объем 14000–16000 печатных знаков (считая пробелы, знаки препинания, цифры и т.п. или 4–5 страниц воспроизведенного авторского иллюстрационного материала); набор в текстовом редакторе **Microsoft Word**, шрифт **Times New Roman**, размер шрифта 11, через 1 интервал, абзационный отступ – 0,5 см; список литературы, аннотация, таблицы, а также индексы в формулах набираются 9 шрифтом; поля: верхнее, левое и правое – 20 мм, нижнее – 25 мм, страницы не должны быть пронумерованы: номера страниц проставляются карандашом на оборотной стороне листа; ориентация страниц – только книжная использование автоматических концевых и обычных сносок в статье не допускается; **таблицы (не более трех)** набираются непосредственно в программе Microsoft Word и нумеруются последовательно, ширина таблиц – 100 %; **формулы** составляются в редакторе формул MathType (собственным редактором формул Microsoft Office 2007 и выше пользоваться нельзя, т. к. в редакционно-издательском процессе он не поддерживается); греческие буквы необходимо набирать прямо, латинские – курсивом; **рисунки (не более трех)** вставляются в текст в формате JPEG или TIFF (разрешение 300–600 dpi, формат не более 100x150 мм); **список литературы** должен быть оформлен в соответствии с действующими требованиями Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь; ссылки на цитируемую в статье литературу нумеруются в порядке цитирования, порядковые номера ссылок пишутся внутри квадратных скобок с указанием страницы (например, [1, с. 125], [2]). Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

**Структура статьи:** индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК); **инициалы и фамилия автора (авторов); название** должно отражать основную идею выполненных исследований, быть по возможности кратким; **аннотация** (200–250 слов) должна ясно излагать содержание статьи и быть пригодной для опубликования в аннотациях к журналам отдельно от статьи; **ключевые слова** (рекомендуемое количество – 5–7); **введение** должно указывать на нерешенные части научной проблемы, которой посвящена статья, сформулировать ее цель (содержание введения должно быть понятным также и неспециалистам в исследуемой области); анализ источников, используемых при подготовке научной статьи, должен свидетельствовать о достаточно глубоком знании автором (авторами) научных достижений в избранной области, автору (авторам) необходимо выделить новизну и свой вклад в решение научной проблемы, следует при этом сослаться на оригинальные публикации последних лет, включая и зарубежные; здесь же указывается цель исследования; **основная часть** статьи должна содержать описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных автором (авторами), полученные результаты должны быть проанализированы с точки зрения их достоверности и научной новизны и сопоставлены с соответствующими **известными** данными; **заключение** должно в сжатом виде показать основные полученные результаты с указанием их научной новизны и ценности, а также возможного применения с указанием при необходимости границ этого применения.

В конце статьи автору (авторам) необходимо поставить дату и подпись.

*Редколлегия оставляет за собой право отклонять статьи, не соответствующие профилю и требованиям журнала, содержащие устаревшие (5–7-летней давности) результаты исследований, однолетние данные и оформленные не по правилам. Статьи аспирантов, докторантов и соискателей последнего года обучения публикуются вне очереди при условии их полного соответствия данным требованиям. Единоличные статьи аспирантов, докторантов и соискателей предоставляются с подписью научного руководителя. Редакционная коллегия журнала осуществляет дополнительное рецензирование поступающих рукописей статей (двойное слепое рецензирование: автор не знает рецензента, рецензент не знает автора). Возвращение статьи автору на доработку не означает, что она принята к печати, переработанный вариант снова рассматривается редколлекцией. Датой поступления считается день получения редакцией окончательного варианта статьи. Редакция может принять решение о публикации статьи без рецензирования, если качество представленного исследования дает достаточно оснований для такой оценки. Публикация статей в журнале бесплатная. Ответственность за точность представленных материалов несут авторы и рецензенты, за направление в редакцию уже ранее опубликованных статей или статей, принятых к печати другими изданиями, – авторы.*

*Подаявая статью в редакцию журнала, автор подтверждает, что редакции передается беспроцентное право на оформление, издание, передачу журнала с опубликованным материалом автора для целей реферирования статей из него в любых Базах данных, распространение журнала/авторских материалов в печатных и электронных изданиях, включая размещение на выбранных либо созданных редакцией сайтах в сети интернет, в целях доступа к публикации любого заинтересованного лица из любого места и в любое время, перевод статьи на любые языки, издание оригинала и переводов в любом виде и распространение по территории всего мира, в том числе по подписке.*

*Статьи, не отвечающие вышеперечисленным требованиям, редакцией не рассматриваются (без дополнительного информирования автора).*

*Редакция оставляет за собой право сокращать текст и вносить редакционную правку.*

## Редакционный совет

**Великанов В. В.**, кандидат ветеринарных наук, доцент, ректор учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия».

**Есполов Т. И.**, доктор экономических наук, профессор, академик Казахской ААН, ректор НАО Национального Казахского аграрного университета.

**Курдеко А. П.**, доктор ветеринарных наук, профессор, проректор по научной работе и международным связям, директор Агротехнологического хаба НАО «Казахский национальный аграрный университет».

**Николаенко С. Н.**, доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник образования Украины, ректор Национального университета биоресурсов и природопользования Украины.

**Мицкевич Б.**, доктор экономических наук, профессор, декан экономического факультета Западнопоморского технологического университета.

**Макаш Ш.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой медицинских и ароматических растений Западногерманского университета.

**Джафаров И. Г.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ректор Азербайджанского государственного аграрного университета, член-корреспондент НАН Азербайджана.

## Редакционная коллегия

**Главный редактор Великанов В. В.**, кандидат ветеринарных наук, доцент, ректор учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия».

**Зам. главного редактора Колмыков А. В.**, доктор экономических наук, доцент, первый проректор.

## Члены редколлегии

**Буць В. И.**, доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой математического моделирования экономических систем агропромышленного комплекса.

**Бушуева В. И.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры селекции и генетики.

**Вильдфлуш И. Р.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры агрохимии, лауреат Государственной премии Республики Беларусь.

**Демичев Д. М.**, доктор юридических наук, профессор, заведующий кафедрой теории и истории права учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет».

**Дубежинский Е. В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий межвузовской научно-исследовательской лабораторией мониторинга и управления качеством высшего аграрного образования.

**Желязко В. И.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры мелиорации и водного хозяйства.

**Карташевич А. Н.**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой тракторов, автомобилей и машин для природообустройства.

**Ленькова Р. К.**, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры математического моделирования экономических систем агропромышленного комплекса.

**Лихачевич А. П.**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, главный научный сотрудник РУНИП «Институт мелиорации НАН Беларуси».

**Персикова Т. Ф.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой почвоведения.

**Петровец В. Р.**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой механизации растениеводства и практического обучения.

**Тибец Ю. Л.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, проректор по научной работе.

**Цыганов А. Р.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, первый проректор учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», академик НАН Беларуси, академик РАСХН, лауреат Государственной премии Республики Беларусь и премии Национальной академии наук Беларуси.

**Фрейдин М. З.**, кандидат экономических наук, профессор, профессор кафедры маркетинга, заслуженный экономист БССР.

**Шаршунов В. А.**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры механизации животноводства и электрификации сельскохозяйственного производства, член-корреспондент НАН Беларуси, заслуженный деятель науки Республики Беларусь.

**Шейко И. П.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик НАН Беларуси, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, первый заместитель генерального директора РУП «НПЦ по животноводству НАН Республики Беларусь».

**Шелюто Б. В.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры кормопроизводства и хранения продукции растениеводства.

**Ведущий редактор Савчиц Е. П.**

**Редактор технической Серякова Т. В.**

**Английский перевод Щербов А. В.**

*Подписные индексы: 75037 – индивидуальный, 750372 – ведомственный.*

*Подписку можно оформить в любом отделении связи*

*Адрес редакции:*

*213407, Республика Беларусь, Могилевская область, г. Горки,  
ул. Мичурина, 5, корпус № 9, аудитория 528. Тел. (8-02233) 7-96-99  
e-mail: vestnik-bгаа@yandex.ru*

© *Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2021*

*Подписано в печать 19.03.2021 Формат 60/84<sup>1/8</sup>*

*Усл. печ. л. 28,83 Уч.-изд. л. 25,00 Заказ Тираж 135 экз.*

*Отпечатано с оригинал-макета в отделении ризографии и художественно-оформительских работ  
центра научно-методического обеспечения учебного процесса УО БГСХА*

*213407, Могилевская область, г. Горки, ул. Мичурина, 5*