

ВЕСТНИК

БЕЛОРУССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ

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

2023 № 4

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

А. А. Гайдуков. Изменение численности сельского населения Могилевской области и его влияние на результаты производства в аграрном секторе экономики региона	5
К. І. Краўчанка. Агляд сістэм кіраўнічага ўліку па спосабе групоўкі затрат у птушкагадоўчых арганізацыях аграпрамысловага комплексу	10
Е. И. Бекиш, Е. Е. Мантур. Повышение эффективности деятельности ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика»	15

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

И. Р. Вильдфлуш, О. И. Мишура. Влияние форм микроудобрений на урожайность и качество озимой пшеницы, ячменя и гороха на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.....	20
П. А. Саскевич, Л. Г. Коготько, Н. В. Устинова. Влияние средств защиты растений, регуляторов роста и микроудобрений на формирование высокопродуктивных агроценозов подсолнечника	25
В. Б. Воробьев, О. И. Мишура, М. Л. Радкевич. Влияние известкования дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы отходами производства ОАО «Белорусский цементный завод» и доломитовой мукой на реакцию почвы, содержание микроэлементов и тяжелых металлов в почве и зерне озимой пшеницы.....	30
О. А. Хитрюк, В. Г. Тарануха. Влияние микроэлементов на формирование структуры урожайности и зерновой продуктивности сортов сои в условиях северо-восточной части Республики Беларусь.....	34
И. Р. Вильдфлуш, О. И. Мишура, О. В. Мурзова, Н. В. Барбасов. Эффективность применения комплексных удобрений при возделывании зерновых культур	39
Т. В. Сачивко, В. Н. Босак, А. А. Блохин, В. А. Бейня, Т. В. Семашко, А. А. Головач. Оценка душицы обыкновенной по хозяйственно полезным признакам.....	44
Ю. В. Кляусова, А. А. Цыганова, Г. В. Бельская. Перспективы развития биогазовых технологий в Республике Беларусь.....	52
В. Ю. Лагоненко, О. А. Якимович, М. С. Кастрюцкая. Оценка коллекции сортов груши на устойчивость к бактериальному раку в условиях <i>in vitro</i>	57
Т. В. Мельникова. Оценка коллекции озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения по урожайности зерна	62

Ж. А. Рупасова, Ф. И. Привалов, В. С. Задаля, К. А. Добрянская, Д. О. Сулим, С. Н. Абраменко, П. Н. Белый, Т. В. Шпитальная, М. А. Долбик. Влияние источников искусственного освещения на биохимический состав ассимилирующих и генеративных органов растений томата	67
В. В. Скорина, Е. В. Панкрутская. Селекция фасоли овощной (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) на продуктивность и экологическую стабильность	74
В. А. Емелин, Б. В. Шелюто. Показатели питательности и силосуемости зеленой массы силфий пронзеннолистной в зависимости от фазы развития растений в северо-восточной части Беларуси	81
О. Г. Горových, К. Ф. Саевич. Средство для борьбы с муравьями на приусадебных участках на основе дигидрата сульфата кальция и нефтяных шламовых отходов	87

МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

А. И. Филиппов, С. Д. Лещик, К. Л. Пузевич. Анализ и оптимизация работы разбрасывателя минеральных удобрений	94
Е. А. Мажугин, В. И. Коцуба, С. Н. Ничипорук. Особенности термического обезвоживания нефтяных масел, используемых в тракторах	101
И. И. Бондаренко, В. Г. Костенич, Ю. Д. Карпиевич, Н. С. Бабак, А. Д. Бондаренко, В. А. Белоусов. Влияние фрикционных материалов на механизм нагруженности привода вала отбора мощности с интегрированной гидравлической машиной	106
М. В. Цайц, В. А. Левчук, В. И. Коцуба, Т. Л. Хроменкова, А. Д. Булаткин, А. В. Шик. Техничко-экономические аспекты применения роторно-бильного аппарата в льноуборочном комбайне	112
В. С. Астахов, Г. О. Иванчиков. К вопросу повышения эффективности использования твердых минеральных удобрений путем решения проблем их хранения	118
А. В. Попрукайло, Г. А. Костюкович, М. Е. Кипнис, Д. С. Калынов. Оптимизация технологии формирования антифрикционных полимерных покрытий деталей шлицевых соединений карданных передач	123

МЕЛИОРАЦИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

Е. А. Вчерашний, В. И. Желязко. Биоклиматические коэффициенты водопотребления сои и их изменчивость	127
В. В. Копытовский. Урожайность многолетних трав и эффективность агромероприятий при орошении	132

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ КРУГОЗОР

М. Э. Садыхова. Современные исследования основных показателей горно-лесных бурых почв в Ленкоранской области	137
П. А. Самедов. Биоценотическая структура беспозвоночных животных серо-бурых и сероземно-луговых почв естественных и окультуренных ценозов	141
Г. А. Асланов, Т. Д. Бадалова. Влияние числа поливов и минеральных удобрений на урожайность озимого овса в западной зоне Азербайджана	146
Л. Ш. Халилова. Сравнительная оценка почв северо-восточного склона Малого Кавказа (на примере Дашкесанского, Кедабекского и Гейгёльского районов)	150

ОБЗОРЫ, ФРАГМЕНТЫ, РЕЦЕНЗИИ

В. В. Васильев. Рецензия на монографию профессора Ф. В. Зиновьева «Управление деятельностью кафедры»	157
---	-----

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

Г. И. Витко. Основоположник династии агрономов – Григорий Иванович Таранухо	159
Т. Ф. Персикова, С. Д. Курганская, О. В. Мурзова, Е. Ф. Валейша, М. В. Царева, О. А. Поддубный. Творческое наследие профессора А. И. Горбылевой (к 95-летию со дня рождения)	163

BULLETIN

OF THE BELARUSSIAN STATE AGRICULTURAL ACADEMY

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

2023 № 4

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

- A. A. Gaidukov.** Changes in the rural population of Mogilev region and its influence on the results of production in the agrarian sector of economy of the region..... 5
- K. I. Krauchanka.** Overview of management accounting systems according to the cost group method in poultry organizations of agro-industrial complex 10
- E. I. Bekish, E. E. Mantur.** Increasing the efficiency of OJSC “Vitebsk Broiler Poultry Factory” ... 15

FARMING AND PLANT-GROWING

- I. R. Vildflush, O. I. Mishura.** The influence of forms of micro-fertilizers on productivity and quality of winter wheat, barley and peas on sward-podzolic light loamy soil..... 20
- P. A. Saskevich, L. G. Kogotko, N. V. Ustinova.** The influence of plant protection means, growth regulators and micro-fertilizers on the formation of highly productive agrocenoses of sunflower..... 25
- V. B. Vorobev, O. I. Mishura, M. L. Radkevich.** The influence of liming of sward-podzolic light loamy soil by production wastes of JSC “Belarusian Cement Works” and dolomite flour on soil reaction, content of microelements and heavy metals in the soil and grain of winter wheat 30
- O. A. Khitriuk, V. G. Taranukho.** The influence of microelements on the formation of yield structure and grain productivity of soy varieties in the conditions of the north-eastern part of the Republic of Belarus 34
- I. R. Vildflush, O. I. Mishura, O. V. Murzova, N. V. Barbasov.** Efficiency of application of complex fertilizers for grain crops cultivation..... 39
- T. V. Sachivko, V. N. Bosak, A. A. Blokhin, V. A. Beinia, T. V. Semashko, A. A. Golovach.** Evaluation of oregano according to economically valuable traits 44
- Iu. V. Kliausova, A. A. Tsyganova, G. V. Belskaia.** Prospects for the development of biogas technologies in the Republic of Belarus..... 51
- V. Iu. Lagonenko, O. A. Iakimovich, M. S. Kastritskaia.** Estimation of pear varieties collection according to resistance to bacterial cancer under in vitro conditions 57

T. V. Melnikova. Estimation of collection of winter soft wheat of different ecological-geographical origin according to grain productivity	62
Zh. A. Rupasova, F. I. Privalov, V. S. Zadalia, K. A. Dobrianskaia, D. O. Sulim, S. N. Avramenko, P. N. Belyi, T. V. Shpitalnaia, M. A. Dolbik. The influence of sources of artificial lighting on biochemical composition of assimilating and generative organs of tomato plant	67
V. V. Skorina, E. V. Pankrutaskaia. Selection of vegetable runner beans (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) for productivity and ecological stability.....	74
V. A. Amelin, B. V. Sheliuto. Indicators of nutrition value and silage capacity of green mass of <i>silphium perfoliatum</i> depending on the phase of development of plants in the north-eastern part of Belarus	81
O. G. Gorovykh, K. F. Saeovich. Ant control means on household plots based on calcium sulphate dihydrate and oil sludge waste.....	87

MECHANIZATION AND POWER ENGINEERING

A. I. Filippov, S. D. Leshchik, K. L. Puzevich. Analysis and optimization of work of mineral fertilizer spreader	94
E. A. Mazhugin, V. I. Kotsuba, S. N. Nichiporuk. Features of thermal dehydration of petroleum oils used in tractors.....	101
I. I. Bondarenko, V. G. Kostenich, Iu. D. Karpievich, N. S. Babak, A. D. Bondarenko, V. A. Belousov. The influence of friction materials on the mechanism of loading PTO shaft drive with an integrated hydraulic machine	106
M. V. Tsaits, V. A. Levchuk, V. I. Kotsuba, T. L. Khromenkova, A. D. Bulatkin, A. V. Shik. Technical-economic aspects of application of rotor-beater apparatus in flax harvesting combine	112
V. S. Astakhov, G. O. Ivanchikov. On the issue of increasing the efficiency of the use of hard mineral fertilizers by solving the problem of their storage.....	118
A. V. Poprukailo, G. A. Kostiukovich, M. E. Kipnis, D. S. Kalynov. Optimization of technology for forming anti-friction polymer coatings of parts of splined connected cardan gears	123

MELIORATION AND LAND USE PLANNING

E. A. Ucharashni, V. I. Zheliashko. Bioclimatic coefficients of water consumption of soy and their changeability.....	127
V. V. Kopytovskii. Productivity of perennial grasses and efficiency of agro-melioration measures during irrigation.....	132

PROFESSIONAL OUTLOOK

M. E. Sadykhova. Modern research of the main indicators of mountain-forest brown soils in Lenkoran region.....	137
P. A. Samedov. Biocenotic structure of invertebrate animals of grey-brown and grey-meadow soils of natural and cultured cenoses	141
H. A. Aslanov, T. D. Badalova. The influence of the number of waterings and amount of fertilizers of winter oats productivity in the western zone of Azerbaijan.....	146
L. Sh. Khalilova. Comparative evaluation of the soils of the northeastern slope of the Lesser Caucasus (in the example of Dashkasan, Gadabey and Goygol regions).....	150

SURVEYS. FRAGMENTS. REVIEWS

V. V. Vasilev. Review of the monograph of Professor F. V. Zinovev «Management of the department activity»	157
--	-----

JUBILEE DATES

G. I. Vitko. The founder of agronomist dynasty – Grigorii Ivanovich Taranukho	159
T. F. Persikova, S. D. Kurganskaia, O. V. Murzova, E. F. Valeisha, M. V. Tsareva, O. A. Poddubnyi. Creative heritage of Professor A.I. Gorbyleva (on the 95 th anniversary of her birth)..	163

АГРАРНАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 631.15 : 31 (476,4)

ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВА В АГРАРНОМ СЕКТОРЕ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА

А. А. ГАЙДУКОВ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: haidukou@list.ru

(Поступила в редакцию 13.10.2023)

В статье рассмотрена динамика изменения численности городского и сельского населения Могилевской области за 2013–2022 гг. в целом и в разрезе отдельных административных районов. С помощью стохастического анализа дана количественная оценка влияния численности сельского населения на результаты производства продукции сельского хозяйства с учетом функционирования личных подсобных хозяйств граждан. Кроме того, определены особенности формирования валовой продукции сельского хозяйства всеми категориями хозяйств в административных районах области преимущественно индустриального типа.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что в период с 2013 по 2022 гг. в Могилевской области среднегодовая численность сельского населения имеет четкую тенденцию снижения, что составляет 3,9 тыс. чел. ежегодно. Снижение численности сельского населения за весь период произошло во всех административных районах области, за исключением центрального региона.

Общее число сельских жителей оказывает существенное влияние на результаты производства в аграрном секторе области и его роль в приросте валовой продукции с каждым годом возрастает. Значительный дополнительный прирост производства продукции за счет личных подсобных хозяйств подтверждает зависимость масштабов производства в данной категории хозяйств от общего состава сельской семьи. Вместе с тем в административных районах области преимущественно индустриального типа по сравнению с другими районами наблюдается более низкий уровень производства сельскохозяйственной продукции. Одной из причин такого положения может являться участие значительного числа сельских жителей в промышленном производстве предприятий районных центров.

Ключевые слова: регион, сельское население, валовая продукция, тенденция, категория хозяйств.

The article examines the dynamics of changes in the size of the urban and rural population of the Mogilev region for 2013–2022 in general and in the context of individual administrative regions. Using stochastic analysis, a quantitative assessment of the impact of the size of the rural population on the results of agricultural production is given, taking into account the functioning of citizens' personal subsidiary plots. In addition, the features of the formation of gross agricultural output by all categories of farms in the administrative districts of the region, predominantly of an industrial type, have been identified.

The results of the study indicate that in the period from 2013 to 2022 in the Mogilev region, the average annual rural population has a clear downward trend, amounting to 3.9 thousand people annually. A decrease in the rural population over the entire period occurred in all administrative districts of the region, with the exception of the central region.

The total number of rural residents has a significant impact on the results of production in the agricultural sector of the region and its role in the growth of gross output increases every year. A significant additional increase in production due to personal subsidiary plots confirms the dependence of the scale of production in this category of farms on the overall composition of the rural family. At the same time, in the administrative districts of the region, which are predominantly industrial, a lower level of agricultural production is observed in comparison with other regions. One of the reasons for this situation may be the participation of a significant number of rural residents in the industrial production of enterprises in regional centers.

Key words: region, rural population, gross output, trend, category of farms.

Введение

Основной задачей функционирования аграрного сектора экономики является производство продукции растениеводства и животноводства, позволяющее сбалансировать спрос и предложение по важнейшим видам сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [1]. Важным направлением при решении данной задачи является обеспечение устойчивого развития сельского хозяйства в условиях модернизации экономики за счет наращивания качества трудового потенциала АПК и повышения эффективности его использования [2].

Вместе с тем качественная сторона трудовых ресурсов неразрывно связана с их количественной составляющей, которая определяется демографическими процессами, естественным воспроизводством населения [3]. Сокращение численности трудовых ресурсов села, вызванное ухудшением демографического потенциала сельской местности, интенсивностью миграционных потоков сельских жителей в города, в значительной степени усложняет проблему повышения качества трудовых ресурсов аграрной сферы республики. В этой связи представляется актуальной оценка тенденций изменения количественного состава сельского населения во взаимосвязи с результатами сельскохозяйственного производства. На наш взгляд, определенные закономерности можно выявить при проведении анализа на региональном уровне, а также с учетом функционирования отдельных категорий хозяйств. В связи с вышеизложенным, целью исследования является определение тенденции изменения численности сельского населения Могилевской области и оценка его количественного влияния на результаты производства сельскохозяйственной продукции.

Основная часть

Тенденции снижения общей численности населения, а также уменьшение удельного веса сельских жителей, которые в последние годы наблюдаются по республике, свойственны также отдельным регионам, в частности, Могилевской области. В 2022 г. по сравнению с 2013 г. среднегодовая численность населения региона сократилась на 82842 чел., или на 7,7 %. При этом доля сельского населения уменьшилась на 2,2 п. п.

Динамика изменения численности городского и сельского населения за 2013–2022 гг. представлена на рис. 1.

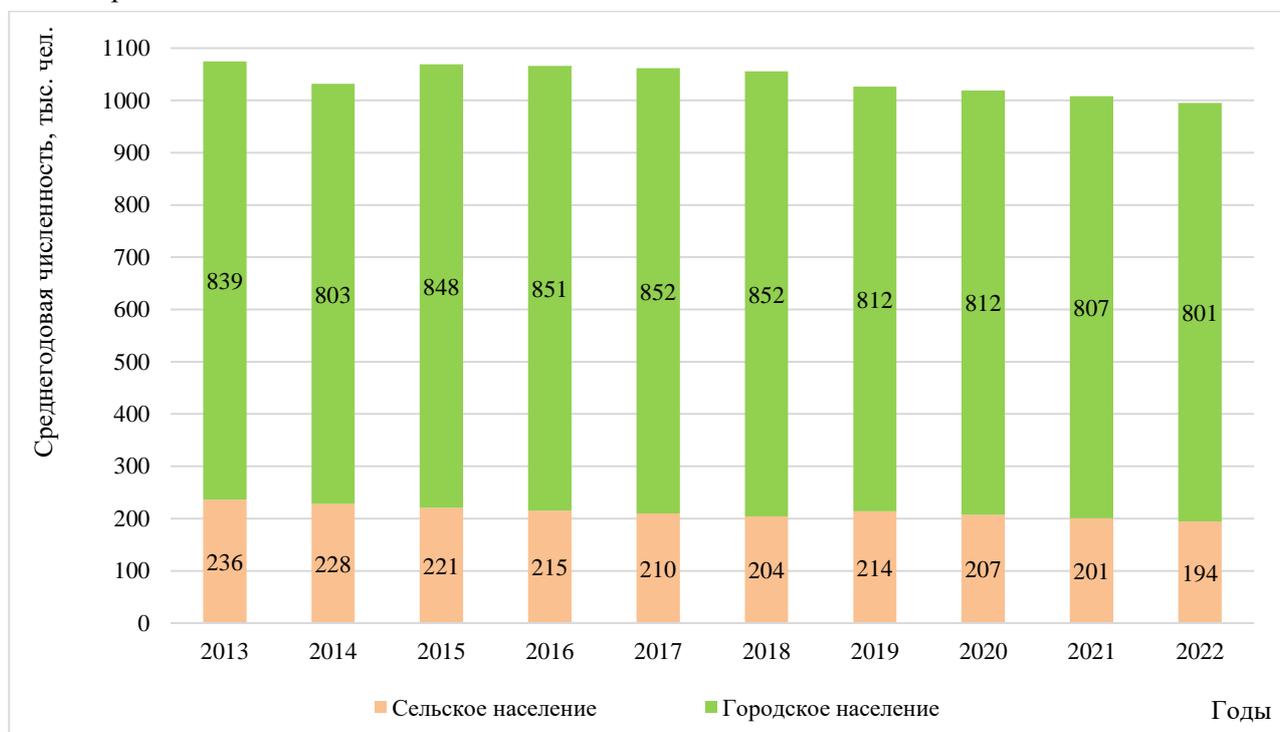


Рис. 1. Динамика численности городского и сельского населения Могилевской области за 2013–2022 гг. Примечание. Составлен автором на основании источников [4, 5, 6].

В изменении численности городских жителей области четкой тенденции не прослеживается, в то время как, среднегодовая численность сельского населения региона за указанный период снижалась ежегодно в среднем на 3,9 тыс. чел.

Общая тенденция изменения численности населения и его структуры свойственна практически всем административным районам Могилевской области. (табл. 1).

Данные табл. 1 свидетельствуют об уменьшении общей среднегодовой численности населения как в целом по Могилевской области, так и по всем административным районам региона. Впервые за последние годы среднегодовая численность населения области стала менее 1 млн чел. Наибольшее снижение среднегодовой численности населения в 2022 г. по сравнению с 2013 г. в относительном выражении наблюдалось в Мстиславском районе и составило 17,7 %. Следует отметить, что за данный период среднегодовое население Могилевского района сократилось на 14334 чел. Тем не менее

Могилевский район остается единственным в области, где произошел прирост численности сельского населения (+ 44 чел. к 2013 г.).

Административные районы области значительно различаются по представленной структуре среднегодовой численности населения. Бобруйский и Могилевский районы являются преимущественно индустриальными [7]. В связи с этим численность сельского населения в них составляет около 10 %. Также, ввиду специфики развития, значительно преобладает численность городского населения в таких районах области, как Горецкий, Климовичский, Костюковичский, Кричевский, Осиповичский и Шкловский. В данных районах численность сельского населения не превышает 35 %. Вместе с тем, если в 2013 г. в отдельных районах области (Глусский, Кличевский, Мстиславский) численность сельского населения составляла более 50 %, то в 2022 г. большую часть в них составляет городское население.

Определенные различия в тенденции изменения численности населения по административным районам области можно заметить при более детальном рассмотрении показателей, представленных в табл. 1. В частности, прирост городского населения за представленный период произошел только в Славгородском районе (+132 чел. к 2013 г.). В большинстве районов снижение общей численности населения произошло за счет значительного уменьшения числа сельских жителей. Закономерно, в преимущественно индустриальных районах (Бобруйский, Могилевский, Кричевский, Осиповичский) уменьшение численности городского населения обусловило в них общее снижение числа жителей.

Таблица 1. Динамика состава и структуры среднегодовой численности населения Могилевской области по районам

Наименование района	2013 г.			2021 г.			2022 г.			Общая численность 2022 г. в % к 2013 г.
	Общая численность, чел.	в т. ч. сельское население	% сельского населения	Общая численность, чел.	в т. ч. сельское население	% сельского населения	Общая численность, чел.	в т. ч. сельское население	% сельского населения	
Бельничский	20285	9771	48,2	18211	8352	45,9	17862	8084	45,3	88,1
Бобруйский	235618	18224	7,7	228084	17552	7,7	226246	17103	7,6	96,0
Быховский	32038	15235	47,6	29566	12805	43,3	28927	12413	42,9	90,3
Глусский	14903	7623	51,2	12879	5703	44,3	12565	5459	43,4	84,3
Горецкий	45139	13429	29,8	39638	9438	23,8	38702	9121	23,6	85,7
Дрибинский	10897	7750	71,1	10035	7005	69,8	9796	6815	69,6	89,9
Кировский	20658	12031	58,2	17839	9713	54,4	17421	9399	54,0	84,3
Климовичский	26288	9965	37,9	23074	7749	33,6	22607	7425	32,8	86,0
Клический	15754	8389	53,2	14235	6933	48,7	13991	6683	47,8	88,8
Костюковичский	24661	8785	35,6	22316	6940	31,1	21887	6706	30,6	88,8
Краснопольский	10238	4339	42,4	9226	3415	37,0	9032	3297	36,5	88,2
Кричевский	33370	6929	20,8	28897	4960	17,2	28360	4774	16,8	85,0
Круглянский	14731	7251	49,2	13269	5830	43,9	12960	5628	43,4	88,0
Могилевский	409110	40345	9,9	397487	41067	10,3	394776	40389	10,2	96,5
Мстиславский	22953	12385	54,0	19338	9168	47,4	18882	8781	46,5	82,3
Осиповичский	49480	14625	29,6	45003	12644	28,1	44201	12233	27,7	89,3
Славгородский	13811	6076	44,0	12763	4851	38,0	12513	4646	37,1	90,6
Хотимский	11775	5026	42,7	10216	3987	39,0	9984	3812	38,2	84,8
Чаусский	19663	8963	45,6	17548	7383	42,1	17117	7124	41,6	87,1
Чериковский	14097	5862	41,6	12940	5090	39,3	12673	4891	38,6	89,9
Шкловский	29046	12725	43,8	25280	10025	39,7	24771	9693	39,1	85,3
По области	1074515	235728	21,9	1007844	200610	19,9	995273	194476	19,5	92,6

Примечание: Составлена автором на основании источников [4, 5, 6].

В процессе дальнейшего исследования оценено количественное влияние указанных процессов движения населения в Могилевской области на производство продукции сельского хозяйства. В частности, степень влияния численности населения на изменение валовой продукции сельского хозяйства в разрезе административных районов области определено с помощью стохастического анализа.

Производство продукции сельского хозяйства в республике осуществляется в трех категориях хозяйств: сельскохозяйственных организациях (СХО), крестьянских (фермерских) хозяйствах (КФХ) и хозяйствах населения (ХН). Основную часть хозяйств населения составляют личные подсобные хозяйства (ЛПХ), которые осуществляют свою деятельность в сельской местности. На их результаты производства закономерно оказывает влияние общая численность населения (состав семей) [8, 9, 10]. Данное положение целесообразно учитывать в процессе анализа.

Влияние среднегодовой численности населения Могилевской области в разрезе административных районов (x , чел.) на валовую продукцию сельского хозяйства (y , руб.) без учета деятельности хозяйств населения в 2021 г. выражается следующим уравнением:

$$y = 4448,3 + 9,1x.$$

Следовательно, увеличение среднегодовой численности сельского населения в регионе на 1 чел. вызывает средний прирост валовой продукции в сумме 9,1 руб. Необходимо заметить, что в данном случае численность населения на 69,6 % обуславливает изменение валовой продукции сельского хозяйства.

В свою очередь зависимость валовой продукции сельского хозяйства в регионе, произведенной всеми категориями хозяйств, от среднегодовой численности сельского населения определяется следующим уравнением:

$$y = 16979,0 + 9,9x.$$

Это значит, что сельское население, занимаясь личным подсобным хозяйством, вносит значительный вклад в результаты сельскохозяйственного производства региона. Это подтверждается тем фактом, что в данном случае степень влияния численности населения на валовую продукцию возросла до 72,8 % (на 3,2 п. п.).

По данным 2022 г. получены следующие уравнения зависимости:
– валовая продукция СХО и КФХ (в сопоставимых ценах 2021 г.):

$$y = -5037,8 + 10,6x;$$

– валовая продукция всех категорий хозяйств (в сопоставимых ценах 2021 г.):

$$y = 7881,7 + 11,4x.$$

Таким образом, в 2022 г. возрастает роль численности сельского населения в обеспечении прироста валовой продукции сельского хозяйства региона. При этом сохраняется закономерность предыдущего периода, согласно которой, значительный прирост производства продукции достигается за счет деятельности личных подсобных хозяйств граждан. В данном периоде степень влияния численности сельского населения на валовую продукцию с учетом хозяйств населения составляет 76,5 % (на 3,4 п. п. выше, чем без ЛПХ).

Отдельного внимания заслуживает влияние принадлежности административного района области к преимущественно индустриальному типу (Могилевский, Бобруйский, Осиповичский, Кричевский районы). Данный фактор является достаточно значимым при формировании валовой продукции в аграрном секторе региона. Результаты анализа показали, что принадлежность к данному типу обуславливает снижение валовой продукции сельского хозяйства в среднем на 62,2 тыс. руб.

Заключение

В целом результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие основные выводы:

– в последние годы в Могилевской области наблюдается тенденция последовательного снижения численности сельского населения и уменьшения его удельного веса в общей численности жителей региона за несущественным исключением по центральному региону;

– существенное влияние на результаты производства в аграрном секторе области оказывает общая численность сельского населения и его роль в приросте валовой продукции с каждым годом возрастает;

– значительный дополнительный прирост производства продукции за счет личных подсобных хозяйств подтверждает зависимость масштабов производства в данной категории хозяйств от общего состава сельской семьи;

– в административных районах области преимущественно индустриального типа по сравнению с другими районами наблюдается более низкий уровень производства сельскохозяйственной продукции. Одной из причин такого положения может являться участие значительного числа сельских жителей в промышленном производстве предприятий района.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доктрина национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 15 дек. 2017 г., № 962 // Бизнес-Инфо: Беларусь / ООО «Профессиональные правовые системы», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2023.
2. Пашкевич, О. А. Новое качество трудового потенциала аграрной отрасли: предпосылки формирования / О. А. Пашкевич, В. О. Лёвкина // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2020. – № 1. – С. 5–10.
3. Батракова, Л. Г. Количественные и качественные параметры формирования и управления трудовыми ресурсами / Л. Г. Батракова // Вест. Ленинградского гос. ун-та им. А. С. Пушкина. – 2013. – № 4. – С. 27–31.
4. Численность населения на 1 января 2014 года и среднегодовая численность населения за 2013 год по Республике Беларусь в разрезе областей, районов, городов, поселков городского типа: стат. бюллетень / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь; редкол.: И. С. Кангро [и др.]. – Минск: [б. и.], 2014. – 16 с.
5. Численность населения на 1 января 2022 г. и среднегодовая численность населения за 2021 год по Республике Беларусь в разрезе областей, районов, городов, поселков городского типа: стат. бюллетень / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь; редкол.: Ж. Н. Василевская [и др.]. – Минск: [б. и.], 2022. – 30 с.
6. Численность населения на 1 января 2023 г. и среднегодовая численность населения за 2022 год по Республике Беларусь в разрезе областей, районов, городов, поселков городского типа: стат. бюллетень / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь; редкол.: Ж. Н. Василевская [и др.]. – Минск: [б. и.], 2023. – 30 с.
7. Муравьев, А. А. Актуальные направления повышения эффективности сельского хозяйства региона (на примере Могилевской области) / А. А. Муравьев, В. И. Бельский, А. М. Тетёркина. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2017. – 157 с.
8. Гайдуков, А. А. Место и роль личных подсобных хозяйств населения в аграрной экономике Республике Беларусь / А. А. Гайдуков // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2018. – № 4. – С. 9–13.
9. Гайдуков, А. А. Роль отдельных категорий хозяйств в обеспечении прироста производства зерна в Республике Беларусь / А. А. Гайдуков // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2021. – № 4. – С. 23–27.
10. Гайдуков, А. А. Формирование и развитие среды функционирования личных подсобных хозяйств граждан / А. А. Гайдуков. – Горки: БГСХА, 2022. – 180 с.

АГЛЯД СІСТЭМ КІРАЎНІЧАГА ЎЛІКУ ПА СПАСАБЕ ГРУПОЎКІ ЗАТРАТ У ПТУШКАГАДОЎЧЫХ АРГАНІЗАЦЫЯХ АГРАПРАМЫСЛОВАГА КОМПЛЕКСУ

К. І. КРАЎЧАНКА

РНУП «Інстытут сістэмных даследаванняў у АПК НАН Беларусі»,
г. Мінск, Рэспубліка Беларусь, 220108, e-mail: brat_xxi@mail.ru

(Паступіла ў рэдакцыю 16.10.2023)

Ва ўмовах рынку прадпрыемства мала ўплывае на ўзровень цен і канкурэнцыі. У той жа час фінансавы вынік працы прадпрыемства, які вызначаецца ў агульным выпадку як розніца паміж выручкай і выдаткамі на вытворчасць, імат у чым можа быць палепшаны за кошт рацыянальнага кіравання сабекоштам прадукцыі. Для кіравання выдаткамі на прадпрыемстве павінна быць пабудавана адпаведная сістэма, якая дазваляе аператыўна кантраляваць узровень затрат і расходаў арганізацыі, што дазваляе аптымізаваць дзейнасць структурных падраздзяленняў і вытворчых працэсаў.

У сусветнай практыцы шырокае распаўсюджванне знайшлі метады кіравання сабекоштам прадукцыі на поўным і ўсечаным затратам. Кожны з названых метадаў валодае добрымі якасцямі і недахопамі ў рамках арганізацыі ўліку затрат у цэлым на прадпрыемстве і аднясенню затрат на сабекошт канкрэтных відаў прадукцыі. У артыкуле распрацаваны схемы аднясення затрат на вытворчасць прадукцыі прымяняльна да вытворчых прадпрыемстваў пры калькуляванні прадукцыі. Цэнтральнае месца пры выкарыстанні абодвух метадаў затрат займае падзел затрат на ўмоўна-пастаянныя і ўмоўна-пераменныя. У той жа час аднясенне канкрэтных затрат да пастаянных або пераменных часта з'яўляецца цяжкім.

У артыкуле паказана, што незалежна ад аднясення затрат да ўмоўна пастаянных або пераменных, гэта мае значэнне толькі для калькулявання сабекошту адзінкі прадукцыі і наступнага прыняцця рашэння аб выпуску таго ці іншага віду прадукцыі, а таксама спыненні выпуску. У той жа час пры ацэнцы фінансавага выніку што атрымліваецца прадпрыемствам, гэта значыць велічыні прыбытку або страт, на працягу доўгага перыяду часу, метады калькулявання ўплыву не аказвае.

Ключавыя словы: сабекошт прадукцыі, затраты на вытворчасць і на рэалізацыю, ўмоўна-зменныя і ўмоўна-пастаянныя затраты, сістэма кіраўніцкага ўліку, поўны сабекошт, усечаны сабекошт.

Under market conditions, the enterprise has little influence on the level of prices and competition. At the same time, the financial result of the company's work, which is generally defined as the difference between revenue and production costs, can be improved in many ways due to rational management of the cost of production. In order to manage costs at the enterprise, an appropriate system should be built, which allows you to quickly control the level of costs and expenses of the organization, which allows you to optimize the activity of structural divisions and production processes.

In global practice, the methods of managing the cost of products based on full and reduced costs have become widespread. Each of the mentioned methods has good qualities and shortcomings in the framework of the organization of cost accounting in general for the enterprise and the attribution of costs to the cost price of specific types of products. In the article, schemes of attribution of costs for production of products are developed, applicable to production enterprises when calculating products. The central place in the use of both methods of costs is the division of costs into contingently fixed and contingently variable. At the same time, classifying specific costs as fixed or variable is often difficult.

The article shows that regardless of whether the costs are classified as conditionally constant or variable, it is important only for calculating the cost of production of a unit and subsequent decision-making on the production of this or that type of product, as well as the cessation of production. At the same time, when evaluating the financial result obtained by the enterprise, that is, the amount of profit or loss, over a long period of time, the calculation method has no influence.

Key words: product cost, production and sales costs, conditional variable and conditional fixed costs, management accounting system, full cost, truncated cost.

Увядзенне

Улік затрат на вытворчасць павінен забяспечыць атрыманне ўсіх неабходных паказчыкаў вытворчай дзейнасці: своечасовае, поўнае адлюстраванне фактычных затрат на вытворчасць; падлік (калькуляванне) фактычнага сабекошту асобных відаў і ўсёй прадукцыі (работ, паслуг); кантроль за эканомным і рацыянальным выкарыстаннем матэрыяльных, працоўных і фінансавых рэсурсаў. У сувязі з гэтым, даследаванне сістэм кіраўніцкага ўліку па спосабам групавыя затрат набывае асаблівую актуальнасць, так як дазваляе ў наступным кіраваць сабекоштам, а такім чынам, павышаць эфектыўнасць вытворча-гаспадарчай дзейнасці суб'ектаў аграпрамысловага комплексу.

Аб'ектам даследавання ў артыкуле выступаюць сістэмы кіраўніцкага ўліку па спосабе групавыя затрат, прадметам – кіраванне затратамі на аснове поўнага і скарачанага сабекошту [1], удзел пастаянных і зменных затрат у фарміраванні сабекошту продажаў. Пры правядзенні даследавання выкарыстоўваліся прыёмы абстрактна-лагічнага, манаграфічнага і інш. метадаў.

Асноўная частка

У сучаснай літаратуры вылучаецца каля 20 спосабаў групавыя затрат для мэтай кіраўніцкага ўліку. Яны адрозніваюцца паміж сабой парадкам уключэння ў сабекошт гатовага прадукту размеркавальных прамых і ўскосных затрат, а таксама размеркаваннем затрат і затрат на ўзроўні прадпрыемства ў цэлым. Следствам гэтага з'яўляецца розная адзнака сабекошту гатовай прадукцыі, наяўных у запасах арганізацыі, і адпаведна ацэнкай фінансавага выніку дзейнасці прадпрыемства. У доўгатэрміновым перыядзе за кошт нівеліравання ваганняў рэшткаў гатовай прадукцыі і ўключэння ў фінансавы вынік усіх затрат і затрат панесеных арганізацыі, дадзены ўплыў сціраецца.

У адпаведнасці з беларускім заканадаўствам, асноўнымі затратнымі рахункамі ў птушкагадоўчых арганізацыях аграпрамысловага комплексу з'яўляюцца рахункі 20 «Асноўная вытворчасць», на якім улічваюцца затраты і выхад прадукцыі птушкагадоўлі, а таксама затраты па вырошчванні маладняку птушкі, незавершаная вытворчасць (затраты па інкубацыі яек і пераходзячыя па цыкле выходзячы куранят на наступныя справаздачныя перыяды); 23 «Даламожная вытворчасць», на якім улічваюцца затраты рамонтных майстэрняў, аўтатранспарту і г.д.; 25 «Агульнавытворчыя затраты» і 26 «Агульнагаспадарчыя затраты», прызначаныя для ўліку затрат звязаных з абслугоўваннем вытворчасці і кіраваннем арганізацыі; 44 «Затраты на рэалізацыю» [2].

Кіраванне затратамі на вытворчасць прадукцыі на прадпрыемстве заключаецца ў прагназаванні і планаванні, нарміраванні ўзроўню затрат прадпрыемства, іх уліку і вылічэння сабекошту прадукцыі, аналіз, паўсюдны кантроль і рэгуляванне дзейнасці па ходзе яе ажыццяўлення. У айчынай сусветнай практыцы склаліся дзве асноўныя сістэмы ўліку і кіравання затратамі на вытворчасць: па поўнаму сабекошту і па скарочанаму (таксама сустракаецца назва «усечаны» сабекошт).

Сістэма кіравання па поўнаму сабекошту (англ. absorption costing) [3] грунтуецца на разліку сабекошту прадукцыі шляхам аднясення ўсіх бягучых затрат аналізаванага перыяду на выпушчаную ў гэтым жа перыядзе прадукцыю.

Асноўныя перавагі сістэмы кіравання па поўнаму сабекошту [4, 5]: прастата арганізацыі разліку сабекошту прадукцыі на прадпрыемстве дазваляе пазбегнуць неабходнасці падзелу затрат на зменныя і пастаянныя; адказвае ўсім патрабаванням дзеючых нарматыўных актаў па ўліку і падаткаабкладанню; дае магчымасць разлічыць сабекошт і рэнтабельнасць асобных відаў прадукцыі; дае магчымасць разлічыць поўны сабекошт гатовай прадукцыі, запасаў гатовай прадукцыі на складзе і незавершанай вытворчасці; сістэма кіравання па поўнаму сабекошту гарантуе, што ў сабекошт прадукцыі будуць уключаны ўсе затраты і кошт іх пакрые; дае магчымасць абгрунтаваць кошт заказу пры паказаным метады.

Але ёсць і недахопы сістэмы кіравання па поўнаму сабекошту:

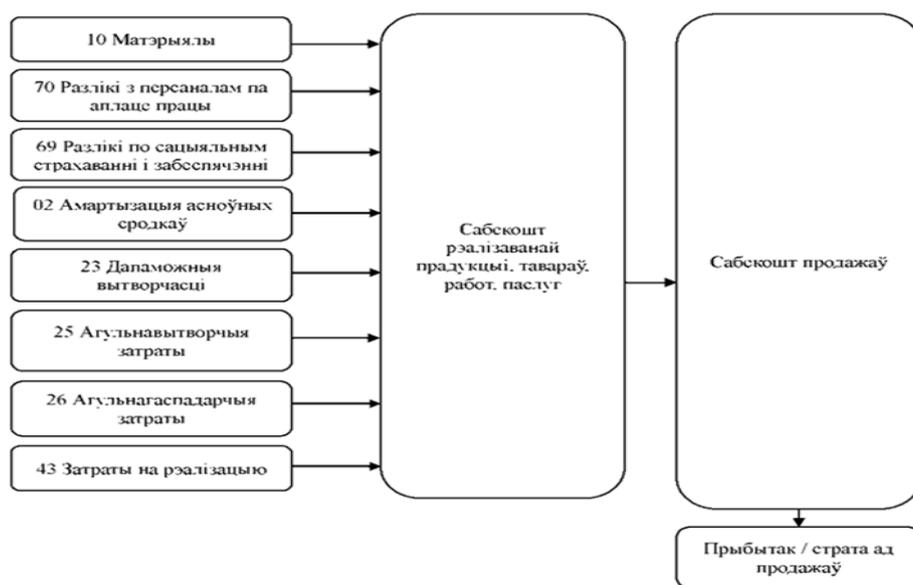
- можа скажаць рэальную велічыню сабекошту і весці да ўсталявання неабгрунтаваных коштаў, бо існуе верагоднасць выбару некарэктнай базы размеркавання ўскосных затрат пры складанай арганізацыйнай структуры і вялікім асартыменце прадукцыі;

- можна супаставіць поўны сабекошт аднолькавых тавараў розных вытворцаў, але немагчыма правесці якасны аналіз структуры сабекошту, ацаніць уплыў долі пастаянных затрат на велічыню сабекошту;

- затраты, непасрэдна незвязаныя з яе вытворчасцю, ўключаюцца ў сабекошт прадукцыі, у выніку адбываецца скажэнне рэнтабельнасці асобных відаў прадукцыі;

- капіталізацыя пастаянных ўскосных затрат у запасах гатовай прадукцыі на складзе, калі попыт на прадукцыю памяншаецца;

- без размеркавання поўных затрат на вытворчасць і рэалізацыю прадукцыі на пастаянныя і зменныя немагчыма эфектыўна кантраляваць, планаваць, аналізаваць і прымаць кіраўнічыя рашэнні. Спосаб групойкі затрат па поўнаму сабекошту ў рамках сістэм кіраўніцкага ўліку прадстаўлены на мал. 1.



Мал. 1. Групоўка затрат па поўнаму сабекошту ў рамках сістэм кіраўніцкага ўліку

Сістэма кіравання па скарачанаму сабекошту (direct-costing) грунтуецца на выдзяленні зменных, пастаянных затрат і разліку маржынальнага прыбытку або сум пакрыцця.

Да сістэмы кіравання затратамі па скарачанаму сабекошту адносяць наступныя перавагі:

- прастата і аб'ектыўнасць калькулявання частковага сабекошту, так як непатрэбна ўмоўнае размеркаванне пастаянных затрат;

- сабекошт розных перыядаў магчыма параўноўваць па зменным выдаткам, а таксама па адносным і абсалютным маржам. Такім чынам, ні змена структуры прадпрыемства, ні сувязанныя з гэтым змены пастаянных выдаткаў не маюць уплыву на сабекошт вырабаў;

- ёсць магчымасць акцэнтаваць увагу кіраўніцтва на змене маржынальнага даходу, як на ўсім прадпрыемстве, так і па асобным відам вытворчасці; а таксама выявіць вырабы з найбольшай рэнтабельнасцю [5];

- інфармацыя, якая атрымліваецца ў сістэме ўліку затрат па скарачанаму сабекошту, дазваляе праводзіць эфектыўную палітыку цэн;

- магчымасць правядзення аналізу ва ўмовах абмежаванага рэсурсу, што важна для планавання вытворчасці пры наяўнасці абмяжаваных фактараў;

- прынцыпы сістэмы ўліку затрат па скарачанаму сабекошту могуць быць выкарыстаны ў спалучэнні з іншымі сістэмамі кіраўніцкага ўліку.

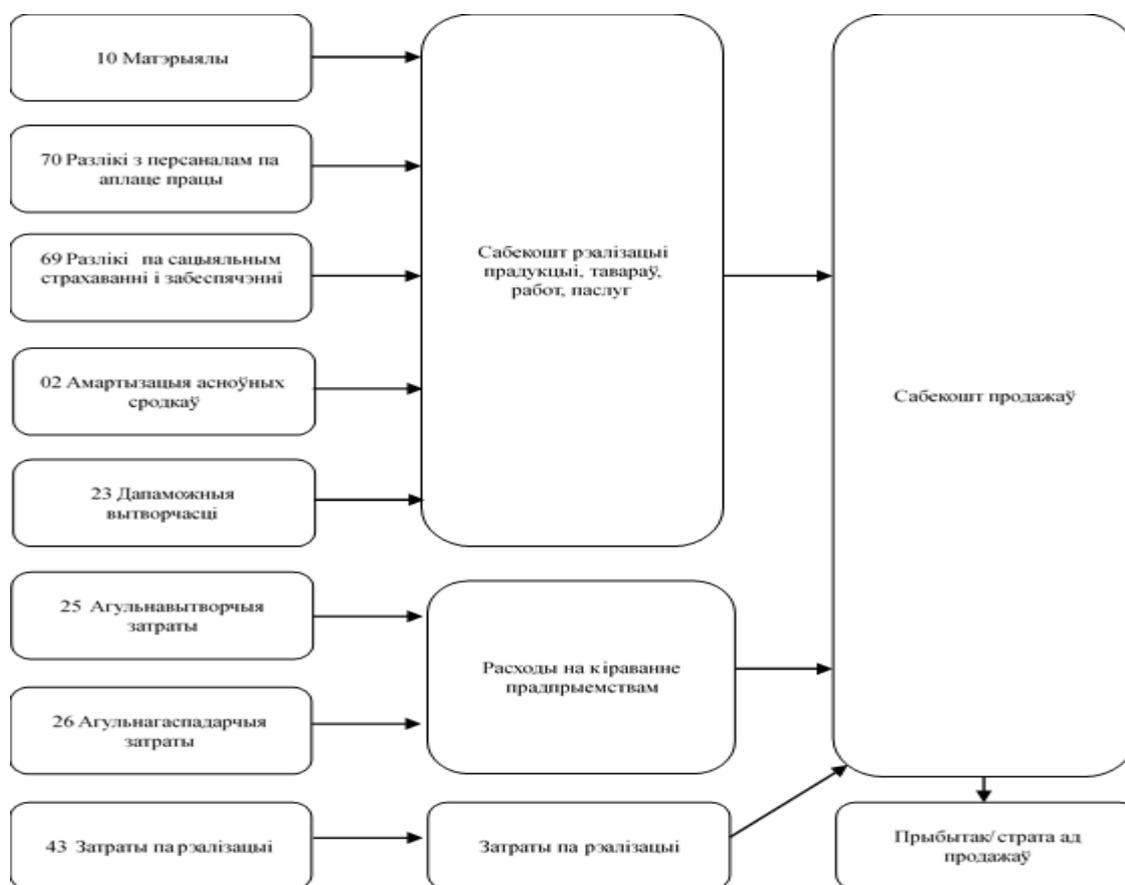
Агульныя недахопы сістэмы ўліку затрат па скарачанаму сабекошту:

- цяжкасці ў падзеле затрат на пастаянныя і зменныя. Значная частка змешаных затрат можа быць кваліфікавана па-рознаму, а гэта будзе адбівацца на выніках;

- неабходнасць для большасці кампаній наяўнасці інфармацыі аб велічыні поўных затрат, перш за ўсё для вызначэння цаны вырабаў, так як у цэнах у доўгатэрміновым плане неабходна забяспечваць пакрыццё ўсіх затрат прадпрыемства. Пры адсутнасці дадзеных аб поўным сабекошце вялікая рызыка невыканання гэтай умовы;

- наяўнасць некаторых цяжкасцяў пры фарміраванні знешняй справядчаснасці.

Спосаб груповікі выдаткаў па скарачанаму сабекошту ў рамках сістэм кіраўніцкага ўліку прадстаўлены на мал. 2.



Мал. 2. Групоўка выдаткаў па скарачанай сабекошту ў рамках сістэм кіраўніцкага ўліку

Неабходна разумець, што дадатковыя грошы зарабіць за кошт розных метадаў разліку выдаткаў немагчыма, выніковыя паказчыкі прымаюць аднолькавыя значэння. Пры вылічэнні фінансавых паказчыкаў па поўнаму сабекошту, прыбытак ад рэалізацыі – гэта рознасць паміж выручкай ад рэалізацыі і поўнаму сабекошту, па скарачанаму сабекошту, прыбытак ад рэалізацыі – гэта рознасць паміж маржынальным прыбыткам і сталымі затратамі.

На мал. 3 паказаны схемы фарміравання прыбытку ад рэалізацыі пры розных сістэмах кіравання затратамі.

Кіраванне затратамі па поўнаму сабекошту	Кіраванне затратамі па скарачанаму сабекошту
1. Выручка ад рэалізацыі – Поўны сабекошт рэалізаванай прадукцыі = Прыбытак ад рэалізацыі	1. Выручка ад рэалізацыі – Умоўна-зменныя затраты = маржынальны даход; 2. Маржынальны даход – Умоўна-пастаянныя затраты = Прыбытак ад рэалізацыі

Мал. 3. Схема фарміравання прыбытку пры розных сістэмах кіравання затратамі

У сусветнай практыцы атрымалі развіццё таксама мадыфікацыі названых сістэм: сістэмы кіравання па поўнаму сабекошту ў разрэзе відаў дзейнасці activity based costing і інш. І сістэмы кіравання па скарачанаму сабекошту: сістэма ўліку затрат і калькулявання сабекошту standart-costing; нарматыўны метады ўліку затрат і калькулявання сабекошту прадукцыі і інш. Кароткая інфармацыя пра іх, а таксама вартасця і недахопах сістэм прадстаўлена ў табл. 1.

Табліца 1. Параўнальны аналіз сістэм кіраўніцкага ўліку па спосабе групойцы затрат

Сістэма кіраўніцкага ўліку па спосабе групойцы затрат	Кароткая характарыстыка сістэмы кіраўніцкага ўліку па спосабе групойцы затрат	Перавагі сістэмы кіраўніцкага ўліку	Недахопы сістэмы кіраўніцкага ўліку
Сістэма кіравання затратамі па відах дзейнасці activity based costing	Сістэма калькулявання сабекошту мае на ўвазе групойку ўскосных затрат па відах дзейнасці, а затым іх размеркаванне паміж відамі прадукцыі грунтуючыся на патрэбнасці апошніх у адпаведных відах дзейнасці	Пры выкарыстанні дадзенай сістэмы калькулявання адбываецца размеркаванне затрат звязаных з дадзеным відам дзейнасці на пэўны пералік прадукцыі	Павелічэнне нагрузкі ў працэсе калькулявання гатовай прадукцыі, бо ўзнікае неабходнасць размеркавання прадукцыі на першым этапе па вытворчых цэхах, а затым па відах прадукцыі, гэта значыць у два крокі
Сістэма ўліку затрат і калькулявання сабекошту standart-costing	Сутнасць сістэмы ў тым, што ва ўлік уносіцца тое, што павінна адбыцца, а не тое, што адбылося; асноўная задача - улік страт і адхіленняў у прыбытку прадпрыемства	Для аналізу і кантролю затрат фарміруецца неабходная інфармацыйная база [6, 12], наглядна адлюстраваны адхіленні ад плана ў працэсе фарміравання затрат; мінімізуецца ўліковая праца, звязаная з калькуляваннем сабекошту, своечасовае прадстаўленне інфармацыі аб чаканых затратах на вытворчасць	Ужываецца для перыядычна паўтаральных затрат; поспех ужывання сістэмы залежыць ад складу і якасці нарматыўнай базы; адсутнічае магчымасць устаўлення норм па асобных відах затрат
Нарматыўны метады ўліку затрат і калькулявання сабекошту прадукцыі	Адмысловы выгляд уліковай падсістэмы, якая характарызуецца наяўнасцю нормаў выкарыстання рэсурсаў і нарматыўных (уліковых) коштаў гэтых рэсурсаў і выкарыстаннем гэтых паказчыкаў для планавання і кантролю	Магчымасць дэталізацыі пры складанні планавых калькуляцый; своечасовае ўстраненне негатыўных з'яў у вытворчым працэсе і кіраванні затратамі; стымуляванне кіраўніцтва і супрацоўнікаў да пошуку больш эфектыўных метадаў працы; нарматыўнае калькуляванне можа служыць базай для вызначэння сабекошту прадукцыі і цаны яе рэалізацыі [7, 13]	Складанасць распрацоўкі прымальных нарматываў эфектыўнасці працы; адхіленні выяўляюцца разлікамі за працяглы перыяд, не заўсёды дакументуюцца, вядзецца іх узбуйненне ўлік без вызначэння прычын і вінаватых, істотныя сумы няўлічаных адхіленняў ад нормаў і інш.; залежнасць ад вонкавых умоў у перыяды эканамічнай нестабільнасці і высокай інфляцыі [11]

Аналізуючы метады ўліку затрат, прадстаўленыя ў табл. 1, можам зрабіць выснову аб тым, што любая сістэма кіраўніцкага ўліку па групойцы затрат не з'яўляецца ў поўнай меры дасканалай, а таму патрабуе як перагляду арганізацыі ўліковай практыкі, так і пісьменнага прымянення, у тым ліку ў птушкагадоўчых арганізацыях аграпрамысловага комплексу.

Заклучэнне

Сучасныя сістэмы кіраўніцкага ўліку па спосабе групойкі затрат можна падпадзяліць на тыя, якія выкарыстоўваюць поўны сабекошт, якія ўлічваюць усе затраты, накіраваныя на вытворчасць прадукцыі, і якія выкарыстоўваюць скарачаны сабекошт, гэта значыць базуюцца на зменных затратах на вытворчасць і рэалізацыю прадукцыі. Абедзве сістэмы кіраўніцкага ўліку ў цэлым і іх падвіды маюць свае перавагі і недахопы.

Падводзячы вынік, неабходна адзначыць, што для пэўнага гаспадарчага суб'екта выбар метаду ўліку затрат і калькуляванне сабекошту прадукцыі (работ, паслуг) абумоўліваецца многімі фактарамі. Эфектыўнасць выкарыстання абранага метаду вызначаецца ступенню дасягнення мэтай, пастаўленых на этапе планавання вытворчасці. Ад правільнага выбару варыянту ўліку затрат у канчатковым рахунку залежыць фінансавы вынік дзейнасці арганізацыі.

ЛІТАРАТУРА

1. Теория и методология управления затратами в сельскохозяйственных организациях Беларуси / Ю. Н. Селюков [и др.]; Ин-т систем. исслед. в АПК Нац. акад. наук Беларуси. – Минск, 2010. – 92 с.
2. Шутова, И. С. Бухгалтерский (управленческий) учет в сельском хозяйстве: учебное пособие / И. С. Шутова, Г. М. Лисович. – М.: Вузовский учебник, 2018. – 64 с.
3. Хоружий, Л. И. Управленческий учет в сельском хозяйстве: учебник / Л. И. Хоружий, И. А. Сергеева, О. И. Костина. – М.: Инфра-М, 2018. – 160 с.
4. Бабаев, Ю. А. Учет затрат на производство и калькулирование себестоимости продукции: учеб.-практ. пособие / Ю. А. Бабаев. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва: вузовский учебник: ИНФРА-М, 2014. – 188 с.
5. Горина, М. С. Анализ преимуществ и недостатков системы калькулирования затрат директ-костинг / М. С. Горина, Ю. А. Макушева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 9-3. – С. 510–512.
6. Замбжицкая, Е. С. Взаимосвязь методов и способов калькулирования себестоимости продукции (работ, услуг): российский и зарубежный опыт / Е. С. Замбжицкая, Е. Ю. Щепотьева, В. П. Точилкина // Экономика и политика. – 2015. – № 2 (5). – С. 44–48.
7. Илюхина, Н. А. Методика управленческого учета затрат и калькулирования себестоимости продукции [Электронный ресурс] / Н. А. Илюхина // Науковедение. – 2015. – Т. 7, № 2. – С. 32–45.
8. Керимов, В. Э. Учет затрат, калькулирование и бюджетирование в отдельных отраслях производственной сферы: учеб. / В. Э. Керимов. – 8-е изд., перераб. и доп. – Москва: Дашков и К°, 2015. – 384 с.
9. Коломеец, Е. А. Оценка эффективности системы управления затратами / Е. А. Коломеец // Наука и производство Урала. – 2015. – № 11. – С. 165–169.
10. Колесникова, Т. Г. Оценка эффективности управления затратами с помощью ABC-метода / Т. Г. Колесникова, А. С. Александрова // Инновационные технологии управления и права. – 2015. – № 1 (11). – С. 48–52.
11. Управление затратами: пособие для реализации содержания образовательных программ высшего образования I ступени и переподготовки руководящих работников и специалистов / авт.-сост.: А. И. Трифунтов, В. И. Маргунова. – Гомель: учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», 2017. – 192 с.
12. Савицкая, Г. В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия: учебник / Г. В. Савицкая. – 2 изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 400 с.
13. Управление затратами на предприятии: учебник / В. Г. Лебедев [и др.]. – 5 изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: Питер, 2020. – 592 с.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ОАО «ВИТЕБСКАЯ БРОЙЛЕРНАЯ ПТИЦЕФАБРИКА»****Е. И. БЕКИШ**

Учреждение образования Федерации профсоюзов Беларуси Витебский филиал
«Международный университет «МИТСО»,
г. Витебск, Республика Беларусь, e-mail: bekish_e@tut.by

Е. Е. МАНТУР

Учреждение образования «Белорусский государственный национальный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: E_Mantur@tut.by

(Поступила в редакцию 20.10.2023)

Исследования показали, что внедрение новейших современных сельскохозяйственных технологий обусловило повышение продуктивности сельскохозяйственных животных и урожайности в растениеводстве, обеспечив потребность комбикормов не только для собственного поголовья птицы и крупного рогатого скота, но и для частичной реализации. При проведении оценки и анализа эффективности деятельности выявлено, что организация работает успешно по следующим направлениям: мясное птицеводство, производство мяса и мясных изделий, молочно-мясное скотоводство, растениеводство, комбикормовое производство. Она постоянно увеличивает объем производства и получает выручку и прибыль от реализации продукции. Устойчивое эффективное развитие обеспечивается за счет использования новейших технологий и внедрения современного оборудования. Осуществляя техническое перевооружение для устойчивого эффективного развития, птицефабрика реализует инвестиционные проекты, в результате, которых введены новые производственные объекты, что позволит увеличить выпуск более, чем на 12 тысяч тонн мяса птицы в год в живой массе. Важным резервом роста эффективности компании является конкурентоспособность ее продукции, обусловленная ее высокими показателями качественных характеристик. Высокое качество выпускаемой продукции открытого акционерного общества подтверждено полученными сертификатами, которые способствуют успешной реализации продукции в странах Азии и Европы. Для продвижения своих товаров и услуг используются разные логистические каналы, которые позволяют получать чистую прибыль, необходимую для дальнейшего успешного развития производства. Расширение географии поставок позволило повысить экспорт продуктов бренда «Ганна» на 26,9 % по сравнению с 2020 годом. При этом полученная чистая прибыль в 2021 году повысилась на 17852 тыс. руб., или более, чем в 2 раза по сравнению с 2019 годом.

Ключевые слова: эффективность, деятельность, качество, продукция, инвестиционные проекты, организация, логистические каналы, прибыль.

Research has shown that the introduction of the latest modern agricultural technologies has led to an increase in the productivity of farm animals and crop yields, ensuring the need for compound feed not only for our own poultry and cattle, but also for partial sales. When assessing and analyzing the effectiveness of its activities, it was revealed that the organization operates successfully in the following areas: poultry farming, production of meat and meat products, dairy and beef cattle breeding, crop production, and feed production. It constantly increases production volume and receives revenue and profit from the sale of products. Sustainable effective development is ensured through the use of the latest technologies and the introduction of modern equipment. Carrying out technical re-equipment for sustainable effective development, the poultry farm is implementing investment projects, as a result of which new production facilities have been introduced, which will increase production by more than 12 thousand tons of poultry meat per year in live weight. An important reserve for increasing the company's efficiency is the competitiveness of its products, due to their high quality characteristics. The high quality of the products of the open joint-stock company is confirmed by the received certificates, which contribute to the successful sale of products in Asia and Europe. To promote their goods and services, various logistics channels are used, which allow them to receive net profit necessary for the further successful development of production. Expanding the geography of supplies made it possible to increase the export of Ganna brand products by 26.9 % compared to 2020. At the same time, the net profit received in 2021 increased by 17,852 thousand rubles, or more than 2 times compared to 2019.

Key words: efficiency, activity, quality, products, investment projects, organization, logistics channels, profit.

Введение

В нынешней неблагоприятной экономической ситуации в стране, возникший в результате последствий пандемии коронавируса и вводимых США и странами Европы санкций, повышается ответственность и самостоятельность организаций в выработке и принятии управленческих решений по обеспечению эффективности их деятельности [4].

Белорусским предприятиям в рыночных условиях приходится прилагать значительные усилия, чтобы устоять в конкурентной борьбе и обеспечить нормальные условия хозяйствования. Проблема усугубляется также в условиях мирового экономического кризиса [3].

Используемые методы обеспечения экономической устойчивости, адаптации и развития переходят из разряда чрезвычайных мер в критической ситуации в регулярную деятельность по обеспечению устойчивого функционирования предприятия [8].

Актуальность темы исследования обуславливает то, что главной задачей функционирования каждого предприятия в любых условиях является обеспечение положительных финансовых результатов. Полученные финансовые результаты характеризуют эффективность развития компаний по всем направлениям их деятельности. Они являются основой и критериями экономического развития организации и определяют ее финансовые отношения со всеми партнерами и конкурентами на рынке.

Цель исследований – провести сравнительную оценку и анализ эффективности деятельности организации для определения направлений ее повышения.

Основная часть

Информационной базой для определения эффективности и анализа работы ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» являются материалы бухгалтерской и статистической отчетности, данные производственно-хозяйственной деятельности организации и показатели ее эффективности, электронные информационные ресурсы.

В процессе исследований использовались методы сравнения, экономического и статистического анализа. С их помощью научно обосновывается возможность снижения себестоимости, выявлены резервы повышения эффективности хозяйствования организации.

В последние годы в стране и Витебской области используется курс по образованию крупных интеграционных структур, которые дают возможность организациям весь производственный цикл самостоятельно осуществлять на своих мощностях. С этой целью за последние 12 лет к ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» были присоединены 14 убыточных колхозов, в том числе три агрокомплекса. В 2021 году к птицефабрике присоединено сельхозпредприятие «Возрождение» Витебского района [5].

Предприятие вынуждено вкладывать много средств для переоснащения присоединенных убыточных агрокомплексов и внедрения новейших современных сельскохозяйственных технологий с целью увеличения продуктивности сельскохозяйственных животных и урожайности в растениеводстве. Повышение урожайности на присоединенных землях позволило получать в достатке зерно для своевременного полного обеспечения потребности высококачественными кормами. В итоге за 2021 год комбикормовое производство произвело более 122 тыс. тонн. Это обеспечило потребность в комбикормах для собственного выращивания имеющегося поголовья птицы и крупного рогатого скота и для частичной реализации другим потребителям области.

В настоящее время ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» – одна из крупнейших в Республике Беларусь компаний холдингового типа, которая производит выпуск мяса птицы на промышленной основе с общим замкнутым циклом производства по принципу от поля до прилавка.

Однако в настоящий период из-за постоянно усложняющейся экономической ситуации, которая сформировалась из-за негативных последствий пандемии и действующих санкций, одним видом продукции заниматься нельзя. Рынки, особенно внешние, работают стихийно. Возникают периоды, когда продукты из птицы невостребованы, поэтому предприятие вынуждено работать только успешно и эффективно развиваться опережающими темпами по следующим направлениям: мясное птицеводство, производство мяса и мясных изделий, молочно-мясное скотоводство, растениеводство, комбикормовое производство [2, с. 34].

Несмотря на существующие неблагоприятные внешние факторы, ОАО продолжает постоянно увеличивать объем производства и его эффективность, о чем свидетельствуют основные показатели достигнутых производственных и финансовых результатов, представленные в таблице.

Характеристика финансовых результатов производственно-хозяйственной деятельности ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика»

Наименование показателей	Годы		
	2019	2020	2021
Объем производства продукции (работ, услуг) в отпускных ценах за вычетом налогов и сборов, исчисляемых из выручки, тыс. руб.	258618	285157	335577
Выручка от реализации продукции, товаров, работ, услуг, тыс. руб.	243820	266812	310447
Себестоимость реализованной продукции, тыс. руб.	215382	243338	264992
Прибыль от реализации продукции, товаров, работ, услуг, тыс. руб.	28438	23474	45455
Среднегодовая численность персонала, чел.	3739	3794	4003
Среднегодовая заработная плата одного работающего, руб.	1048,9	1151,7	1295
Производительность труда на одного работающего, тыс. руб.	65,2	70,3	77,6
Рентабельность от реализации товаров, работ, услуг, %	13,2	9,6	17,2

Как следует из данных, приведенных в таблице, предприятие на протяжении исследуемого периода работает эффективно, обеспечивая постоянный ежегодный рост объемов производства продукции. В 2020 г. он увеличился на 26539 тыс. руб., или 10,35 %, а в 2021 г. его рост по сравнению с преды-

душим годом составил 50420 тыс. руб., или 17,68 %.

Рост объемов производства связан с введением в эксплуатацию новых производственных объектов, что вызвано высоким спросом населения на продукты питания вообще и на востребованную продукцию из птицы в частности. Для дальнейшего роста повышения эффективности функционирования организации следует постоянно стремиться повышать объем выпуска продукции.

При анализе показателей выручки от реализации продукции, товаров, работ, услуг за последние годы выявлена положительная динамика их увеличения. Получаемая выручка с каждым годом повышается. Если в 2019 году она составляла 243820 тысяч рублей, то уже в 2021 году ее показатель увеличился на 66627 тыс. руб., или на 23,0 %. Это является подтверждением эффективности работы предприятия.

Изучение изменений себестоимости за исследуемый период показало ее повышение. В 2021 году себестоимость реализованной продукции составила 264992 тысяч рублей, а ее увеличение по сравнению с 2019 годом превысило 24 %. Это объясняется неблагоприятными внешними факторами, которые возникли из-за санкционного давления США и Европой, плавающего курса валют, роста цен на закупаемую организацией продукцию.

В открытом акционерном обществе среднегодовая численность персонала выросла в 2020 г. на 1,5 % относительно 2019 г., в 2021 г. на 5,5 % относительно 2020 г. Несмотря на существующие проблемы, следует отметить рост среднегодовой заработной платы одного работающего в течение последних лет. Так, средняя зарплата в 2020 г. увеличилась на 9,8 процента и составила 1151,7 рубля, а ее средний показатель в течение 2021 г. составил 1295 рублей.

Производительность труда работников, которая рассчитана по выручке от реализации за 3 года, выросла на 19 %. Превышение темпа роста производительности труда над темпом роста заработной платы положительно оказывает влияние на снижение себестоимости.

Анализ приведенных данных подтверждает, что коллектив птицефабрики, работая в сложных условиях значительной конкуренции на внутреннем рынке, существующей нестабильности на внешних рынках, обеспечивает эффективность развития компании.

Достигнутые производственные и финансовые показатели были получены за счет ориентации предприятия на использование «прорывных» технологий выращивания птицы и внедрения новейшего современного оборудования, модернизацию всего производственного цикла.

Рассматривая программу дальнейшего стабильного развития в ближайшее время, одним из основных направлений повышения эффективности функционирования предприятия является осуществление технического перевооружения. Поэтому для устойчивого эффективного развития организация реализует инвестиционные проекты.

В результате инвестированного проекта на сумму 17,2 млн. Вг руб. в 2019 году торжественно был произведен ввод своих зерноочистительно-сушильных комплексов и хранилища для зерновых культур, которые позволяют обеспечить стабильность выпуска собственных комбикормов. Эти объекты рассчитаны на 15 тыс. тонн.

В 2021 году финансирование инвестиционных проектов составило более 190 млн. руб. за счет кредитов в банках Беларуси [5].

В результате было осуществлено введение в эксплуатацию первой площадки бройлерного цеха № 3, а также участка убоя и переработки крупного рогатого скота. Сырьевой базой для него являются молодые бычки, которые выращены в агрокомплексах организации.

В январе 2022 года были открыты два новые производственные объекты, строительство которых входит в республиканскую Государственную программу «Аграрный бизнес на 2021–2025 годы». На них дополнительно создано 48 новых рабочих высокопроизводительных мест. На первом объекте – площадке № 1 цеха № 3 построены 14 птичников и другие сопутствующие инфраструктурные объекты. Ввод в эксплуатацию этого цеха позволит увеличить выпуск более, чем на 12 тысяч тонн мяса птицы в год в живой массе.

Чтобы повысить экономическую эффективность, при строгом соблюдении зоотехнических и ветеринарных требований, был введен второй важный объект – участок убоя и переработки мяса крупного рогатого скота, который является необходимым звеном в создании замкнутой цепи мясомолочного скотоводства. Он соответствует самым высоким требованиям. В результате углубленной переработки налажен выпуск охлажденных и замороженных продуктов в широком ассортименте. При этом введенные объекты снабжены современным оборудованием ведущих мировых производителей с использованием новейших прогрессивных энергосберегающих технологий.

Важным резервом роста эффективности деятельности организации является конкурентоспособность продукции, одним из важных показателей которой является ее качество. Качественные характеристики продуктов способствуют созданию их превосходства перед товарами-конкурентами у покупателя. Поэтому продукция птицефабрики изготавливается только из высококачественного, отбор-

ного сырья. Гарантией производства качественных продуктов является их соответствие требованиям ТНПА по всем показателям. При этом методы контроля качества осуществляются на всех стадиях жизненного цикла продукции, а также при проведении лабораторных испытаний.

Свидетельство высокого качества выпускаемой продукции открытого акционерного общества подтверждается получением сертификата № НП.ВУ 436 до 30.12.2017 года на право маркировки знаком «Натуральный продукт» на мясо птицы охлажденное, которое изготавливается по СТБ 1945-2010.

Полученный сертификат № ХП.ВУ 0.41/2021 до 3.05.2022 года на право маркировки знаком «Халляль» на 20 наименований продуктов, выпускаемых предприятием, позволяет вести успешно реализацию продукции в странах Азии и Европы [6].

Для любого предприятия важно не только произвести товар, его необходимо еще и грамотно реализовать, чтобы получить прибыль, которая обеспечит дальнейшее развитие. Наряду с реализацией инвестпроектов компания последовательно и грамотно работает по дальнейшему увеличению продаж на экспорт, расширяя географию рынков сбыта.

Фабрика продает свою продукцию через следующие основные логистические каналы:

- прямые поставки, куда входят крупные торговые сети, предприятия потребкооперации, социально-оздоровительные учреждения, прочие торговые предприятия (в том числе индивидуальные предприниматели);
- собственная товаропроводящая сеть, включающая торговые дома, фирменную торговлю (фирменные магазины, сеть общественного питания и другие объекты торговли);
- посредники: оптовые посредники, дилеры;
- доставка заказов через Интернет-магазин любых товаров, размещённых в каталоге на сайте www.dostavka-vitebsk.by [7].

Основными преимуществами компании для возможности освоения и расширения рынков реализации являются единое таможенное пространство между Республикой Беларусь и Россией и выгодное географическое положение [1].

В прошедшем 2021 г. компания значительно расширила географию своих поставок. Сбыт товаров и услуг осуществлялся как на внутреннем рынке страны, так и в такие страны, как в Россия, Азербайджан, Армения, Грузия, Узбекистан, Таджикистан, Казахстан и Китай. С учетом затягивания конфликта поставки на Украину были приостановлены. При этом большая часть всей экспортируемой продукции была поставлена в Российскую Федерацию и КНР. Экспорт продуктов бренда «Ганна» повысился и составил 19,8 млн. долларов, что больше на 26,9 % по сравнению с 2020 годом.

Производя техническое перевооружение существующих и введение новых объектов, для получения высокого качества выпускаемых продуктов, компания обеспечивает ежегодный рост объёмов производства и продаж, что позволяет увеличивать ее прибыль. Именно в прибыли, полученной в результате продаж, заинтересованы собственники организации и ее деловые партнеры. Изменение показателей чистой прибыли за последние три года рассмотрим на представленном рисунке.

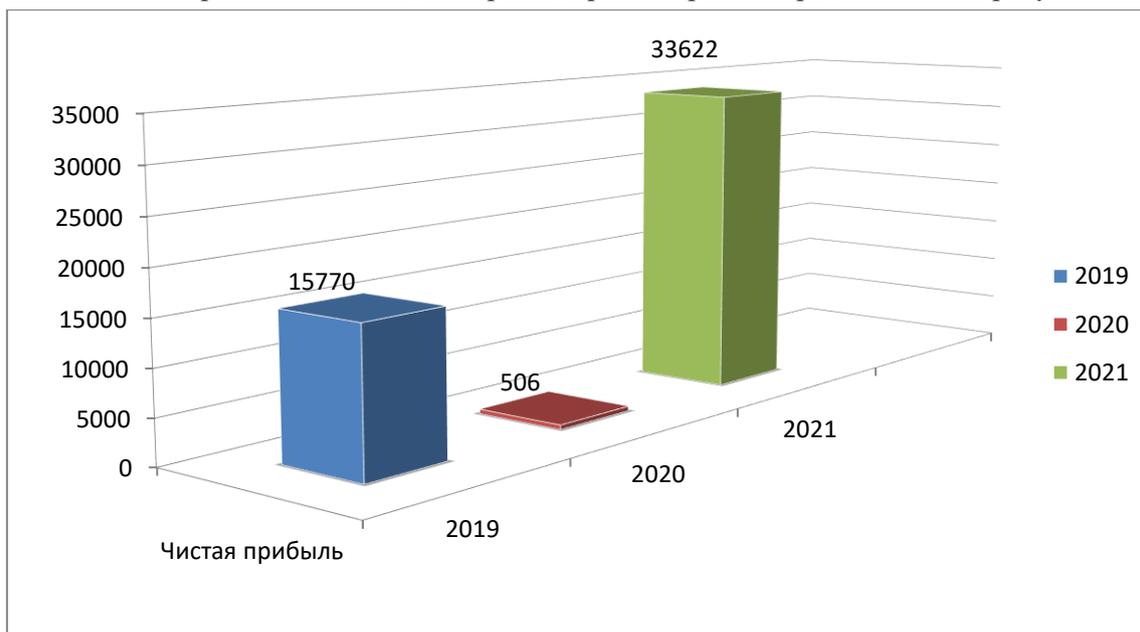


Рис. Показатели чистой прибыли предприятия за 2019–2021 гг., тыс. руб.

Из представленной на рисунке информации следует, что компания ежегодно работает с прибылью. При этом самая большая чистая прибыль была получена в 2021 году. Она составила 33622 тыс. руб. Ее величина повысилась на 17852 тыс. руб. или более, чем в 2 раза по сравнению с 2019 годом. В 2020 году наблюдается низкая полученная прибыль. Это объясняется ведением строительства бройлерного цеха № 3 и участка убоя и переработки мяса крупного рогатого скота по инвестиционным проектам и последствий принятых мер в мире для противодействия эпидемии коронавируса и кризиса в экономике.

Заключение

На основании представленной информации выявлено, что предприятие на протяжении исследуемого периода работает эффективно, обеспечивая постоянный ежегодный рост объемов производства продукции. В 2021 году по сравнению с предыдущим годом он увеличился на 50420 тыс. руб. или 17,68 %. С каждым годом повышается получаемая выручка от реализации продукции. Ее рост составляет 66627 тыс. руб., или 27,3 %.

Анализируя приведенные данные установлено, что компания эффективно развивает производство. Темп роста производительности труда превосходит рост заработной платы.

Выявлено, что организация с целью повышения эффективности осуществляет техническое перевооружение, реализуя инвестиционные проекты. Для повышения конкурентоспособности на птицефабрике изготавливают продукцию высокого качества, соответствующую требованиям ТНПА. Для продвижения своих товаров и услуг используют различные логистические каналы, которые обеспечивают получение чистой прибыли.

Таким образом, слаженная работа по всем направлениям будет обеспечивать дальнейшее устойчивое эффективное развитие организации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бекиш, Е. И. Анализ логистической деятельности организации / Е. И. Бекиш, О. А. Брагина, Е. Е. Мантур // Проблемы и перспективы развития экономики и образования в Монголии и России: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Улан-Батор, 08 апреля 2022 года. – Чебоксары: Общество с ограниченной ответственностью «Издательский дом «Среда», 2022. – С. 29–35.

2. Бекиш, Е. И. Использование направлений маркетинга для повышения эффективности деятельности организации / Е. И. Бекиш, Е. Е. Мантур // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 3. – С. 33–37.

3. Бекиш, Р. В. Анализ резервов повышения эффективности хозяйствования и рентабельности в ОАО «Молоко» / Е. И. Бекиш, Р. В. Бекиш // Ученые записки УО ВГАВМ. – 2010. – Том 46. Выпуск 2. – С. 335–338.

4. Демчило, Н. А. Направления улучшения финансовых результатов деятельности организации / Н. А. Демчило, Е. И. Бекиш // Материалы докладов 46 Республиканской научно-технической конференции преподавателей и студентов / УО ВГТУ. – Витебск, 2013. – С. 110–111.

5. Официальный сайт «ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://ganna.by/about/aktsioneram/> – Дата доступа: 10.02.2023.

6. Официальный сайт «ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://ganna.by/about/kontrol-kachestva/> – Дата доступа: 11.02.2023.

7. Официальный сайт Интернет-магазин dostavka-vitebsk.by [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://dostavka-vitebsk.by/> – Дата доступа: 12.02.2023.

8. Шинкевич, Н. В. Системная концепция и механизм устойчивого развития предприятия как субъекта хозяйствования / Н. В. Шинкевич, Е. А. Мартышевская // Экономика. Управление. Инновации. – 2021. – № 1 (9). – С. 14–22.

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 631.81.095.337:[633.11"324"+633.16+633.358]:631.445.24

ВЛИЯНИЕ ФОРМ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ЯЧМЕНЯ И ГОРОХА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

И. Р. ВИЛЬДФЛУШ, О. И. МИШУРА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г.Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: agrohim_bgsha@mail.ru

(Поступила в редакцию 19.05.2023)

В статье представлены исследования по влиянию форм микроудобрений (простые соли, хелатные и органоминеральные соединения, микроэлементы в составе комплексных удобрений, микроэлементы с регуляторами роста) на урожайность и качество озимой пшеницы, пивоваренного ячменя и полевого гороха. Некорневая подкормка микроудобрениями Адоб медь, МикроСил Медь, МикроСтим – Медь Л на фоне $N_{30}P_{64}K_{140}$ повышала урожайность зерна озимой пшеницы увеличивалась на 5,3 ц/га, 9,0 и 9,5 ц/га (с 61,6 до 70,6 и 71,1 ц/га соответственно). Медные удобрения улучшали качество зерна озимой пшеницы. Применение МикроСтим Медь на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$ увеличивало содержание сырой клейковины в зерне озимой пшеницы на 2,3 %. Микроудобрение МикроСтим Медь Л повышало урожайность пивоваренного ячменя на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ на 7,2 ц/га. Микроудобрения Адоб Бор и МикроСтим Бор на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$ увеличивали урожайность семян гороха на 4,4 и 4,0 ц/га. Комплексное АФК удобрение с бором и молибденом внесенное в эквивалентной дозе ($N_{18}P_{63}K_{96}$) по сравнению с аммофосом и хлористым калием увеличивало урожайность семян гороха на 3,5 ц/га. Борные удобрения улучшали качество семян гороха. Некорневая подкормка гороха МикроСтим Бор на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$ повышала содержание сырого белка в семенах на 1,6 %.

Ключевые слова: озимая пшеница, ячмень, горох, микроудобрения, урожайность, качество.

The article presents research on the influence of forms of micro-fertilizers (simple salts, chelate and organo-mineral compounds, microelements in complex fertilizers with growth regulators) on the yield and quality of winter wheat, malting barley and field peas. Foliar feeding with micro-fertilizers Adobe copper, MicroSil Copper, MicroStim – Copper L against the background of $N_{30}P_{64}K_{140}$ increased the grain yield of winter wheat by 0.53 t/ha, 0.90 and 0.95 t/ha (from 6.16 to 7.06 and 7.11 t/ha) respectively. Copper fertilizers improved the quality of winter wheat grain. The use of MicroStim Copper against the background of $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$ increased the content of raw gluten in winter wheat grain by 2.3 %. Micro-fertilizer MicroStim Copper L increased the yield of malting barley against the background of $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ by 0.72 t/ha. Micro-fertilizers Adobe Boron and MicroStim Boron against the background of $N_{18}P_{63}K_{96}$ increased the yield of pea seeds by 0.44 and 0.40 t/ha. Complex NPK fertilizer with boron and molybdenum, applied in an equivalent dose ($N_{18}P_{63}K_{96}$), compared with ammophos and potassium chloride, increased the yield of pea seeds by 0.35 t/ha. Boric fertilizers improved the quality of pea seeds. Foliar feeding of peas with MicroStim Boron against the background of $N_{18}P_{63}K_{96}$ increased the content of crude protein in seeds by 1.6 %.

Key words: winter wheat, barley, peas, micro-fertilizers, yield, quality.

Введение

Повысить эффективность микроудобрений можно за счет перевода их в комплексные соединения (хелаты), которые эффективны в любых почвенно-агрохимических условиях и хорошо совместимы с регуляторами роста природного происхождения (экосил, гумины и другие), которые имеют преимущества поскольку легко включаются в естественные природные цепи превращений, легко расщепляются до простых химических соединений [1, 2].

Применение комплексных удобрений для допосевого внесения и некорневых подкормок, применение микроудобрений в хелатной форме, регуляторов роста и комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста позволяет оптимизировать питание растений и разработать высокоэффективную систему удобрения для сельскохозяйственных культур, обеспечивающую высокую, устойчивую продуктивность, уменьшить действие неблагоприятных метеорологических условий на формирование урожая [1].

При применении современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур в комплексе формирования урожая и повышения качества растениеводческой продукции решающее значение приобретает сбалансированное питание растений всеми необходимыми макро- и микроэлементами. Использование их в системе удобрений сельскохозяйственных культур способствует повышению эффективности минеральных удобрений [2].

Микроэлементы – важные, взаимозаменяемые элементы питания, выполняющие важнейшие функции в процессах жизнедеятельности. Их недостаток вызывает ряд заболеваний, а в интенсивных технологиях ограничивает урожайность и снижает качество зерна, семян [1, 2].

Как показали исследования, наиболее рациональным способом внесения микроудобрений являются некорневые подкормки. В настоящее время разработаны новые формы микроудобрений в хелатной и органоминеральной форме, эффективность которых значительно выше, чем простых солей микроэлементов [3, 4, 5, 6, 7].

Цель исследований – установить влияние форм микроудобрений и комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста на урожайность и качество озимой пшеницы, ячменя и гороха.

Основная часть

Исследования проводились с озимой пшеницей в 2011–2014 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.

Почва опытных участков с озимой пшеницей имела близкую к нейтральной реакцию почвенной среды (pH_{KCl} 6,1–6,2), среднее содержание гумуса (1,68–1,70 %), повышенное – подвижных форм фосфора (225–227 мг/кг), среднее – подвижного калия (185–186 мг/кг), а также низкую и среднюю обеспеченность подвижной медью (1,5–2,0 мг/кг).

Для проведения опытов в основное внесение удобрений применялись аммофос (52 % P_2O_5 , 12 % N), хлористый калий (60 % K_2O), подкормка озимой пшеницы проводилась карбамидом (46 % N). Изучалось также твердое комплексное удобрение для озимых зерновых культур (N – 5 %, P_2O_5 – 16 %, K_2O – 35 %, Cu – 0,3 % и Mn – 0,25 %), разработанное РУП «Институт почвоведения и агрохимии». Для некорневой подкормки растений озимой пшеницы в фазе начала выхода в трубку применялось польское комплексное удобрение Эколист-3 с микроэлементами (N – 10,5 %, K_2O – 5,1 %, MgO – 2,5 %, B – 0,38 %, Cu – 0,45 %, Fe – 3,07 %, Mn – 0,05 %, Mo – 0,0016 %, Zn – 0,14 %) в дозе 3 л/га, а также микроудобрение Адоб медь (жидкий концентрат удобрения, содержащий 6,43 % Cu, 9 % N и 3 % магния) в дозе 0,8 л/га и в фазе начала выхода в трубку посева обрабатывались МикроСтим-Медь Л (медь – 78,0 г/л, азот – 65,0 г/л, гуминовые вещества – 0,6–5,0 мг/л) и МикроСил-Медь Л (медь – 78,0 г/л, азот – 65,0 г/л и Экосил – 30 мл/л) в дозе 1 л/га.

Общая площадь делянок с озимой пшеницей – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность четырехкратная. Посев проводился сеялкой RAU Airsem-3 с нормой высева семян озимой пшеницы сорта Сюита 5,0 миллионов всхожих семян на гектар. Агротехника возделывания озимой пшеницы общепринятая для Беларуси.

Изучение эффективности однокомпонентных и многокомпонентных микроудобрений в хелатной форме на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, подстилаемой с глубины 1 м моренным суглинком, осуществлялось с пивоваренным ячменем сорта Бровар, который высевался с нормой высева семян 5,0 млн/га.

В опытах применялись карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий, КАС, новое комплексное АФК удобрение формы 10-19-25 с 0,25 % Cu и 0,2 % Mn для пивоваренного ячменя.

Некорневые подкормки пивоваренного ячменя в фазе начала выхода в трубку проводились жидким комплексным удобрением с микроэлементами Эколист-3 (N – 10,5 %, K_2O – 5,1 %, MgO – 2,5 %, B – 0,38 %, Cu – 0,45 %, Fe – 3,07 %, Mn – 0,05 %, Mo – 0,0016 %, Zn – 0,14 %) в дозе 3 л/га, комплексным препаратом на основе микроэлементов и регуляторов роста МикроСтим Медь Л. Обработка микроудобрением с регулятором роста МикроСтим Медь Л в дозе 1 л/га проводилась в фазе начала выхода в трубку.

Почва опытных участков с ячменем имела слабокислую реакцию (pH_{KCl} 5,7–6,0), среднее содержание гумуса (1,66–1,70 %), повышенное содержание подвижного фосфора (186–225 мг/кг), а также среднее и повышенное содержание подвижного калия (186–240 мг/кг), среднюю обеспеченность подвижной медью (1,7–2,2 мг/кг) и низкую – подвижным цинком (1,7–2,3 мг/кг).

Опыты с горохом проводились в 2014–2015 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком.

Почва опытного участка имела слабокислую и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды (pH_{KCl} 5,4–6,1), низкое и среднее содержание гумуса (1,2–1,7 %), повышенное и высокое содержание подвижного фосфора (225–291 мг/кг), среднее и повышенное – подвижного калия (186–238 мг/кг), низкое и среднее – подвижной меди (1,19–2,20 мг/кг) и низкое – цинка (2,9 мг/кг). Предшественником гороха был овес. Общая площадь делянки – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность – четырехкратная.

Норма высева семян – 1,5 млн. всхожих семян на 1 га. Сорт – Зазерский усатый. До посева гороха использовали аммофос, хлористый калий и мочевины, а также комплексное азотно-фосфорно-калийное (АФК) удобрение для зернобобовых культур марки 6-21-32 с 0,16 % В и 0,09 % Мо. В фазе бутонизации проводились некорневые подкормки борной кислотой и молибдатом аммония в дозе 50 г бора и 40 г Мо. В фазе бутонизации применялась и некорневая подкормка микроудобрением Адоб бор в дозе 0,33 л/га. Обработка посевов гороха комплексным препаратом МикроСтим бор (содержит в 1 л 5 г азота, 150 г В, 0,6–8,0 мг/л гуминовых веществ) в дозе 1 л/га производилась в фазе бутонизации. Применялись две обработки комплексным удобрением с микроэлементами Кристалон (Нидерланды). Первая подкормка в фазу выбрасывания усов проводилась удобрением Кристалон желтый марки 13-40-13 в дозе 2 кг/га, который содержит наряду с азотом, фосфором и калием бор (0,025 %), медь (0,01 %), железо (0,07 %), марганец (0,04 %), молибден (0,004 %), цинк (0,025 %). Вторая подкормка Кристалон особым марки 18-18-18 + 3MgO (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.

Внесение $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$ обеспечивало получение урожайности зерна озимой пшеницы в среднем за 3 года 61,6 ц/га (табл. 1). Некорневые подкормки микроудобрением Адоб медь на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$ увеличивало урожайность зерна пшеницы на 5,3 ц/га, микроудобрением с регулятором роста МикроСтим – медь Л на 9,5 ц/га и микроудобрение с регулятором роста МикроСил Медь на 9 ц/га. Таким образом, на почве с низким и средним содержанием меди применение всех изучаемых форм медных удобрений было очень эффективным. Более эффективными из изучаемых форм медных удобрений были микроудобрение с регуляторами роста МикроСтим Медь Л и МикроСил Медь, которые по действию были равнозначными и превосходили по действию польское микроудобрение Адоб медь. МикроСтим Медь Л и МикроСил Медь, разработанные РУП «Институт почвоведения и агрохимии» могут быть использованы для импортозамещения при возделывании озимой пшеницы. По сравнению с фоном применение медных удобрений улучшалось качество зерна озимой пшеницы. Так, содержание клейковины при внесении $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$ составляло 27,9 %, а при некорневой подкормке МикроСтим Медь Л оно возросло до 30,2 %.

Применение нового комплексного удобрения для озимых зерновых культур для основного внесения марки 5:16:35 с Cu 0,3 % и Mn 0,25 %, по сравнению с внесением карбамида, аммофоса и хлористого калия в эквивалентных дозах по азоту, фосфору и калию, увеличило в среднем за три года урожайность зерна на 4,5 ц/га, а некорневая подкормка комплексным удобрением с микроэлементами Эколист 3 на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$ на 7,4 ц/га.

Таблица 1. Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста, новых комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста на урожайность и качество озимой пшеницы сорта Сюнта (среднее за 3 года)

Варианты опыта	Средняя урожайность, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK, кг зерна	Сырой белок, %	Сырая клейковина, %
1. Без удобрений (контроль)	29,7	–	–	11,8	20,0
2. $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$	55,1	–	7,6	12,9	24,0
3. $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40} + N_{40}$ – фон	61,6	–	8,5	13,1	27,9
4. Фон + Адоб медь	66,9	5,3	10,0	13,4	28,2
5. Фон + Эколист-3	69,0	7,4	10,5	13,9	29,1
6. Фон + МикроСил-Медь Л	70,6	9,0	10,9	13,1	29,1
7. Фон + МикроСтим-Медь Л	71,1	9,5	11,1	13,0	30,2
8. $N_{20}P_{64}K_{140}$ (АФК удобрение с Cu и Mn) + $N_{70} + N_{40} + N_{40}$	66,1	–	9,7	13,0	29,1
9. $N_{30}P_{80}K_{140} + N_{70} + N_{40} + N_{40} + N_{10}$ + Адоб медь	70,3	–	9,9	13,1	29,5
НСР ₀₅	2,0	–	–	0,3	–

В среднем за три года урожайность зерна ячменя по сравнению с неудобренным контролем при применении $N_{16}P_{60}K_{90}$, $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{90}P_{60}K_{90}$ возросла на 12,2 и 16,8 ц/га соответственно (табл. 2).

Некорневая подкормка МикроСил Медь Л на фоне N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀ повышала урожайность ячменя на 7,9 ц/га. Применение в некорневую подкормку комплексного удобрения Эколист 3 с микроэлементами на фоне N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀ не способствовало повышению урожайности зерна ячменя.

Внесение до посева комплексного удобрения с медью и марганцем, разработанного РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси» в дозе эквивалентной по азоту, фосфору и калию (N₆₀P₆₀K₉₀) по сравнению с применением карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия, повышало урожайность зерна на 7,0 ц/га (табл. 2).

Таблица 2. Влияние микроудобрений на урожайность и качество зерна ячменя

Варианты опыта	Урожайность, ц/га				Сырой белок, %		
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее за 3 года	2011 г.	2012 г.	2013 г.
1. Без удобрений	26,3	28,1	29,0	27,8 (28,6*)	7,8	9,5	9,8
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	33,5	38,4	48,0	40,0 (43,2*)	8,0	9,9	9,9
3 N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	41,1	42,8	50,0	44,6 (46,4*)	10,0	10,8	10,5
4. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ (АФК удобрение формы 10-19-25 с Cu и Mn)	–	46,8	53,6	50,2*	–	9,7	11,6
5. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ карбамид в фазе начала выхода в трубку	46,1	45,2	51,1	47,5	8,5	11,1	12,3
6. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ карбамид + МикроСтим-Медь Л в фазе начала выхода в трубку	51,5	54,6	59,5	55,2	10,7	10,3	12,0
7. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ карбамид в фазе начала выхода в трубку + Эколист-3	45,6	47,9	51,9	48,5	10,0	9,8	11,6
НСР ₀₅	1,6	1,9	2,4	1,2	0,7	0,6	0,3

*Среднее за 2012–2013 гг.

Содержание сырого белка в зерне пивоваренного ячменя в варианте опыта с медью по годам исследований находилось в допустимых пределах ГОСТа и не превышало 12 %. Содержание сырого белка было ниже в вариантах без внесения удобрений.

Минеральные удобрения существенно повышали урожайность семян гороха (табл. 3). Внесение до посева N₁₈P₆₃K₉₆ увеличило урожайность семян по сравнению с контролем на 16,5 ц/га. Достаточно высокой была в этом варианте и окупаемость 1 кг NPK килограммами семян, которая составила в среднем за 2 года 9,3 кг.

Таблица 3. Влияние микроудобрений на урожайность семян гороха и содержание в них сырого белка и массу 1000 семян в среднем за 2014–2015 гг.

Варианты опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK, кг семян	Масса 1000 семян, г	Сырой белок, %
1. Без удобрений	16,4	–	–	–	190,7	22,3
2. N ₁₈ P ₆₃ K ₉₆ – фон	32,9	16,5	–	9,3	209,5	23,3
3. АФК удобрение с бором и молибденом (эквивалентный по NPK варианту 3)	36,4	20,0	–	11,3	215,2	24,5
4. Фон + бор и молибден	34,8	18,4	1,9	10,4	212,6	24,9
5. Фон + Адоб бор	37,2	20,8	4,4	11,7	211,5	24,2
6. Фон + Кристалон (особый + желтый)	38,8	22,4	5,9	12,6	213,4	24,5
7. Фон + МикроСтим бор	36,9	20,5	4,0	11,6	211,3	24,7
НСР ₀₅	1,5	–	–	–	–	1,3

Применение до посева АФК удобрения с В и Мо для зернобобовых культур по сравнению с вариантом с эквивалентными дозами азота, фосфора и калия, внесенными в форме аммофоса и хлористого калия, повысило урожайность семян гороха в среднем за 2014–2015 гг. на 3,5 ц/га.

Эффективными оказались некорневые подкормки микроэлементами (В и Мо) и комплексным удобрением с микроэлементами Кристалон. Существенно повысилась урожайность семян при подкормках микроэлементом бором при использовании жидких микроудобрений Адоб бор и МикроСтим бор. Урожайность семян в этих вариантах опыта в среднем за 2014–2015 гг. возросла по сравнению с фоном N₁₈P₆₃K₉₆ на 4,4 и 4,0 ц/га. При двукратной обработке посевов гороха комплексным удобрением с микроэлементами Кристалон урожайность семян по сравнению с фоновым вариантом возросла на 5,9 ц/га.

Наиболее высокая урожайность семян гороха (36,4–38,8 ц/га) и окупаемость 1 кг NPK килограммами семян (11,3–12,6 кг) отмечены в вариантах с применением АФК удобрения с В и Мо, а также Адоб бор, Кристалона на фоне N₁₈P₆₃K₉₆. Применение удобрений по сравнению с неудобренным контролем способствовало увеличению массы 1000 семян гороха. Однако существенных различий между удобренными вариантами по массе 1000 семян гороха не отмечено (табл. 3). Применение удобрений повысило содержание сырого белка в семенах гороха. Некорневая подкормка борными и

молибденовыми удобрениями и МикроСтим бор по сравнению с вариантом $N_{18}P_{63}K_{96}$ повысили содержание сырого белка в семенах гороха на 1,4 и 1,6 % соответственно.

Заключение

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве I и II группы обеспеченности подвижной медью установлена высокая эффективность различных форм медных микроудобрений при возделывании озимой пшеницы на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$. Урожайность зерна пшеницы при некорневой подкормке микроудобрением Адоб Медь возросла на 5,3 ц/га, а МикроСил Медь и МикроСтим Медь Л на 9,0 и 9,5 ц/га (с 61,6 ц/га 70, 6 и 71,1 ц/га соответственно). Комплексное АФК удобрение с медью и марганцем повышало урожайность зерна пшеницы по сравнению с внесением карбамида, аммофоса и хлористого калия в эквивалентной дозе ($N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$) на 7,4 ц/га. Медные удобрения повышали содержание клейковины в зерне озимой пшеницы. Применение МикроСти Медь Л на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40}$ повышало содержание сырой клейковины в зерне на 2,3 %

Микроудобрение с регулятором роста МикроСтим Медь Л при некорневой подкормке увеличивало урожайность пивоваренного ячменя на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ на 7,2 ц/га.

Микроудобрение Адоб бор и МикроСтим бор на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$ повышало урожайность семян гороха на 4,4 и 4,0 ц/га. Применение комплексного АФК удобрения с бором и молибденом по сравнению с внесением в эквивалентной дозе аммофоса и хлористого калия ($N_{18}P_{63}K_{96}$) увеличивало урожайность семян на 3,5 ц/га. Некорневая подкормка МикроСтим Бор на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$ повышала содержание сырого белка в зерне гороха на 1,6 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2011. – 293 с.
2. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на продуктивность и качество сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 161 с.
3. Агрохимия. Удобрения и их применение в современном земледелии: учебно-методическое пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Горки: БГСХА, 2019. – 405 с.
4. Минеев, В. Г. Агрохимия: учебник / В. Г. Минеев, В. Г. Сычев. – М: Из-во ВНИИА им Д. Н. Прянишникова, 2017. – 854 с.
5. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; под ред В. В. Лапа. – Минск; ИВЦ Минина, 2021. – 260 с.
6. Агрохимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.
7. Фатеев, А. И. Основы применения микроудобрений / А. И. Фатеев, М. А. Захарова. – Харьков: Изд. Типография, 2005–134 с.

ВЛИЯНИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ, РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И МИКРОУДОБРЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ АГРОЦЕНОЗОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА

П. А. САСКЕВИЧ, Л. Г. КОГОТЬКО, Н. В. УСТИНОВА

УО «Белорусская государственная орденом Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 01.06.2023)

В статье обобщены результаты многолетних научных исследований по актуальным вопросам формирования высокопродуктивных агроценозов подсолнечника в зависимости от средств защиты растений, регуляторов роста и микроудобрений.

Результаты проведенных исследований позволили выявить факторы, снижающие и повышающие продуктивность агроценозов подсолнечника, возделываемого на маслосемена. Приведена хозяйственная и экономическая эффективность пестицидов, регуляторов роста и микроудобрений. Система научно обоснованных факторов позволяет получать достаточно высокую и стабильную урожайность маслосемян – 34,1–43,5 ц/га. При базовой технологии возделывания протравливание семян помогает сохранить до 12,0–15,0 % урожая, еще 21,0–30,0 % за счет применения гербицидов. Повысить урожайность маслосемян возможно за счет ряда элементов технологий, таких как использование регуляторов роста растений, микроэлементов, обязательная предуборочная десикация посевов, применение гербицидов и фунгицидов с учетом видового состава сорной растительности и болезней листового аппарата и экономического порога вредоносности.

Оптимизированная система защиты подсолнечника от вредителей, болезней и сорных растений, включающая применение средств защиты растений, микроэлементов и регулятора роста является эффективной и экономически целесообразной. В зависимости от изучаемых средств химизации окупаемость дополнительных затрат составляет 0,81–9,71 долл/долл.

Ключевые слова: подсолнечник, маслосемена, вредители, болезни, сорная растительность, эффективность, окупаемость, регуляторы роста, микроудобрения.

The article summarizes the results of many years of scientific research on topical issues of the formation of highly productive sunflower agrocenoses depending on plant protection products, growth regulators and micro-fertilizers.

The results of the studies made it possible to identify factors that reduce and increase the productivity of sunflower agrocenoses cultivated for oilseeds. The economic efficiency of pesticides, growth regulators and micro-fertilizers is given. A system of scientifically based factors makes it possible to obtain a fairly high and stable yield of oil seeds – 3.41–4.35 t/ha. With basic cultivation technology, seed treatment helps save up to 12.0–15.0 % of the crop, another 21.0–30.0 % through the use of herbicides. It is possible to increase the yield of oilseeds through a number of technology elements, such as the use of plant growth regulators, microelements, mandatory pre-harvest desiccation of crops, the use of herbicides and fungicides, taking into account the species composition of weeds and leaf diseases and the economic threshold of harmfulness.

An optimized system for protecting sunflower from pests, diseases and weeds, including the use of plant protection products, microelements and a growth regulator, is effective and economically feasible. Depending on the chemical agents being studied, the return on additional costs is 0.81–9.71 USD/USD.

Key words: sunflower, oilseeds, pests, diseases, weeds, efficiency, payback, growth regulators, micro-fertilizers

Введение

Интенсивное наращивание производства семян масличных культур – сырья для получения растительного масла и ценного источника кормового белка – является в последний период времени особенностью мирового земледелия.

Основной масличной культурой в Европе является подсолнечник, процентное соотношение семян которого составляет 51,7 % от структуры всего их производства на континенте, пятая по значимости в мире масличная культура (после сои, хлопчатника, рапса и арахиса). Большое распространение подсолнечник имеет в Аргентине, США, Канаде, Китае, Молдавии, Украине, России, Франции, Испании, Венгрии и Румынии [1, 4].

Маслосемена подсолнечника используют для производства пищевых и технических масел и богатых белком кормов (жмых и экстракционный шрот). Все большее применение находят растительные масла (в т. ч. и подсолнечное) как возобновляемое сырье для химической промышленности и энергетических целей (применение в качестве топлива, смазочных средств, как исходного материала для синтеза в химической промышленности) [2, 7].

В республике масличные культуры занимают ежегодно 7–8 % в структуре посевных площадей [1]. Показателем развития возделывания масличных культур на 2021–2025 гг. является наращивание производства объемов маслосемян рапса и других масличных культур до 820 тыс. тонн при урожайности 18,2 ц/га.

Из масличных культур озимый рапс является основным источником производства растительного масла и белкового сырья. Но из-за ежегодной возможности гибели больших площадей озимого рапса в зимний период и для стабильного производства масла необходимо возделывать и страховые масличные культуры, в том числе подсолнечник (масличную культуру), который во многих хозяйствах республики может занять достойное место, как культура альтернативная рапсу [2, 4].

С появлением в последние годы скороспелых и ультрараннеспелых сортов и гибридов подсолнечника с высоким потенциалом урожайности и содержанием жира до 56 % и белка до 16 %, имеющих вегетационный период 80–120 дней, производство маслосемян подсолнечника стало возможным не только на юге (Брестская, Гомельская области), но и на севере страны [1, 3, 6].

К сожалению, в Беларуси не разработана интенсивная технология возделывания подсолнечника, принципы его защиты от вредных объектов и применения средств химизации, специалисты сельскохозяйственного производства не владеют необходимой информацией по данным вопросам, весьма значительны потери семян подсолнечника при уборке в сельскохозяйственных организациях (до 50 %). Учитывая вышесказанное, становится ясной причина того, что во многих хозяйствах урожайность маслосемян подсолнечника невелика и составляет не более 15 ц/га. В тоже время, с 1 га в условиях Беларуси можно получать 26,0–50,0 ц/га, о чем свидетельствуют результаты научных исследований учреждений и сортоиспытательных станций. Максимальная урожайность современных гибридов подсолнечника составляет 44,0–80,5 ц/га и более [2, 4, 8].

Главным препятствием в процессе внедрения подсолнечника в сельскохозяйственное производство республики является отсутствие разработанной зональной технологии возделывания этой культуры и научно обоснованной системы защиты от вредителей, болезней и сорной растительности, базирующейся на тщательном изучении фитосанитарного состояния посевов и применении современных высокоэффективных средств защиты растений, микроудобрений, регуляторов роста растений и десикации посевов, позволяющих сократить материальные и трудовые затраты при возделывании культуры, уменьшить потери урожая и сохранить высокое качество маслосемян [2, 4, 5].

Основная часть

Результаты проведенных исследований за 2008–2022 годы в условиях северо-восточной части Беларуси показывают, что метеорологические условия вегетационных периодов в годы проведения исследований существенно не отличались от среднемноголетних значений по температуре, а количество выпавших осадков, наоборот, были ниже нормы. Наблюдения в период вегетации показали, что на подсолнечник высокие температуры и количество выпавших осадков оказывают незначительное влияние с фазы 8–10 листьев, когда уже формируется мощная корневая система, способная извлекать влагу из подпахотного горизонта. Большее угнетение, как и все культуры, подсолнечник испытывает на ранних фазах роста, особенно при нехватке влаги.

На основании проведенного экологического испытания, установлена возможность формирования высокопродуктивных агроценозов подсолнечника раннеспелой и среднеранней группы спелости сортов и гибридов в условиях северо-востока Беларуси. Для реализации продуктивности гибридов и сортов раннеспелой группы сумма активных температур составляет 2160,3–2245,0 °С, для среднеранней группы – 2345,1–2347,9 °С.

Применение средств химизации является заключительным звеном технологии возделывания культуры, определяет расширение границ долевого вклада урожаеобразующих факторов, увеличение их реально видимой научно обоснованной и имеющей прикладное практическое значение и эффективность других капиталовложений. Это объясняется тем, что вредители, болезни и сорная растительность прямо или косвенно снижают эффективность вносимых удобрений и других вложений.

Следует отметить, что значимость научно обоснованных факторов в формировании высокопродуктивных агроценозов носит региональный характер и в значительной мере детерминирована видом растения.

Результаты научных исследований и нормативные материалы свидетельствуют, что до 46,0–62,0 % может снизить продуктивность подсолнечника комплекс вредных организмов (табл. 1).

Таблица 1. Влияние средств защиты растений, регуляторов роста и микроудобрений на формирование высокопродуктивных агроценозов подсолнечника

Система базовых факторов	Значение фактора		Система научно обоснованных факторов	Значение фактора	
	ц/га	%		ц/га	%
Факторы, снижающие продуктивность агроценозов: вредные организмы	–	46,0–62,0	Факторы, снижающие продуктивность агроценозов: вредные организмы	–	28,0–36,0
Факторы, повышающие продуктивность агроценозов: протравливание семян	3,1–3,8	12,0–15,0	Факторы, повышающие продуктивность агроценозов: протравливание семян	4,4–5,8	13,8–15,2
применение гербицидов	6,2–8,3	21,0–30,0	применение гербицидов	16,2–23,9	20,3–34,9
			Применение граминцидов	3,1–5,8	11,6–13,1
			применение регуляторов роста	1,4–3,3	8,0–12,1
			применение фунгицидов	4,1–6,7	13,2–16,7
			применение микроэлементов	2,6–4,4	10,1–13,2
			применение десикантов	3,0–3,8	11,5–12,4

Примечание. Значение научно обоснованных факторов приводится на основании результатов многолетних научных исследований, проведенных кафедрой защиты растений УО БГСХА; значение базовых факторов – на основании нормативных материалов и литературных источников.

При базовой технологии возделывания протравливание семян помогает сохранить до 12,0–15,0 % урожая, еще 21,0–30,0 % за счет применения гербицидов. В результате средняя урожайность подсолнечника составляет 22,0–26,0 ц/га. Повысить ее до 34,1–43,5 ц/га и более позволяет ряд элементов технологии, таких как использование регуляторов роста растений, микроэлементов, обязательная предуборочная десикация посевов, применение гербицидов с учетом видового состава сорной растительности и экономического порога вредоносности. Также с учетом того, что в последнее время широкое распространение на полях Беларуси получили белая и серая гнили, перспективен вопрос изучения фунгицидов, способов и сроков их применения. Это, несомненно, приведет к формированию высокопродуктивных агроценозов, благоприятному влиянию на рост и развитие подсолнечника.

В ходе оценки разработанных научно обоснованных элементов технологии установлено, что разработанные агроприемы оптимизации интенсивных технологий позволяют существенно снизить уровень ущерба, причиняемого вредными организмами, совокупно повысить продуктивность агроценозов подсолнечника на 41,2–46,5 %, качественно формировать агроценозы и сохранять до уборки здоровый семенной материал.

Несомненно, по мере дальнейшего совершенствования агротехнологий, на основании непрерывного научного поиска, обозначенные параметры могут отклоняться от определенных нами значений и на любом конкретном этапе интенсификации производства иметь опорный, базовый научный материал для его дальнейшего развития. При этом устаревшие, малоэффективные технологии естественным образом исключаются из производства, следствием чего является не столько расширение границ долевого вклада урожаяобразующих факторов, сколько увеличение их реально научно обоснованной составляющей в современном производстве.

Для анализа экономической эффективности средств химизации использовались следующие показатели: величина сохраненного урожая с учетом повышения его качества; затраты на проведение защитных мероприятий, включающие стоимость их внесения и доработку сохраненного урожая; чистый доход, составляющий разницу между стоимостью сохраненного урожая и затратами на защиту растений; окупаемость или рентабельность применяемых средств защиты растений. Такой анализ достаточно полно характеризует экономическую эффективность защитных мероприятий. Однако он позволяет определить экономическую эффективность применения средств химизации лишь после уборки урожая.

При расчете экономических показателей использовались нормативы затрат на технологические процессы, цены и расценки на препараты и семена подсолнечника по состоянию на 01.06.2023 г.

Результаты исследований по выявлению эффективности гербицидов против многолетних и однолетних сорных растений показали высокую хозяйственную и экономическую эффективность применения гербицидов в посевах подсолнечника, возделываемого на семена (табл. 2).

Таблица 2. Экономическая эффективность применения гербицидов и десикантов в посевах подсолнечника

Препарат, норма расхода	Прибавка урожайности маслосемян, ц/га	Стоимость дополнительной продукции, долл/га	Дополнительные затраты, долл/га	Условный чистый доход, долл/га	Окупаемость дополнительных затрат, долл/долл.
Гербициды					
Прометрекс ФЛО, КС (3 л/га)	10,4	390,0	96,9	293,1	3,02
Фронтьер, КЭ, (1,0 л/га)	13,0	487,5	120,9	366,6	3,03
Дуал голд, КЭ (1,6 л/га)	9,7	363,8	105,1	258,7	2,46
Рейсер, КЭ (2,0 л/га)	11,2	420,0	142,2	277,8	1,95
Рейсер, КЭ (3,0 л/га)	14,6	547,5	197,4	350,1	1,77
Фюзилад Форте, КЭ (1,0 л/га)	3,1	116,3	42,6	73,7	1,73
Фюзилад Форте, КЭ, (2,0 л/га)	4,7	176,3	51,8	124,5	2,40
Таргет Супер, КЭ, (1,75 л/га)	5,6	210,0	46,5	163,5	3,52
Таргет Супер, КЭ, (2,0 л/га)	5,8	217,5	49,9	167,6	3,36
Десиканты					
Реглон Форте, ВР, (1,5 л/га)	3,2	120,0	50,9	69,1	1,36
Реглон Форте, ВР, (2,25 л/га)	3,8	142,5	70,3	72,2	1,03
Ураган Форте, ВР, (1,5 л/га)	3,0	112,5	42,8	69,7	1,63
Ураган Форте, ВР, (2,0 л/га)	3,5	131,3	54,0	77,3	1,43
Баста, ВР, (2,0 л/га)	3,2	120,0	54,6	65,4	1,20
Баста, ВР, (3,0 л/га)	3,6	135,0	74,7	60,3	0,81

В зависимости от применяемых гербицидов прибавка урожайности маслосемян колеблется от 3,1 до 14,6 ц/га, при окупаемости дополнительных затрат 1,73–3,52 долл/долл.

В климатических условиях северо-востока Беларуси, как показали наши исследования, проведение механизированной уборки и получение полноценных семян подсолнечника без десикации затруднено. Высокая влажность и низкие температуры воздуха в период созревания подсолнечника затрудняют подсыхание корзинок. Такие погодные условия способствуют широкому распространению болезней в посевах и чрезмерной влажности семян в корзинках, что затрудняет механизированную уборку культуры и обуславливает большие потери семян.

Таким образом, десикация посевов подсолнечника является эффективным агроприемом, позволяющим увеличить урожайность семян на 3,0–3,8 ц/га, при окупаемости дополнительных затрат 0,81–1,63 долл/долл.

Значимость десикации не ограничивается только оптимизацией влажности растений перед уборкой. Снижение влажности – лишь малая доля того положительного эффекта, который дает применение десикантов. Десикация позволяет оптимизировать сроки уборки, предотвращает потери урожая подсолнечника от болезней, снижает засоренность вороха семенами сорных растений и накопление их в почве, облегчает технологический процесс обмолота культуры и снижает производственные потери значительной долей урожая из-за схода части семян с влажной массой с сепарирующего устройства комбайна в поле.

Ежегодный фитопатологический анализ семян подсолнечника показывает, что в республике практически нет семян, инфицированных каким-либо патогеном. Этому способствуют и метеорологические условия республики.

Обработка семян пестицидами является одним из наиболее целенаправленных и, следовательно, наиболее экономичным и экологичным мероприятием по защите растений от комплекса болезней и в первую очередь семян, проростков и всходов. В зависимости от протравителя прибавка урожайности маслосемян составляет 4,4–5,8 ц/га, при достаточно высокой окупаемости дополнительных затрат 9,12–9,59 долл/долл. (табл. 3).

Установлено, что опрыскивание фунгицидами посевов подсолнечника в период вегетации, в фазе 6 листьев, является весьма эффективным агротехнологическим приемом, так как оказывает положительное влияние на рост и развитие растений, и формирование их продуктивности. Сохраненная урожайность в зависимости от применяемого фунгицида может составлять 6,6–7,5 ц/га, при окупаемости дополнительных затрат 1,81–2,33 долл/долл. (табл. 3).

Таблица 3. Экономическая эффективность применения фунгицидов, регуляторов роста и микроудобрений в посевах подсолнечника

Препарат, норма расхода	Прибавка урожайности маслосемян, ц/га	Стоимость дополнительной продукции, долл/га	Дополнительные затраты, долл/га	Условный чистый доход, долл/га	Окупаемость дополнительных затрат, долл/долл.
Обработка семян					
Винцит Форте, КС, 1,25 л/т	4,4	165,0	16,3	148,7	9,12
Максим XL, СК, 1,5 л/т	5,8	217,5	21,0	196,5	9,36
Иншур Перформ, КС (0,5 л/га)	5,7	213,8	20,2	193,6	9,59
Борная кислота (0,6 кг/га)	1,5	56,3	5,4	50,9	9,43
Нутривант Плюс (0,2 л/га)	2,2	82,5	7,8	74,7	9,58
Дисолвин АБЦ (0,15 л/га)	2,4	90,0	8,4	81,6	9,71
Обработка листового аппарата					
Амистар Экстра, СК (0,75 л/га)	6,6	247,5	78,9	168,6	2,14
Прозаро, КЭ (0,8 л/га)	7,5	281,3	84,6	196,7	2,33
Пиктор, КС (0,5 л/га)	7,2	270,0	96,0	174,0	1,81
Экосил, ВЭ (0,08 л/га)	2,5	93,8	22,7	71,1	3,13
Амистар Экстра, КС (0,7 л/га) + Экосил, ВЭ (0,08 л/га)	8,8	330,0	93,5	236,5	2,53
Пиктор, КС (0,45 л/га) + Экосил, ВЭ (0,08 л/га)	9,1	341,3	105,8	235,5	2,23
Борная кислота (0,6 кг/га)	2,6	97,5	30,7	66,8	2,18
Нутривант Плюс (2 л/га)	4,0	150,0	47,6	102,4	2,15
Дисолвин АБЦ (0,15 л/га)	4,4	165,0	46,8	118,2	2,53

Защитное действие природных регуляторов роста, их стимулирующий эффект на рост и развитие растений и увеличение при этом показателей структуры урожая создают условия для повышения урожайности маслосемян подсолнечника. Это происходит в результате разностороннего действия: повышается антистрессовая активность – биоактивные вещества препарата позволяют культурным растениям преодолеть неблагоприятные факторы внешней среды в период вегетации (высокие температуры, засуха и другие стрессы); снижается интенсивность транспирации, что дает возможность

растениям более эффективно использовать влагу при формировании урожая, лучшему усвоению удобрений, поступающих через корневое питание.

Данное мероприятие является экономически целесообразным, поскольку затраты на внесение и доработку урожая покрываются стоимостью полученной прибавки. Прибавка урожайности маслосемян может составлять 2,5 ц/га и более. Окупаемость дополнительных затрат при опрыскивании посевов подсолнечника в период вегетации Экосилом, ВЭ составляет 3,13 долл/долл.

Подсолнечник – культура требовательная к микроэлементам, то есть даже при полноценном обеспечении удобрениями невозможно получить полноценный урожай без сбалансированного питания микроэлементами. Критические в этом отношении фазы 2–3 пары листьев и бутонизации (8–10 пар листьев). Недостаток в первый период бора, цинка, марганца ведет к недобору урожая. В этот период проявляется особая чувствительность подсолнечника к дефициту бора, который оказывает существенное влияние на продуктивность цветения и качество наполненности корзинок семенами.

Предпосевная обработка семян микроудобрениями позволяет получать прибавку урожайности маслосемян 1,5–2,4 ц/га и высокую окупаемость дополнительных затрат. В зависимости от вида микроудобрений она составляет 9,43–9,71 долл/долл. (табл. 3).

Экономически оправданным также является применение микроудобрений для некорневой подкормки подсолнечника в период вегетации в фазу 6-ти листьев. Применение микроэлементов в период вегетации подсолнечника позволяет получать сравнительно высокую прибавку урожайности семян, которая в зависимости от вида комплексонатов микроэлементов составляет 2,6–4,4 ц/га, а окупаемость дополнительных затрат 2,15–2,53 долл/долл.

Заключение

Таким образом, анализ многолетних исследований показывает значительную специфичность влияния конкретных средств защиты растений, регуляторов роста и микроудобрений на рост и развитие растений, формирование продуктивности и улучшения посевных качеств семян подсолнечника.

Оптимизированная химическая система защиты подсолнечника от вредителей, болезней и сорных растений, включающая протравливание семян от вредителей и болезней, одну фунгицидную обработку в период вегетации, две химических прополки гербицидами и предуборочную десикацию посевов, а также применение микроэлементов и регуляторов роста, является достаточно эффективной и экономически целесообразной. В зависимости от изучаемых средств химизации окупаемость дополнительных затрат составляет 0,81–9,71 долл/долл.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гомончук, И. И. Возделывание подсолнечника масличного и сои в условиях Беларуси / И. И. Гомончук, О. Г. Давыденко // Брестская ОСХОС Национальной академии наук. – Пружаны, 2008. – 43 с.
2. Защита подсолнечника от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / П. А. Саскевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – 96 с.
3. Саскевич, П. А. Оценка применения фунгицидов в посевах подсолнечника / П. А. Саскевич, Л. Г. Коготько, В. Р. Кажарский, В. П. Дуктов, А. С. Журавский, Н. В. Устинова // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2022. – № 3. – С. 54–59.
4. Саскевич, П. А. Формирование высокопродуктивных агроценозов подсолнечника в зависимости от применения средств защиты растений, регуляторов роста и микроудобрений: монография / П. А. Саскевич, Л. Г. Коготько, Н. В. Устинова; под ред. д-ра с.-х. наук, проф. П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2023. – 353 с.
5. Саскевич, П. А. Хозяйственная и экономическая эффективность десикации посевов подсолнечника, возделываемого в условиях северо-восточной части Беларуси / П. А. Саскевич // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2015. – № 3. – С. 45–48.
6. Саскевич, П. А. Экологические аспекты онтогенеза подсолнечника в условиях северо-востока Беларуси / П. А. Саскевич, В. Р. Кажарский, Н. В. Устинова // Стратегия и приоритеты развития земледелия и селекции полевых культур в Беларуси: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня основания РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию», Жодино, 5–6 июля 2017 г. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – С. 150–153. (0,16 усл. печ. л.).
7. Сухаревич, В. А. Приемы интенсификации технологии возделывания подсолнечника масличного: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / В. А. Сухаревич; Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Жодино, 2012. – 26 с.
8. Ходенкова, А. Н. Биологическое обоснование системы защиты подсолнечника масличного от комплекса болезней: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.07 / А. Н. Ходенкова; Ин-т защиты растений НАН Беларуси. – Прилуки, 2018. – 22 с.

ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА ОАО «БЕЛОРУССКИЙ ЦЕМЕНТНЫЙ ЗАВОД» И ДОЛОМИТОВОЙ МУКОЙ НА РЕАКЦИЮ ПОЧВЫ, СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И ЗЕРНЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

В. Б. ВОРОБЬЕВ, О. И. МИШУРА, М. Л. РАДКЕВИЧ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: agrohimpbgsa@mail.ru

(Поступила в редакцию 02.06.2023)

В статье представлена сравнительная оценка влияния известкования доломитовой мукой, байпасной пылью и пылью электрофильтра ЦПИ на реакцию почвенной среды, содержание в почве подвижных соединений меди, цинка, марганца, свинца и кадмия валовое содержание меди, цинка, марганца, свинца, кадмия в растительной продукции. Известкование доломитовой мукой снижало обменную кислотность пахотного горизонта на 0,97 единицы (с $pH_{kcl} = 5,56$ до $pH_{kcl} = 6,53$), байпасной пылью и пылью электрофильтра ЦПИ до $pH_{kcl} = 6,62$ и $pH_{kcl} = 6,69$ соответственно. Известковые материалы не оказывали влияния на содержание в почве и зерне озимой пшеницы меди, цинка, свинца и кадмия, но снижали содержание марганца в почве. Содержание тяжелых металлов в зерне находилось в пределах гигиенических нормативов, а в почве – ниже ОДК. По действию байпасная пыль и пыль электрофильтра ЦПИ при возделывании озимой пшеницы не уступали доломитовой муке.

Ключевые слова: *озимая пшеница, известковые удобрения, микроэлементы, тяжелые металлы, реакция почвы.*

The article presents a comparative assessment of the effect of liming with dolomite flour, bypass dust and dust from the electrostatic precipitator of the central processing plant on the reaction of the soil environment, the content of mobile compounds of copper, zinc, manganese, lead and cadmium in the soil, and the gross content of copper, zinc, manganese, lead, cadmium in plant products. Liming with dolomite flour reduced the exchangeable acidity of the arable horizon by 0.97 units (from $pH_{kcl} = 5.56$ to $pH_{kcl} = 6.53$), with bypass dust and dust from the electric precipitator of the central processing plant to $pH_{kcl} = 6.62$ and $pH_{kcl} = 6.69$, respectively. Lime materials did not affect the content of copper, zinc, lead and cadmium in the soil and grain of winter wheat, but reduced the content of manganese in the soil. The content of heavy metals in grain was within hygienic standards, and in the soil – below the maximum permissible concentration. The effect of bypass dust and dust from the CPI electrostatic precipitator during the cultivation of winter wheat was not inferior to dolomite flour.

Key words: *winter wheat, lime fertilizers, microelements, heavy metals, soil reaction.*

Введение

Современные технологии производства цемента неразрывно связаны с накоплением больших количеств таких пылевидных отходов, как байпасная пыль и пыль электрофильтров ЦПИ. Остро встала проблема их утилизации и рационального использования. Эти отходы в своем составе могут иметь примеси тяжелых металлов и отличаются высоким содержанием $CaCO_3$, благодаря которому их можно использовать в качестве известковых материалов. При этом важно знать, какова эффективность их применения при известковании кислых почв и не способствуют ли они накоплению тяжелых металлов в растительной продукции и почве.

Химизация сельского хозяйства проводится путем использования минеральных, органических удобрений и известкования кислых почв, является основным путем повышения эффективного и потенциального плодородия почв Беларуси.

Получать высокие и устойчивые урожаи на кислых почвах можно только после проведения комплекса агротехнических мероприятий. Особенно важно оптимизировать реакцию почвенной среды при применении интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, так как интенсивные сорта зерновых культур весьма требовательны к реакции среды [1].

Известкование имеет определенную связь с применением удобрений, в принципе, это приемы, дополняющие друг друга. Известкование ускоряет минерализацию и мобилизацию питательных веществ, то есть улучшает питание, но уменьшает их запасы на будущее. На сильнокислых почвах отмечается пониженная эффективность минеральных удобрений, во многих случаях внесение извести существенно увеличивает отдачу от туков. Но имеется и немало данных об их антагонизме, хотя чаще эффективность минеральных удобрений повышается [1].

Многие исследователи отмечают природоохранные функции известкования, сводимые в основном к снижению подвижности тяжелых металлов, снижению засоренности посевов, активизации

деятельности полезных микроорганизмов, улучшению азотного и фосфатного режимов питания растений [2, 3, 4].

Многие из достоинств известкования кислых почв раскрыты в работах И. А. Шильникова [5]. В этих работах подчеркиваются такие важные моменты: 1 т CaCO_3 обеспечивает за ротацию в среднем около 5 ц зерна; на известкованных почвах на 15–20 % ниже оптимальные дозы азотных и фосфорных удобрений; при pH 6,2–6,5 снижается поступление в растения тяжелых металлов; улучшает биологические параметры; снижается поступление радиостронция; уменьшаются потери калия от вымывания на легких почвах. Основная проблема при проведении известкования – значительные потери карбонатов, составляющие на дерново-подзолистых почвах 350–450 кг/га в год [6, 7].

В целом, очевидно, что избыточная кислотность часто является фактором, лимитирующим нормальный рост и развитие растений, и единственным кардинальным путем оптимизации кислотности является известкование. Оно улучшает питательный режим, снижает действие токсичных и радиоактивных элементов, активизирует микробиологическую деятельность, а в ряде случаев улучшает физические свойства почв [3].

Цель исследований заключалась в оценке возможности использования байпасной пыли и пыли электрофильтра ЦПИ в качестве материалов для известкования дерново-подзолистых почв.

Основная часть

Исследования проводили в 2021–2022 годах на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА». В этом опыте на удобренном ($\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$) фоне изучалась эффективность известкования кислой дерново-подзолистой почвы полной дозой доломитовой муки, байпасной пыли и пыли электрофильтра ЦПИ, рассчитанных по $\text{pH}_{\text{ккл}}$. Контролем служил вариант без известкования.

Объектом исследования была озимая пшеница сорта Василиса. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке, подстилаемом моренным суглинком с глубины около 1 м. Пахотный горизонт участка, подобранного для посева озимой пшеницы перед закладкой опыта имел слабокислую реакцию среды ($\text{pH}_{\text{ккл}}=5,56$) и характеризовался низким содержанием гумуса (1,2 %), повышенным содержанием подвижных соединений фосфора (246,7 мг/кг) и высоким содержанием подвижного калия (329,4 мг/кг). Почва перед проведением предпосевной культивации была произвесткована из расчета 5 т/га CaCO_3 . С учетом содержания в известковых материалах CaCO_3 и их плотности сложения было внесено 5,3 т/га физической массы доломитовой муки, 4,4 т/га байпасной пыли и 5,6 т/га пыли электрофильтра ЦПИ. До посева были внесены минеральные удобрения в дозе $\text{N}_{14}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ в виде аммофоса и хлористого калия. Ранневесеннюю подкормку озимой пшеницы (в дозе 60 кг д.в./га) проводили после окончания поверхностного и внутрипочвенного стока избыточной влаги. В это время растения начали активно вегетировать, а среднесуточная температура воздуха превысила +5 °С. Вторая азотная подкормка проводилась в конце фазы кушения – начале фазы выхода в трубку, перед появлением над землей первого узла. Доза второй азотной подкормки составила 30 кг д.в./га. При этом в качестве азотного удобрения использовался карбамид. Агротехника возделывания общепринятая для Беларуси. Исследования велись в трехкратной повторности. Площадь делянки – 20 м². Учет урожая зерна и соломы проводился сплошным обмолотом в фазу полного созревания. Результаты исследований подвергнуты дисперсионному анализу по Б.А. Доспехову.

Изучение реакции пахотного горизонта в образцах почвы, отобранных после уборки озимой пшеницы, показало, что известкование, проведенное доломитовой мукой, снизило обменную кислотность пахотного горизонта на 0,97 единицы (с $\text{pH}_{\text{ккл}} = 5,56$ до $\text{pH}_{\text{ккл}} = 6,53$) (табл. 1). На фоне известкования байпасной пылью и пылью электрофильтра ЦПИ обменная кислотность почвы снизилась соответственно до $\text{pH}_{\text{ккл}} = 6,62$ и $\text{pH}_{\text{ккл}} = 6,69$. При этом различия в значении данного показателя, полученными при применении в качестве известкового материала доломитовой муки, байпасной пыли и пыли электрофильтра ЦПИ оказались несущественными.

Таблица 1. Реакция среды пахотного горизонта после уборки озимой пшеницы, возделываемой на фоне известкования почвы доломитовой мукой и отходами цементного производства

Варианты опыта	Реакция почвенной среды после уборки	
	$\text{pH}_{\text{ккл}}$	± фон
Без известкования (фон)	5,56	
Доломитовая мука	6,53	0,97
Байпасная пыль	6,62	1,06
Пыль электрофильтра ЦПИ	6,69	1,13
HCP_{05}	0,396	

К тяжелым металлам относятся химические элементы с атомной массой более 50 атомных единиц и удельным весом свыше 5 г/см³ [3]. Среди них довольно много микроэлементов, являющихся необходимыми и незаменимыми компонентами живых организмов. Такие элементы называются эссенциальными. Они ускоряют и регулируют физиологические процессы и являются токсичными лишь при высоких концентрациях. В условиях Республики Беларусь наиболее распространенными являются такие эссенциальные элементы, как медь, цинк, марганец, железо. При этом первые три из них используются в качестве микроудобрений. Их дефицит или избыток в организме человека снижает его устойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды, нарушает работу иммунной и антиоксидантной защиты, повышает риск развития распространенных заболеваний, снижает качество жизни и эффективность лечебных мероприятий. Среди неэссенциальных загрязнителей окружающей среды широко встречаются свинец и кадмий, относящиеся к первому, то есть к высшему классу опасности [8, 9].

В наших исследованиях в зерне озимой пшеницы содержание меди по вариантам опыта составило 1,95–2,15 мг/кг, цинка – 14,1–14,95 мг/кг, марганца – 26,0–30,0 мг/кг (табл. 2).

Таблица 2. Содержание микроэлементов и тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы, возделываемой на фоне известкования почвы доломитовой мукой и отходами цементного производства

Варианты опыта	Микроэлементы, мг/кг			Тяжелые металлы, мг/кг	
	Cu	Zn	Mn	Pb	Cd
Без известкования (фон)	2,15	14,35	28,00	0,34	0,00
Доломитовая мука	1,95	14,95	26,00	0,32	0,00
Байпасная пыль	2,10	14,55	27,50	0,10	0,00
Пыль электрофильтра ЦПИ	2,10	14,10	30,00	0,00	0,00
НСР ₀₅	0,267	0,554	5,410		

Проведение известкования, как доломитовой мукой, так и отходами цементного производства не повлияло на содержание меди в зерне озимой пшеницы. Содержание меди в зерне озимой пшеницы было значительно меньше допустимых гигиенических нормативов [3].

Следует отметить, что известкование почвы до посева озимой пшеницы не оказывало влияния на содержание цинка в зерне, которое находилось в пределах 14,10–14,95 мг/кг. Разница между вариантами опыта незначительна и находится в пределах ошибки опыта. В результате исследований установлено, что применение доломитовой муки, пыли электрофильтра ЦПИ и байпасной пыли равноценно. Содержание цинка в зерне во всех вариантах опыта было также значительно ниже допустимых гигиенических нормативов для зерна и не представляет никакой опасности.

Проведенные исследования позволили установить, что известкование почвы доломитовой мукой и байпасной пылью не оказывает влияния на содержание марганца в зерне.

В почве по вариантам опыта содержание меди было средним, цинка высоким [8]. Под влиянием вышеизученных известковых материалов содержание меди и цинка в почве не изменялось.

Исследования, проведенные с озимой пшеницей, показали, что известкование влияет на доступность для растений марганца. На известкованных почвах снижается подвижность марганца (табл. 3).

Таблица 3. Содержание микроэлементов и подвижных соединений тяжелых металлов в почве при возделывании озимой пшеницы на фоне известкования почвы доломитовой мукой и отходами цементного производства

Варианты опыта	Микроэлементы, мг/кг			Тяжелые металлы, мг/кг	
	Cu	Zn	Mn	Pb	Cd
Без известкования (фон)	1,98	6,51	43,0	6,07	0,000
Доломитовая мука	2,02	6,37	18,5	5,66	0,005
Байпасная пыль	1,92	6,39	17,0	5,48	0,000
Пыль электрофильтра ЦПИ	1,86	6,13	15,5	5,00	0,000
НСР ₀₅	0,153	0,399	8,535	0,638	

Так как для растений будет наблюдаться недостаток марганца, следует при возделывании озимой пшеницы и других культур применять соответствующие микроудобрения. Под влиянием известкования доломитовой мукой, байпасной пыли, пыли электрофильтра ЦПИ содержание марганца в почве снизилось от среднего до низкого (табл. 3).

Содержание в почве свинца в опыте с озимой пшеницей колебалось в пределах от 5 до 6,07 мг/кг и было максимальным в фоновом варианте. Необходимо отметить, что оно было значительно ниже ОДК [9]. При внесении доломитовой муки и байпасной пыли содержание свинца по сравнению с фоном в почве не изменилось, пыли электрофильтра ЦПИ – снизилось содержание свинца в почве. В результате проведенных исследований установлено, что в почве без известкования и при внесении доломитовой муки, байпасной пыли и пыли электрофильтра ЦПИ лишь при применении доломитовой муки

обнаружены следы по содержанию кадмия. Таким образом, содержание кадмия в почве при известковании всеми изучаемыми формами известковых материалов было значительно ниже ОДК [3].

В зависимости от вариантов опыта урожайность зерна озимой пшеницы находилась в пределах от 57,48 до 75,82 ц/га. Наименьшее значение данного показателя было отмечено на делянках без известкования. Известкование почвы доломитовой мукой увеличило урожайность зерна в среднем на 18,34 ц/га, байпасной пылью и пылью электрофильтра ЦПИ соответственно на 17,34 и 16,76 ц. Такая высокая прибавка урожайности (в среднем на 22,6–24,2 %) объясняется в первую очередь тем, что озимая пшеница гораздо лучше произрастает на почвах с близкой к нейтральной реакцией среды и плохо переносит кислые почвы.

Вместе с тем следует отметить, что различия в урожайности зерна озимой пшеницы между вариантами с применением доломитовой муки и отходов цементного производства оказались в пределах наименьшей существенной разницы ($HC_{P05} = 5,91$ ц/га). Это говорит о том, что известкование почвы байпасной пылью, и пылью электрофильтра ЦПИ оказало практически такое же влияние на урожайность зерна изучаемой культуры, как и общепринятое известкование доломитовой мукой. В этих же вариантах опыта равновеликой оказалась и урожайность соломы (56,12–56,24 ц/га).

Следует отметить, что такая, достаточно высокая прибавка урожайности зерна озимой пшеницы при известковании доломитовой мукой и отходами цементного производства связана с тем, что оптимальная реакция для озимой пшеницы близкая к нейтральной ($pH_{KCl} 6,0–6,5$). Такая реакция почвы и достигалась при известковании в опыте.

Заключение

В опыте с озимой пшеницей известкование почвы доломитовой мукой, снизило обменную кислотность пахотного горизонта на 0,97 единицы (с $pH_{KCl} = 5,56$ до $pH_{KCl} = 6,53$), байпасной пылью и пылью электрофильтра ЦПИ обменная кислотность почвы снизилась соответственно до $pH_{KCl} = 6,62$ и $pH_{KCl} = 6,69$. При этом различия в значении данных показателей, полученных на фоне изучаемых вариантов, были несущественными.

Применение байпасной пыли и пыли электрофильтра ЦПИ в качестве известкового материала не способствует накоплению в почве подвижных соединений меди, цинка, марганца, свинца, кадмия и их валового содержания в зерне озимой пшеницы.

Известкование кислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы доломитовой мукой и отходами цементного производства увеличило урожайность зерна озимой пшеницы по сравнению с вариантом без известкования (57,48 ц/га) на 16,76–18,34 ц/га. При этом различия в урожайности зерна между вариантом с применением доломитовой муки, байпасной пыли и пыли электрофильтра ЦПИ были несущественными.

Содержание в зерне озимой пшеницы меди, свинца и кадмия было при известковании байпасной пылью и пылью электрофильтра ЦПИ значительно ниже допустимых гигиенических нормативов, а содержание меди, цинка, свинца и кадмия в почве значительно ниже ОДК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клебанович, Н. В. Известкование почв Беларуси / Н. В. Клебанович, Г. В. Васюк. – Мн.: БГУ, 2003. – 322 с.
2. Овчаренко, М. М. Почвенное плодородие и содержание тяжелых металлов в растениях / М. М. Овчаренко, Г. А. Графская, И. А. Шильников // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. – № 5. – С. 40–43.
3. Агрохимия. Удобрения и их применение в современном земледелии: учебно-методическое пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Горки: БГСХА, 2019. – 405 с.
4. Минеев, В. Г. Агрохимия: учебник / В. Г. Минеев, В. Г. Сычев. – М: Из-во ВНИИА им Д.Н. Прянишникова, 2017. – 854 с.
5. Шильников, И. А. Факторы, влияющие на поступление тяжелых металлов в растения / И. А. Шильников, Л. А. Лебедева, С. Н. Лебедев // Агрохимия. – 1994. – № 10. – С. 94–101.
6. Шильников, И. А. Эффективность сочетания известковых и минеральных удобрений под зерновые культуры в длительном стационарном опыте / Шильников И. А., Удалова Л. П., Аканова Н. И. // Агрохимия. – 1997. – № 4. – С. 34–39.
7. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; под ред В. В. Лапа. – Минск; ИВЦ Минфина, 2021. – 260 с.
8. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2011. – 293 с.
9. Агрохимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.

ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ УРОЖАЙНОСТИ И ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ СОИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

О. А. ХИТРЮК, В. Г. ТАРАНУХО

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: ksushka28-oksi@mail.ru

(Поступила в редакцию 13.06.2023)

В данной публикации представлен литературный обзор по хозяйственной ценности растений сои и преимуществам некорневых подкормок хелатными микроудобрениями. Приведен трехлетний экспериментальный материал по формированию элементов структуры урожайности и зерновой продуктивности у различных по скороспелости сортов сои – Ясельда и Оресса в зависимости от влияния некорневых подкормок различными дозами препаратов Эколист Моно Бор, Эколист Моно Медь и Эколист Зерновые в условиях северо-восточной части Беларуси. Проведена математическая обработка полученных результатов методом дисперсионного анализа. По результатам исследований установлено положительное влияние изучаемых микроудобрений на элементы структуры урожайности и зерновой продуктивности сои по отношению к контрольному варианту. У позднеспелого сорта Ясельда в среднем за три года исследований наиболее высокие показатели зерновой продуктивности были получены при внесении Эколист Моно Бор в дозах 1,0 и 2,0 л/га – 25,6 и 27,0 ц/га, а среднеранний сорт Оресса, в свою очередь, максимальную урожайность сформировал при внесении в удвоенных дозах Эколист Моно Си (1,0 л/га) и Эколист Моно В (2,0 л/га) – 29,3 и 28,6 ц/га соответственно. Проведенные исследования выявили целесообразность применения микроудобрений Эколист Моно Си в и Эколист Моно В в удвоенных дозах в технологии возделывания растений сои, где была получена максимальная урожайность у изучаемых сортов.

Ключевые слова: соя, микроудобрения, некорневые подкормки, структура урожайности, зерновая продуктивность.

This publication presents a literature review on the economic value of soybean plants and the benefits of foliar feeding with chelated micro-fertilizers. Three years of experimental material is presented on the formation of elements of the structure of yield and grain productivity in soybean varieties of different early maturity – Yaselda and Oressa, depending on the influence of foliar fertilizing with various doses of the preparations Ecolist Mono Boron, Ecolist Mono Copper and Ecolist Grain in the conditions of the north-eastern part of Belarus. Mathematical processing of the obtained results was carried out using the method of variance analysis. Based on the research results, a positive effect of the studied micro-fertilizers on the elements of the structure of yield and grain productivity of soybeans was established in relation to the control variant. In the late-ripening variety Yaselda, on average over three years of research, the highest grain productivity indicators were obtained when applying Ecolist Mono Boron in doses of 1.0 and 2.0 l/ha – 2.56 and 2.70 t/ha, and in the mid-early variety Oressa, in turn, the maximum yield was generated when we applied, in double doses, Ecolist Mono Cu (1.0 l/ha) and Ecolist Mono B (2.0 l/ha) – 2.93 and 2.86 t/ha, respectively. The conducted studies revealed the feasibility of using micro-fertilizers Ecolist Mono Cu and Ecolist Mono B in double doses in the technology of cultivating soybean plants, where the maximum yield was obtained in the studied varieties.

Key words: soybean, micro-fertilizers, foliar feeding, yield structure, grain productivity.

Введение

В современной агрокультуре повышается актуальность биологизации и экологизации сельскохозяйственного производства. В связи с этим приобретает большое значение использование в технологии производства перспективных и новых культур, биологических и микробиологических препаратов, а также микроудобрений для некорневых (листовых) подкормок, достоинством которых является легкое и быстрое поглощение растением доступных ионных форм минеральных веществ. В настоящее время микроудобрения в основном выпускаются и применяются в форме хелатов, которые имеют ряд преимуществ перед ранее распространенными солями микроэлементов, в частности сульфатами цинка и меди. Данная химическая форма удобрений более технологична при применении и эффективнее усваивается растениями [1, 5].

Одной из перспективных сельскохозяйственных культур является соя, которая имеет большое продовольственное, техническое и кормовое значение. В ее семенах содержится 33–45 % белка, 18–22 % жира, 9–12 % растворимых сахаров, 3–9 % крахмала, 3–6 % клетчатки, а также много витаминов, макро- и микроэлементов [2, 3]. Эта культура приобретает все большую популярность из-за высокой рентабельности, которая обуславливается, в том числе и специфичностью ее питания. Во-первых, как бобовая культура, соя обладает способностью ассимилировать азот из воздуха посредством симбиоза с клубеньковыми бактериями, во-вторых, она может использовать из почвы фосфор и калий трудно-растворимых соединений. Благодаря этим особенностям, при условии интенсивной симбиотической азотфиксации, высокие урожаи сои можно получать без применения основного минерального

удобрения. Однако оптимизацией условий питания урожайность сои можно повысить, если применять такой малозатратный агроприем, как некорневые подкормки [1, 2, 10].

Значение некорневых подкормок сои в разные годы в Беларуси изучали В. И. Кочурко, Е. Э. Абарова, В. Н. Босак, Т. В. Бердович и другие. Проводились исследования в Полесском аграрно-экологическом институте НАН Беларуси, Брестской ОСХОС НАН Беларуси [3, 4, 6, 7, 8, 9]. Вопрос о влиянии микроудобрений с учетом почвенно-климатических условий был изучен недостаточно, в частности в северо-восточной части Беларуси, поэтому является теоретически и практически очень важным и необходимым для повышения урожайности данной культуры. В связи с этим актуальной является задача дальнейшего совершенствования системы применения микроудобрений как элемента технологии возделывания сои в целом. Целью наших исследований было изучение влияния микроэлементов с разными нормами внесения в виде некорневых подкормок на формирование структуры урожайности и зерновой продуктивности сортов сои в условиях северо-восточного региона Беларуси.

Основная часть

Исследования проводились в 2012–2014 гг. на опытном поле кафедры селекции и генетики УНЦ «Опытные поля БГСХА» Горецкого района Могилевской области. Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая, подстилаемая с глубины 1,0 м лессовидным суглинком. Объектами исследований были сорта сои белорусской селекции – Ясельда и Оресса. Опытные делянки размещались систематическим методом в четырехкратной повторности. Посев проводился сплошным рядовым способом с нормой высева 1,0 млн всхожих семян на 1 га. Подготовка почвы, посев и уход за растениями сои проводились в соответствии с общепринятой агротехникой возделывания культуры.

Различные виды микроудобрений применялись в виде некорневой обработки в фазу цветения растений: Эколист Моно Медь (Cu – 6 %) в дозе 0,5 и 1,0 л/га; Эколист Моно Бор (B – 11 %) в дозе 1,0 и 2,0 л/га; Эколист Зерновые (N – 10,5 %; K₂O – 5,1 %; MgO – 2,5 %; B – 0,45 %; Cu – 0,4 %; Fe – 0,09 %; Mo – 0,0018 %; Zn – 0,2 %) в дозе 2,0 и 3,0 л/га. Контролем являлся вариант без обработки. В соответствии со схемой опыта для обработки растений сои микроудобрениями использовался ранцевый опрыскиватель. Фенологические наблюдения по фазам роста и развития растений, все учеты и анализы осуществлялись согласно соответствующим методикам государственного испытания в Республике Беларусь. Уборка делянок растений сои проводилась вручную путем сбора и обмолота бобов с последующей сортировкой, сушкой, взвешиванием семян и определением урожайности. Данные по урожайности зерна сортов сои подвергались математической обработке методом дисперсионного анализа.

Метеоусловия в годы исследований отличались по температурному режиму и количеству осадков за вегетационный период. Вегетационный период 2012 года можно охарактеризовать как теплый и избыточно-влажный. Температура воздуха находилась на уровне или поднималась выше среднегодовалых показателей. Количество выпавших осадков значительно превышало норму во все месяцы вегетационного периода, кроме июля, где осадков выпало 38 % от среднегодовых значений. Май и июнь характеризовались сильным переувлажнением почвы, что привело к торможению ростовых процессов растений сои (ГТК – 2,5 и 3,3 соответственно). Сумма активных температур за период вегетации сортов сои (всходы–полная спелость) составила 2354,5 °С, а количество выпавших осадков – 489,6 мм, или 135 % от нормы.

Условия вегетационного периода 2013 г. по значениям температуры воздуха превышали среднегодовые показатели в весенне-летние месяцы на +0,5–4,4 °С. В III декаде апреля наблюдался дефицит осадков – 35,6 % от нормы. В свою очередь май был теплым (+16,8 °С) и избыточно-влажным – 72,3 мм, или 131,5 % от среднегодовых значений. В летние месяцы было жарко и наблюдался дефицит осадков, только III декада августа была очень дождливой и количество выпавших осадков составило 84,8 мм, или 314,1 % от среднегодовых показателей. В III декаде сентября установилась холодная (+6,5 °С) дождливая погода (53,1 мм, или 279,5 % от нормы). Сумма активных температур за месяцы вегетационного периода (всходы–полная спелость) составила 2493,7 °С, а количество выпавших осадков – 347,2 мм, или 96 % от нормы.

В 2014 году метеорологические условия были достаточно благоприятными для роста и развития растений сои, что сказалось в определенной мере, на величине урожаев и наступлении фаз развития. Первая декада мая характеризовалась холодной (+8,9 °С) и засушливой погодой, что увеличило период посев-всходы сои. Во второй и третьей декадах мая, погода стабилизировалась (+16,7–18,7 °С) и температура воздуха была уже выше среднегодовой на 4,1 °С и 4,5 °С соответственно, а количество осадков составило 162,4 мм, или 193,7 % от среднегодовых показателей. Июнь был умеренно-теплым (+15,3 °С), но осадков за этот месяц выпало 43,5 мм, что почти в 2 раза меньше месячной

нормы. В июле и августе влаги и тепла было достаточно (ГТК – 1,4 и 1,7 соответственно), что положительно повлияло на формирование бобов и налив зерна. Сентябрь характеризовался засушливым периодом (ГТК–0,8). Сумма активных температур за период вегетации сортов сои (всходы–полная спелость) составила 2386,6 °С, а количество выпавших осадков – 326,1 мм, или 90 % от нормы.

Показатели структуры урожайности сортов сои при различных видах и дозах микроэлементов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Элементы структуры урожайности сортов сои (2012–2014 гг.)

Варианты	Выживаемость растений к уборке, %	Высота растений, см	На 1 растении		Число семян в бобе, шт	Масса 1000 семян, г	Масса семян с 1 растения, г
			бобов шт.	семян шт.			
Ясельда							
Контроль без удобрений	73,0	63,9	10,3	22,0	2,1	137,3	3,02
Эколист Моно Cu 0,5 л/га	74,0	65,0	11,4	23,5	2,1	140,6	3,30
Эколист Моно Cu 1,0 л/га	71,7	67,3	11,5	24,8	2,2	140,3	3,48
Эколист Моно В 1,0 л/га	74,3	65,7	11,4	24,6	2,2	141,8	3,49
Эколист Моно В 2,0 л/га	72,3	69,0	12,3	26,9	2,2	140,5	3,78
Эколист Зерновые 2,0 л/га	74,0	64,9	10,6	22,4	2,1	138,5	3,10
Эколист Зерновые 3,0 л/га	71,0	66,9	12,1	25,2	2,1	139,6	3,52
Оресса							
Контроль без удобрений	76,0	64,7	11,6	24,5	2,1	131,1	3,21
Эколист Моно Cu 0,5 л/га	76,7	65,6	13,2	27,2	2,1	132,8	3,61
Эколист Моно Cu 1,0 л/га	75,3	68,9	14,8	29,5	2,0	132,7	3,91
Эколист Моно В 1,0 л/га	77,3	66,6	12,1	25,8	2,1	130,6	3,37
Эколист Моно В 2,0 л/га	75,7	70,1	14,2	28,4	2,0	134,8	3,83
Эколист Зерновые 2,0 л/га	77,7	65,2	12,4	26,4	2,1	132,6	3,50
Эколист Зерновые 3,0 л/га	75,3	66,0	13,1	28,2	2,2	132,1	3,73

Выживаемость растений к моменту уборки в среднем за годы исследований у позднеспелого сорта Ясельда по вариантам опыта составила 71,0–74,3 % и примерно была на одинаковом уровне у средне-раннего сорта Оресса 75,3–77,7 %. На количество растений к уборке оказывали влияние метеорологические условия.

В среднем по годам исследований высота растений сои существенно изменялась от погодных условий, сортовых признаков и влияния микроудобрений. По всем вариантам опыта высота растений имела четкую тенденцию к увеличению, чем на контрольном варианте и наблюдалась активизация роста растений при внесении подкормок в двойных дозах. У сорта Ясельда высота колебалась от 63,9 см на контроле до 69,0 см на варианте с внесением Эколист Моно В с дозой 2,0 л/га. Самые низкие растения у сорта Оресса наблюдались на контрольном варианте – 64,7 см, а самые высокие – 70,1 см на варианте с внесением Эколист Моно В в двойной дозе (2,0 л/га).

В среднем за годы исследований было установлено, что удвоенные дозы микроудобрений согласно схеме опыта стимулировали формирование элементов семенной продуктивности. У сорта Ясельда насчитывалось бобов и семян по вариантам опыта 10,3–12,3 и 22,0–26,9 штук соответственно. У сорта Оресса эти показатели находились на уровне 11,6–14,8 и 24,5–29,5 штук соответственно. Максимальное количество бобов и семян у сорта Ясельда наблюдалось при внесении микроудобрений Эколист Моно В в дозе 2,0 л/га – 12,3 и 26,9 штук и Эколист Зерновые в дозе 3,0 л/га – 12,1 и 25,2 штук, что по сравнению с контрольным вариантом было выше на 2,0 и 4,9; 1,8 и 3,2 штук соответственно. У сорта Оресса наибольшее число сформировавшихся бобов и семян было отмечено на вариантах с применением Эколист Моно Cu в дозе 1,0 л/га – 14,8 и 29,5 штук и Эколист Моно В в дозе 2,0 л/га – 14,2 и 28,4 штук что превышало контроль на 3,2 и 5,0; 2,6 и 3,9 штук соответственно.

Число семян в бобе у сортов Ясельда и Оресса изменялось незначительно и колебалось в зависимости от изучаемых вариантов от 2,0 до 2,2 штук.

Анализ массы 1000 семян выявил следующие закономерности. За три года исследований, самые крупные семена у сорта Ясельда были получены при некорневой подкормке Эколист Моно В в дозе 1,0 л/га – 141,8 г, что выше контроля на 4,5 г. У сорта Оресса также наиболее высокий показатель массы 1000 семян был получен при внесении микроудобрения Эколист Моно В, но только в дозе 2,0 л/га и составило 134,8 г, что выше по сравнению с контрольным вариантом на 3,7 г. На остальных изучаемых вариантах опыта колебания массы 1000 семян у сортов Оресса и Ясельда были незначительными.

Масса семян с одного растения у сорта Ясельда была максимальной при некорневой обработке Эколист Моно В в дозе 2,0 л/га и составила 3,78 г, что выше на 0,76 г, чем на контроле. Наиболее высокой продуктивностью отличался сорт Оресса при внесении Эколист Моно Cu в дозе 1,0 л/га, где

масса семян с одного растения составила 3,91 г., при уровне этого показателя на контрольном варианте – 3,21 г.

Интегральным показателем эффективности того или иного агроприема является урожайность. Применение микроэлементов в наших исследованиях оказало существенное влияние и на урожайность сои (рис. 1, 2).

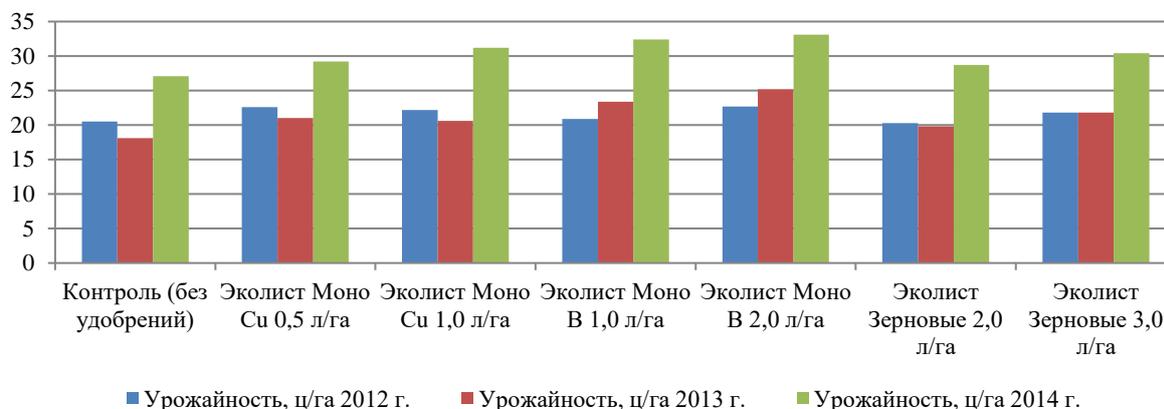


Рис. 1. Урожайность сорта Ясельда в зависимости от применения микроудобрений

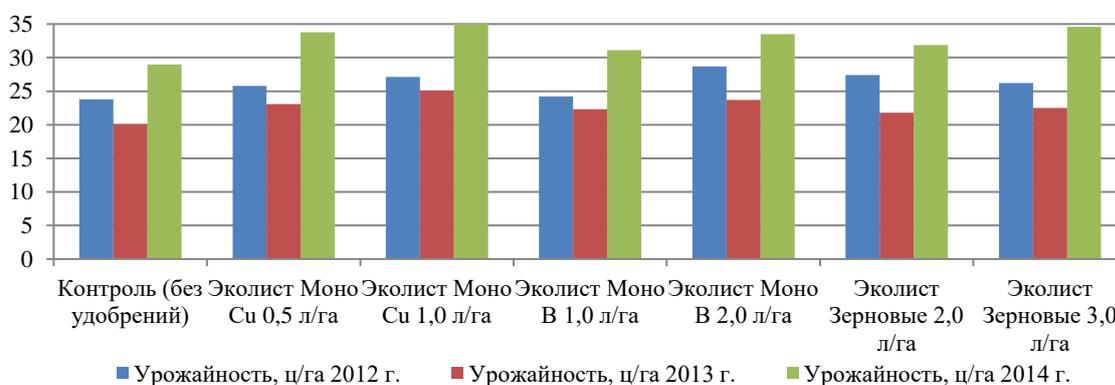


Рис. 2 Урожайность сорта Оресса в зависимости от применения микроудобрений

Вследствие менее благоприятных метеорологических условий из трех лет исследований, наименьший уровень урожайности был достигнут в 2013 г. и по вариантам опыта варьировал от 18,1 до 25,2 ц/га у сорта Ясельда и от 20,1 до 25,1 ц/га у сорта Оресса. В 2012 г. данный показатель находился на уровне 20,3–22,7 ц/га у сорта Ясельда и 23,8–28,7 ц/га у сорта Оресса. В свою очередь в благоприятном для роста и развития 2014 г. был получен максимальный сбор урожайности, который составил по вариантам опыта 21,9–27,0 ц/га у сорта Ясельда и 24,3–29,3 ц/га у сорта Оресса.

Дисперсионный анализ по годам в отдельности и в среднем за три года исследований показал, что позднеспелый сорт Ясельда наиболее положительно реагировал на внесение микроудобрения Эколист Моно В в одинарных и двойных дозах (1,0 и 2,0 л/га), где в 2013 и 2014 гг. урожайность составила 23,4 и 25,2 ц/га, 32,4 и 33,1 ц/га, что достоверно превышало контрольный вариант на 5,3 и 7,1 ц/га, 5,3 и 6,0 ц/га соответственно. В 2012 г. наиболее высокую урожайность обеспечила некорневая подкормка Эколист Моно В в дозе 2,0 л/га – 22,7, ц/га, что выше контроля на 2,2 ц/га, однако прибавка не была достоверной.

У среднераннего сорта Оресса, при внесении микроудобрения Эколист Моно Си в дозе 1,0 л/га по годам исследований прослеживалась четкая тенденция увеличения урожайности, которая была максимальной на данном варианте и находилась в пределах 25,1–35,7 ц/га, прибавки были существенными, т.е. превышали НСР_{0,5} и находились на уровне 3,3–6,7 ц/га. Также у сорта Оресса достоверно высокие показатели зерновой продуктивности были получены при внесении Эколист Моно В в двойной дозе (2,0 л/га) в 2012 и 2014 гг. прибавка была достоверной по отношению к контролю и составила 4,9 и 4,5 ц/га соответственно.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что в среднем за три года исследований микроудобрения независимо от вида и дозы проявили тенденцию к увеличению урожая семян по

отношению к контрольным вариантам, так у сорта Ясельда полученные прибавки урожайности колебались от 1,0 до 5,1, а у сорта Оресса от 1,6 до 5,0 ц/га.

Заключение

Таким образом, на основании данных по урожайности зерна и сопутствующих наблюдений в течение трехлетних исследований было установлено, что в почвенно-климатических условиях северо-восточного региона Беларуси применение микроэлементов оказывало положительное влияние на элементы структуры урожайности и зерновой продуктивности сои. Двукратное увеличение дозировки микроудобрений согласно схеме опыта позволило повысить плодообразующую способность и урожайность культуры. У позднеспелого сорта Ясельда в среднем за три года исследований наиболее высокие показатели зерновой продуктивности были получены при внесении препарата Эколист Моно В в дозах 1,0 и 2,0 л/га – 25,6 и 27,0 ц/га, что достоверно превышало контроль на 3,7 и 5,1 ц/га соответственно. Среднеранний сорт Оресса, в свою очередь, максимальную урожайность сформировал при внесении в удвоенных дозах Эколист Моно Сu (1,0 л/га) и Эколист Моно В (2,0 л/га) – 29,3 и 28,6 ц/га, что достоверно превышало контрольный вариант на 5,0 и 4,3 ц/га соответственно. Максимальная эффективность была получена при внесении Эколист Моно В и Эколист Моно Сu в удвоенных дозах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анспок, П. И. Микроудобрения / П. И. Анспок. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.
2. Тарануха, В. Г. Соя: пособие / В. Г. Тарануха. – Горки: БГСХА, 2011. – 51 с.
3. Давыденко, О. Г. Соя для умеренного климата / О. Г. Давыденко, Д. Е. Голоенко, В. Е. Розенцвейг; Ин-т генетики и цит. – Минск: Тэхналогія, 2004. – 173 с.
4. Босак, В. Н. Эффективность применения микроэлементов при возделывании сои на дерново-подзолистой супесчаной почве / В. Н. Босак, В. В. Скорина, Т. В. Колоскова // Вестник БГСХА. – 2010. – № 2. – С. 61–64.
5. Вильдфлуш, И. Р. Практикум по агрохимии / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1998. – 270 с.
6. Кочурко, В. И. Роль микроэлементов в формировании урожайности сои / В. И. Кочурко, Е. Э. Абарова // Земледелие. – 2014. – № 8. – С. 30–32.
7. Лапа, В. В. Применение удобрений и качество урожая / В. В. Лапа, В. Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 120 с.
8. Приемы возделывания бобовых овощных культур / В. Н. Босак [и др.]; под общ. ред. д-ра с.-х. наук, проф. В. Н. Босака. – Горки: БГСХА, 2022. – 183 с.
9. Система применения микроудобрений под сельскохозяйственные культуры / М. В. Рак [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 28 с.
10. Шпаар, Д. Зернобобовые культуры / Д. Шпаар [и др.]. – Минск: ФУАинформ, 2000. – 264 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

И. Р. ВИЛЬДФЛУШ, О. И. МИШУРА, О. В. МУРЗОВА, Н. В. БАРБАСОВ

УО «Белорусская государственная орденом Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: agrohim_bgsha@mail.ru

(Поступила в редакцию 22.06. 2023)

В статье представлены результаты исследований по изучению влияния комплексных удобрений для допосевого внесения и некорневых подкормок, комплексных микроудобрений с регуляторами роста на урожайность, качество и экономическую эффективность озимой пшеницы, овса и ячменя. Комплексные удобрения показали достаточно высокую агрономическую и экономическую эффективность при возделывании зерновых культур. Некорневые подкормки комплексным удобрением Эколист-З, комплексными микроудобрениями с регулятором роста МикроСил-Медь и МикроСтим-Медь на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70+40+40}$ повысили урожайность зерна озимой пшеницы сорта Богатко с 60,2 ц/га на 8,3, 11,1 и 10,2 ц/га соответственно. Наиболее выгодными вариантами систем удобрения с агроэкономической точки зрения были варианты с основным внесением марки NPK с 0,15 % Cu и 0,1 % Mn в дозе, эквивалентной $N_{90}P_{60}K_{90}$, и некорневыми подкормками комплексным микроудобрением с регулятором роста МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ и МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80+40}P_{70}K_{120}$, которые обеспечили урожайность зерна ячменя кормового назначения сорта Батка на уровне 62,4-70,0 ц/га, где чистый доход составил 134,7-150,0 долл/га при рентабельности 51,9-60,9 %. У голозерного овса сорта Гоша оптимальной была система удобрения при использовании комплексного АФК удобрения с B, Cu, Mn + N_{30} , внесенного в дозах ($N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$), некорневой подкормки МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$, где чистый доход составил 20,0 и 20,4 долл/га при рентабельности 14,2 и 15,3 % соответственно.

Ключевые слова: озимая пшеница, овес, ячмень, комплексные удобрения, урожайность, качество, экономическая эффективность.

The article presents the results of studies on the influence of complex fertilizers for pre-sowing application and foliar fertilizing, complex micro-fertilizers with growth regulators on the yield, quality and economic efficiency of winter wheat, oats and barley. Complex fertilizers have shown fairly high agronomic and economic efficiency in the cultivation of grain crops. Foliar feeding with complex fertilizer Ecolist-Z, complex micro-fertilizers with growth regulator MicroSil-Copper and MicroStim-Copper against the background of $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70+40+40}$ increased the grain yield of winter wheat variety Bogatko from 6.02 t/ha to 0.83, 1.11 and 1.02 t/ha, respectively. The most profitable options for fertilizer systems from an agro-economic point of view were options with the main application of the NPK brand with 0.15 % Cu and 0.1 % Mn at a dose equivalent to $N_{90}P_{60}K_{90}$, and foliar fertilizing with complex micro-fertilizer with the growth regulator MicroStim-Copper L against the background of $N_{90}P_{60}K_{90}$ and MicroStim-Copper L against the background of $N_{80+40}P_{70}K_{120}$, which ensured the grain yield of feed barley of the Batka variety at the level of 6.24-7.00 t/ha, where the net income amounted to 134.7-150.0 dollars/ha with a profitability of 51.9-60.9 %. For naked oats of the Gosh variety, the optimal fertilizer system was when using complex NPK fertilizer with B, Cu, Mn + N_{30} , applied in doses ($N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$), foliar feeding by MicroStim-Copper L against the background of $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$, where the net income was 20.0 and 20.4 dollars/ha with profitability of 14.2 and 15.3 %, respectively.

Key words: winter wheat, oats, barley, complex fertilizers, productivity, quality, economic efficiency.

Введение

К комплексным удобрениям относятся удобрения, содержащие два, три и более элементов питания: азот, фосфор, калий, магний, серу и микроэлементы. Чем больше общее содержание питательных веществ в удобрении, тем оно ценнее. Высокая концентрация действующего вещества, одновременное содержание нескольких элементов питания – большое преимущество комплексных удобрений. Питательные элементы комплексных элементов более равномерно вносятся по поверхности почвы и наличие в одной грануле нескольких элементов питания делает их позиционно доступнее для корней растений [1].

Себестоимость производства комплексных удобрений (в пересчете на единицу питательных веществ) выше, чем простых удобрений. Однако затраты на доставку, хранение и внесение в почву комплексных удобрений (с учетом затрат на производство) ниже [2].

Для различных сельскохозяйственных культур, почв, климатических и других условий требуется комплексные удобрения с разным соотношением и содержанием азота, фосфора, калия и других элементов питания. По данным РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», применение таких удобрений позволяет в два раза снизить энергетические затраты и трудовые затраты [3].

По сравнению с простыми формами минеральных удобрений комплексные удобрения позволяют оптимизировать питание растений и снизить затраты на их применение [4].

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение АФК с Cu и Mn повышало урожайность зерна яровой пшеницы сорта Бомбона по сравнению с внесением в эквивалентной дозе ($N_{60+30}P_{60}K_{90}$) карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия на 8,4 ц/га.

В этом же опыте применение на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ в некорневую подкормку комплексных удобрений Нутривант плюс, Кристалон, Адоб Профит повышало урожайность зерна яровой пшеницы на 6,8; 4,4 и 5,3 ц/га соответственно [5].

В опытах М. В. Рак и Е. Н. Пукаловой на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве некорневая подкормка МикроСтим – Медь Л повышала урожайность зерна яровой пшеницы на 3,7 ц/га, а применение в подкормку ячменя комплексного микроудобрения с регулятором роста МикроСтим – Марганец на 3,2 ц/га [6].

В опытах с пивоваренным ячменем на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение в допосевное внесение АФК с Cu и Mn повышало урожайность зерна на 7,2 ц/га по сравнению с применением в эквивалентной дозе ($N_{60}P_{60}K_{90}$) карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия [4].

Цель исследований – изучить влияние комплексных удобрений для допосевного внесения и некорневых подкормок, комплексных микроудобрений с регуляторами роста на урожайность, качество и экономическую эффективность озимой пшеницы, овса и ячменя.

Основная часть

Исследования проводились с озимой пшеницей сорта Богатко, ячменем сорта Батяка и голозерным овсом сорта Гоша на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком.

Почва опытных участков с озимой пшеницей по годам исследования имела близкую к нейтральной реакцию почвенной среды (pH_{KCl} 6,1–6,2), среднее содержание гумуса (1,68–1,70 %), повышенное – подвижных форм фосфора (225–227 мг/кг), среднее – подвижного калия (185–186 мг/кг), а также низкую и среднюю обеспеченность подвижной медью (1,5–2,0 мг/кг).

Для проведения опытов в основное внесение удобрений применялись аммофос (52 % P_2O_5 , 12 % N), хлористый калий (60 % K_2O), подкормка озимой пшеницы проводилась карбамидом (46 % N). Изучалось также твердое комплексное удобрение для озимых зерновых культур (N – 5 %, P_2O_5 – 16 %, K_2O – 35 %, Cu – 0,3 % и Mn – 0,25 %), разработанное РУП «Институт почвоведения и агрохимии». Для некорневой подкормки растений озимой пшеницы в фазе начала выхода в трубку применялось польское комплексное удобрение Эколист-3 (N – 10,5 %, K_2O – 5,1 %, MgO – 2,5 %, B – 0,38 %, Cu – 0,45 %, Fe – 3,07 %, Mn – 0,05 %, Mo – 0,0016 %, Zn – 0,14 %) в дозе 3 л/га, а также комплексное микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Медь Л (медь – 78,0 г/л, азот – 65,0 г/л, гуминовые вещества – 0,6–5,0 мг/л) и МикроСил-Медь Л (медь – 78,0 г/л, азот – 65,0 г/л).

Общая площадь делянок с озимой пшеницей – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность четырехкратная. Посев проводился сеялкой RAU Airsem-3 с нормой высева семян озимой пшеницы сорта Богатко 5,0 миллионов всхожих семян на гектар. Агротехника возделывания озимой пшеницы общепринятая для Беларуси. Экономическая эффективность рассчитана по методике разработанной РУП «Институт почвоведения и агрохимии, а статистическая обработка выполнена по – Б. А. Доспехову [7, 8].

Почва опытного участка с овсом по годам исследования имела кислую и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды (pH_{KCl} 5,1–6,1), низкое и среднее содержание гумуса (1,2–1,7 %), повышенное и высокое содержание подвижных форм фосфора (225–318 мг/кг), среднее и повышенное содержание подвижного калия (173–238 мг/кг), низкую и среднюю обеспеченность подвижной медью (1,2–2,2 мг/кг). Общая площадь делянки – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность четырехкратная. Норма высева семян – 5,5 миллионов всхожих семян на гектар.

До посева в опытах применяли карбамид (46 % N), аммофос (12 % N, 52 % P_2O_5), хлористый калий (60 % K_2O) и комплексное удобрения АФК (13:11:22) с 0,1 % B, 0,15 % Cu и 0,1 % Mn. Некорневые подкормки проводили комплексным удобрением Нутривант плюс (N – 6 %, P_2O_5 – 23 %, K_2O – 35 %, MgO – 1,0 %, B – 0,1 %, Zn – 0,2 % Cu – 0,25 %, Fe – 0,05 %, Mo – 0,002 % и фертивант) в дозе 2 кг/га в фазах кушения и начала выхода в трубку, в фазе начала выхода в трубку комплексным микроудобрением с регулятором роста МикроСтим Медь Л (1 л/га).

Почва опытного участка с ячменем характеризовалась средним содержанием гумуса (1,6–1,7 %) и общего азота (0,19–0,20 %), повышенной обеспеченностью подвижным фосфором (195–203 мг/кг) и

калием (200–208 мг/кг), средним содержанием подвижной меди (1,80–1,91 мг/кг) и цинка (3,52–3,95 мг/кг), слабокислой реакцией (рН_{KCL} 5,73–5,96).

Общая площадь делянки – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность четырехкратная. Норма высева семян ярового ячменя составляла 5,5 млн. всхожих семян на 1 га. В опыте для основного внесения в почву применяли стандартные удобрения (карбамид, аммофос, хлористый калий) и комплексное удобрение марки N:P:K (16:11:20 с 0,15 % Cu и 0,10 % Mn), разработанное в РУП «Институт почвоведения и агрохимии». В качестве некорневых подкормок по вегетации ячменя применяли комплексное удобрение с регулятором роста МикроСтим–Медь Л; комплексное удобрение Нутривант Плюс зерновой; Кристалон особый; Кристалон коричневый.

МикроСтим–Медь Л – комплексное микроудобрение с регулятором роста растений (медь – 78,0 г/л, азот – 65,0 г/л, гуминовые вещества – 0,60–5,0 мг/л) применяли в фазе начала выхода в трубку в дозе 1 л/га.

Нутривант Плюс зерновой – водорастворимое комплексное удобрение израильского производства, применяли в фазе кущения и выхода в трубку в дозе по 2 кг/га. Удобрение содержит N (6 %), P₂O₅ (23 %), K₂O (35 %), MgO (1 %), B (0,1 %), Zn (0,2 %), Cu (0,25 %), Fe (0,05 %), Mo (0,002 %) и фертивант (прилипатель).

Кристалон особый – N (18 %), P₂O₅ (18 %), K₂O (18 %), MgO (3 %), B (0,025 %), Zn (0,025 %), Cu (0,01 %), Fe (0,07 %), Mo (0,004 %), Mn (0,04 %), S (5,0 %).

Кристалон коричневый – N (3 %), P₂O₅ (18 %), K₂O (38 %), MgO (4 %), B (0,025 %), Zn (0,025 %), Cu (0,01 %), Fe (0,07 %), Mo (0,004 %), Mn (0,04 %), S (27,5 %).

Кристалон особый и коричневый производятся в Нидерландах. Кристалон особый применяли в фазе кущения в дозе 2 кг/га, а коричневый – в фазе начала выхода в трубку в дозе 2 кг/га. Подкормку ячменя проводили карбамидом (N₄₀) в фазе начала выхода в трубку.

Применение комплексного удобрения для озимых зерновых культур для основного внесения марки 5:16:35 с Cu 0,3 % и Mn 0,25 %, по сравнению с внесением карбамида, аммофоса и хлористого калия в эквивалентных дозах по азоту, фосфору и калию, увеличило в среднем за три года урожайность зерна сорта Богатко на 4,9 ц/га (табл. 1).

Таблица 1. Эффективность применения комплексных удобрений при возделывании озимой пшеницы сорта Богатко (среднее за 2011–2014 гг.)

Варианты опыта	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK, кг зерна	Сырой белок, %	Сырая клейковина, %	Чистый доход, долл/га	Рентабельность, %
1. Без удобрений (контроль)	29,1	–	–	11,6	19,4	–	–
2. N ₂₀ P ₆₄ K ₁₄₀ + N ₇₀ + N ₄₀ +N ₄₀ – фон	60,2	–	6,9	12,7	28,7	313,5	88,5
3. Фон + Эколист-3	68,5	8,3	10,4	13,3	32,0	454,5	116,1
4. Фон + МикроСил–Медь Л	71,3	11,1	10,5	13,5	31,1	528,1	139,7
5. Фон + МикроСтим–Медь Л	70,4	10,2	11,3	13,3	30,6	491,7	124,5
6. N ₂₀ P ₆₄ K ₁₄₀ (АФК удобрение с Cu и Mn) + N ₇₀ +N ₄₀ + N ₄₀	65,1	4,9	11,3	12,9	29,9	419,0	118,4
НСР ₀₅	2,1	–	–	–	–	–	–

Подкормки азотными удобрениями существенно повысили содержание сырого белка и сырой клейковины в зерне озимой пшеницы. Положительное влияние на увеличение содержания сырого белка в зерне озимой пшеницы оказали некорневые подкормки комплексным удобрением Эколист-3 на фоне N₂₀P₆₄K₁₄₀ + N₇₀ + N₄₀ + N₄₀. Некорневая подкормка комплексным микроудобрениями с регулятором роста МикроСил–Медь и МикроСти–Медь на фоне N₂₀P₆₄K₁₄₀ + N₇₀ + N₄₀ + N₄₀ повышали урожайность зерна на 11,1 и 10,2 ц/га.

Содержание сырой клейковины в зерне пшеницы существенно возросло при применении комплексных удобрений Эколист–3, МикроСтим–Медь Л и комплексного удобрения с регулятором роста МикроСил–Медь Л. В этих вариантах опыта оно превышало 28 %, что соответствовало норме, установленной для озимой пшеницы (табл. 1). Наибольшее содержание клейковины в зерне (32 %) было при применении МикроСтим–Медь Л.

Наибольший чистый доход был получен при сочетании N₂₀P₆₄K₁₄₀ + N₇₀ + N₄₀+ N₄₀ с обработкой посевов МикроСтим–Медь и МикроСтим–Медь Л, который составил 491,7 и 528,1 долл/га соответственно. В этих вариантах был более высокий уровень рентабельности (124,5 и 139,7 %).

Применение комплексного АФК удобрения с В, Си и Мп + N₃₀ по сравнению с внесением в эквивалентной дозе стандартных удобрений увеличило урожайность зерна голозерного овса в среднем за три года на 5,8 ц/га (табл. 2).

Таблица 2. Эффективность применения комплексных удобрений при возделывании голозерного овса сорта Гоша (среднее за 2013–2015 гг.)

Варианты опыта	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Прибавка к фону, ц/га		Сырой белок, %	Выход сырого белка, ц/га	Чистый доход, долл/га	Рентабельность, %
			Фон 1	Фон 2				
1. Без удобрений	21,7	–	–	–	13,4	2,5	–	–
2. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – фон 1	32,2	10,5	–	–	15,0	4,1	–	–
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ – фон 2	33,9	12,2	–	–	15,3	4,5	10,1	10,2
4. Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	37,4	15,7	5,2	–	15,7	5,0	12,0	9,4
5. Фон 1 + Нутривант Плюс	40,5	18,8	8,3	–	15,9	5,5	19,3	13,0
6. АФК удобрение с В, Си, Мп + N ₃₀ (эквивалентный по NPK варианту 5)	39,7	18,0	–	–	16,5	5,7	20,0	14,2
7. Фон 2+ Нутривант Плюс	40,2	18,5	–	6,3	16,3	5,7	17,6	12,0
8. Фон 2+ МикроСтим-Медь Л	38,9	17,2	–	5,0	16,6	5,6	20,4	15,3
НСР ₀₅	0,8	–	–	–	0,7	–		

Некорневые подкормки комплексным удобрением с регулятором роста МикроСтим–Медь Л, а также комплексным удобрением Нутривант Плюс на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ повысили урожайность зерна голозерного овса на 5,2 и 8,3 ц/га.

На фоне N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀ урожайность зерна при обработке посевов комплексным микроудобрением с регулятором роста МикроСтим–Медь Л увеличилась на 5,0, а комплексным удобрением Нутривант Плюс – на 6,3 ц/га. В этих вариантах опыта обеспечивалась максимальная урожайность зерна голозерного овса сорта Гоша.

Применение белорусского комплексного микроудобрения с регулятором роста МикроСтим–Медь Л на фоне N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀ обеспечило более высокий чистый доход и рентабельность, чем использование для некорневых подкормок комплексного удобрения Нутривант Плюс на аналогичном фоне удобрений. Выше чистый доход и рентабельность были в вариантах при применении комплексного удобрения АФК с В, Си, Мп + N₃₀ и микроудобрения МикроСтим–Медь Л на фоне N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀ у которых чистый доход составил 20,0 и 20,4 долл/га при рентабельности 14,2 и 15,3 % соответственно.

Применение нового комплексного АФК удобрения для яровых зерновых культур с 0,15 % Си и 0,10 % Мп увеличило урожайность зерна раннеспелого ячменя сорта Батяка на 6,3 ц/га по сравнению с вариантом, где в эквивалентной дозе применялись карбамид, аммофос и хлористый калий (табл. 3).

Таблица 3. Эффективность применения комплексных удобрений при возделывании ярового ячменя сорта Батяка (среднее за 2015–2017 гг.)

Варианты опыта	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK, кг зерна	Сырой белок, %	Выход сырого протеина, ц/га	Чистый доход, долл/га	Рентабельность, %
1. Без удобрений	26,8	–	–	9,6	2,2	–	–
2. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – фон 1	55,5	28,7	11,9	11,2	6,0	85,8	41,7
3. N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – фон 2	62,2	35,4	11,4	10,8	5,7	99,1	38,0
4. Фон 1 + Нутривант Плюс (2 обработки)	59,8	33,0	13,8	11,3	5,9	96,5	40,4
5. Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	61,1	34,3	14,3	11,7	6,0	106,2	43,8
6. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Си (0,15 %), Мп (0,10 %) (комплексное)	61,8	35,0	14,6	12,4	6,9	134,7	60,9
7. Фон 1 + МикроСтим–Медь Л	62,4	35,6	14,8	12,4	6,5	130,5	56,4
8. Фон 2 + МикроСтим–Медь Л	70,0	43,2	13,9	0,5	–	150,0	51,9
НСР ₀₅	1,3	–	–				

При обработке посевов ярового ячменя на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ комплексным микроудобрением МикроСтим–Медь Л в фазе начала выхода в трубку урожайность зерна раннеспелого сорта Батяка повысилась на 6,9 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 14,8 кг зерна. При повышенных дозах минеральных удобрений (N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N_{40 карб}) применение МикроСтим–Медь Л увеличило урожайность зерна у раннеспелого сорта ячменя Батяка на 7,5 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 13,9 кг зерна.

Некорневая подкормка водорастворимым комплексным удобрением Кристалон (2 обработки) по сравнению с фоновым вариантом N₉₀P₆₀K₉₀ повысила урожайность зерна у раннеспелого сорта Батяка

на 5,6 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 14,3 кг зерна. Нутривант Плюс на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ способствовал повышению урожайности зерна 4,3 ц/га (табл. 3).

Одним из важнейших показателей качества зерна ячменя является содержание сырого протеина. Оптимальное содержание сырого протеина в кормах – 15 % и более. Этот показатель увеличивался с возрастанием доз вносимых азотных удобрений. Максимальное содержание сырого белка 12,4 % и его выход 6,5 и 6,9 ц/га отмечены при применении МикроСтим–Медь Л на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ и комплексного АФК удобрения с Cu и Mn.

Наибольший чистый доход у сорта Батяка (150,0 долл/га) отмечен в варианте с применением МикроСтим–Медь Л на фоне N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N_{40 карб.} Максимальная рентабельность у ячменя наблюдалась в варианте с применением комплексного азотно-фосфорно-калийного удобрения с Cu и Mn (60,9 %).

Заключение

Некорневые подкормки комплексным удобрением Эколист–З, комплексными микроудобрениями с регулятором роста МикроСил–Медь и МикроСтим–Медь на фоне N₂₀P₆₄K₁₄₀ + N₇₀₊₄₀₊₄₀ повысили урожайность зерна озимой пшеницы сорта Богатко с 60,2 ц/га на 8,3, 11,1 и 10,2 ц/га соответственно. В вариантах с тремя и четырьмя подкормками азотом содержание сырой клейковины составило более 28 % (28,7–30,0 %), что соответствует норме, установленной для озимой пшеницы.

Наиболее выгодными вариантами систем удобрения, с агроэкономической точки зрения, были варианты с основным внесением марки NPK с 0,15 % Cu и 0,1 % Mn в дозе, эквивалентной N₉₀P₆₀K₉₀, и некорневыми подкормками МикроСтим–Медь Л на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ и МикроСтим–Медь Л на фоне N₈₀₊₄₀P₇₀K₁₂₀, которые обеспечили урожайность зерна ячменя кормового назначения раннеспелого сорта Батяка на уровне 61,8–70,0 ц/га, где чистый доход составил 134,7–150,0 долл/га при рентабельности 51,9–60,9 %.

У голозерного овса сорта Гоша некорневые подкормки удобрением Нутривант Плюс на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ и N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀ увеличили урожайность зерна на 6,3–8,2 ц/га (с 32,2 до 40,5 ц/га и с 33,9 до 40,3 ц/га). Максимальное содержание сырого белка (16,6 %) было в варианте с применением комплексного микроудобрения с регулятором роста МикроСтим–Медь Л на N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀.

У голозерного овса сорта Гоша оптимальной была система удобрения при использовании комплексного АФК удобрения с B, Cu, Mn + N₃₀, внесенного в дозах (N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀), некорневой подкормки МикроСтим–Медь Л на фоне N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀, где чистый доход составил 20,0 и 20,4 долл/га при рентабельности 14,2 и 15,3 % соответственно.

Комплексные удобрения показали достаточно высокую агрономическую и экономическую эффективность при возделывании зерновых культур. Более высокая экономическая эффективность комплексных удобрений для допосевного внесения и некорневых подкормок была у озимой пшеницы, затем у ячменя кормового назначения и ниже она была у голозерного овса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимия. Удобрения и их применение в современной земледелии: учебно-методическое пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Горки: БГСХА, 2019. – 405 с.
2. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапа. – Минск; ИВЦ Минина, 2021. – 260 с.
3. Агрохимия: учебник / И.Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред.И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013.– 704 с.
4. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на продуктивность и качество сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 161 с.
5. Вильдфлуш, И. Р. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность, структуру урожая и качество зерна яровой пшеницы / Вильдфлуш И. Р., Кулешова А. А. // Почвоведение и агрохимия. – 2023.– № 1(70). – С. 126–135.
6. Рак, М. В. Эффективность микроудобрений при возделывании ярового ячменя на дерново-подзолистой высокоокультуренной легкосуглинистой почве / Рак М. В., Пукалова Е. Н., Гузова Н. С., Гук Л. Н., Корсакова В. В. // Почвоведение и агрохимия. – 2023. – № 1(70). – С. 112–118.
7. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.] / РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2010. – 24 с.
8. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

ОЦЕНКА ДУШИЦЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПО ХОЗЯЙСТВЕННО ПОЛЕЗНЫМ ПРИЗНАКАМ

Т. В. САЧИВКО, В. Н. БОСАК, А. А. БЛОХИН

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: sachyuka@rambler.ru; bosak1@tut.by

В. А. БЕЙНЯ, Т. В. СЕМАШКО, А. А. ГОЛОВАЧ

ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220108, e-mail: belsort@sorttest.by

(Поступила в редакцию 04.07.2023)

Душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.) относится к ценным пряно-ароматическим и эфирно-масличным культурам и используется в различных отраслях пищевой промышленности (кулинария, ликероводочное и пивоваренное производство), в косметологии и парфюмерии, традиционной и народной медицине, декоративном садоводстве и ландшафтном озеленении.

Основные направления в селекции душицы обыкновенной – повышение продуктивности; получение форм, приспособленных к промышленной технологии возделывания, интенсивно отрастающих после срезки, зимостойких, устойчивых к полеганию, засухе, вредителям и болезням, с высокой концентрацией ценных для общего химического и биохимического состава полезных веществ; выведение сортов с высокой ароматичностью, с различными сроками наступления хозяйственной годности, обладающих высокой медопродуктивностью и декоративностью, адаптивных к возделыванию в различных почвенно-климатических условиях.

В результате совместных исследований УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» и ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» была усовершенствована методика проведения испытаний сортов душицы обыкновенной на отличимость, однородность и стабильность, что позволяет оптимизировать селекционный процесс данной культуры и проводить более доскональную оценку по идентификации сортов при проведении государственного сортоиспытания и при определении сортовой чистоты в промышленных посадках. При оценке селекционного материала душицы обыкновенной по комплексу хозяйственно полезных морфологических, морфометрических и фенологических признаков наряду с зарубежным селекционным материалом были использованы новые авторские сорта УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» *Завіруха* и *Аксаміт*, включенные в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений Республики Беларусь.

Национальная методика проведения испытаний сортов душицы обыкновенной на отличимость, однородность и стабильность предоставляет возможность селекционерам обратить внимание на соответствующие характерные и отличительные признаки душицы обыкновенной, что будет способствовать эффективному ведению дальнейшей селекционной работы по созданию форм и сортов с различными хозяйственно ценными свойствами, идентификации различных сортов.

Ключевые слова: душица обыкновенная, хозяйственно полезные признаки, селекционный процесс, методика испытания сортов на отличимость, однородность и стабильность.

Oregano (Origanum vulgare L.) is a valuable aromatic and essential oil crop and is used in various branches of the food industry (cooking, distillery and brewing), in cosmetology and perfumery, traditional and folk medicine, ornamental gardening and landscape gardening.

The main directions in the selection of oregano are increasing productivity; obtaining forms adapted to industrial cultivation technology, growing rapidly after cutting, winter-hardy, resistant to lodging, drought, pests and diseases, with a high concentration of useful substances valuable for the overall chemical and biochemical composition; breeding varieties with high aromaticity, with different periods of economic shelf life, with high honey productivity and decorative properties, adaptive to cultivation in various soil and climatic conditions.

*As a result of joint research of the Belarusian State Agricultural Academy and the State Inspectorate for the Testing and Protection of Plant Varieties, the methodology for testing varieties of oregano for distinctiveness, uniformity and stability was improved, which allows optimizing the breeding process of this crop and conducting a more thorough assessment on identification of varieties during state variety testing and when determining varietal purity in industrial plantings. When assessing the breeding material of oregano according to a complex of economically useful morphological, morphometric and phenological characteristics, along with foreign breeding material, new proprietary varieties of the Belarusian State Agricultural Academy *Zavirukha* and *Aksamit*, included in the state register of agricultural plant varieties of the Republic of Belarus, were used.*

The national methodology for testing varieties of oregano for distinctiveness, uniformity and stability provides an opportunity for breeders to pay attention to the corresponding characteristic and distinctive features of oregano, which will facilitate the effective conduct of further breeding work to create forms and varieties with various economically valuable properties, and the identification of various varieties.

Key words: *oregano, economically useful traits, breeding process, methods of testing varieties for distinctiveness, uniformity and stability.*

Введение

Душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.) относится к перспективным для Республики Беларусь пряно-ароматическим и эфирномасличным культурам, товарная продукция которой используется в различных отраслях экономики [1–16].

Селекционная работа с душицей обыкновенной направлена на создание высокопродуктивных эфирно-масличных сортов, способных обеспечить фармакологическую, пищевую и парфюмерно-косметическую промышленность качественным экологически безопасным сырьем и полностью заменить импортную продукцию. Основные направления селекции – повышение продуктивности, получение форм, приспособленных к промышленной технологии возделывания, зимостойких, устойчивых к полеганию, засухе, вредителям и болезням, интенсивно отрастающих после срезки, с ценным химическим и биохимическим составом, с высокой ароматичностью, имеющим различные сроки наступления хозяйственной годности, высокую медопродуктивность и декоративность. Достижение положительных результатов по вышеперечисленным направлениям селекции с душицей обыкновенной дадут возможность производителю повысить урожайность и при желании увеличить продолжительность заготовительного периода для снижения напряженности сельскохозяйственных работ в уборочный период в организациях занимающихся промышленным производством сырья душицы обыкновенной для нужд пищевой промышленности, косметологии, традиционной и народной медицины, а также посадочного материала для декоративного садоводства и ландшафтного озеленения, получать более качественную продукцию при снижении ее себестоимости.

Для получения нового сорта на всех этапах и во всех звеньях схемы селекционного процесса проводится оценка изучаемого и создаваемого селекционного материала по многим количественным и качественным показателям. Под оценкой селекционного материала понимают учет хозяйственных, морфологических признаков и свойств, характеризующих хозяйственную ценность и отличимость создаваемых линий, семей, сортов и гибридов. При движении перспективных образцов по схеме селекционного процесса выделенный материал всесторонне оценивается по довольно многочисленному количеству хозяйственно-биологических, морфологических признаков и свойств. Оценки даются непосредственно (прямые) по изучаемым признакам или по косвенным показателям [17–23].

Цель исследования – усовершенствовать методику оценки селекционного материала душицы обыкновенной.

Основная часть

Исследования по усовершенствованию оценки селекционного материала душицы обыкновенной проводили в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» в 2018–2023 гг.

При учете основных хозяйственно полезных и морфологических признаков использовали различные сорта душицы обыкновенной зарубежной селекции, а также новые авторские сорта селекции УО БГСХА (Завіруха, Аксаміт) [1–3, 11, 24–28].

В настоящее время в селекции душицы обыкновенной преобладает изучение исходного материала для создания новых сортообразцов на основе коллекционных и местных популяций, природных ценопопуляций, семенного потомства от свободного скрещивания, образцов различного географического происхождения и гибридных форм, что позволяет создавать новые сорта, адаптированные к почвенно-климатическим условиям региона и обладающие комплексом признаков экологической устойчивости и приспособленности.

Селекционный материал оценивается по основным хозяйственно ценным признакам: типу роста, высоте растения, опушенности верхней стороны листовой пластинки (количество железистых структур на верхней стороне листовой пластинки, которые накапливают много эфирных масел), цвету венчика, размеру и интенсивности зеленой окраски листьев, скороспелости, биохимическим показателям (содержание эфирных масел и их компонентный состав, витамина С и др.).

Авторским коллективом была проанализирована существующая и предложена новая усовершенствованная методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность душицы обыкновенной [29, 30].

Наблюдения на растениях проводятся до цветения (интенсивность зеленой окраски), во время массового цветения (высота, тип роста). Измерения высоты растений проводятся от земли до наивысшей точки растения без поднятия отдельных стеблей.

Все признаки листа и листовой пластинки наблюдают на типичном листе в середине растения в начале цветения. Измерение длины листовой пластинки проводится от основания (не учитывая

черешок) до кончика листа, ширины – в самой широкой части листовой пластинки. Измерение длины черешка проводится от начала крепления к стеблю до основания листовой пластинки.

Признаки стебля (опушенность, наличие и интенсивность антоциановой окраски) определяют в середине стебля в начале цветения, длина междоузлий, толщина стебля – во время массового цветения.

Признаки прицветника определяют в начале цветения, венчика – во время массового цветения.

Созревание семян учитывается при побурении семян в соцветиях на центральных побегах.

Показатели типа роста и плотности куста могут быть использованы в селекции для создания сортов душицы, пригодных для механизированного возделывания. Основные морфологические признаки играют большую роль также в селекции при создании декоративных сортов, а также сортов душицы, рекомендуемых для приусадебного возделывания.

Время начала цветения определяют по числу дней с момента отрастания до распускания цветков. Началом цветения считают фазу, когда 10 % растений имеют открытые цветки. Массовым цветением считают фазу, когда 75 % растений имеют открытые цветки.

Все эти признаки наблюдают на следующий год после посадки.

Изучение особенностей развития сортообразцов душицы обыкновенной проводится методом фенологических наблюдений по методике И. Н. Бейдеман [31].

Учитывая особенности растений душицы, выделены следующие основные фазы их развития: посев (первый год); всходы (первый год); пикировка (первый год); посадка в открытый грунт (первый год); отрастание (второй год); бутонизация – наступает тогда, когда бутоны на цветоносе уже сформированы; начало цветения – определяется с момента распускания первых цветков на отдельных побегах (10 %); массовое цветение – определяется визуально, когда большая часть побегов активно цветет (до 75 %); созревание семян – плоды приобретают темно-бурую окраску в соцветиях на центральных побегах.

Для биохимических исследований берут зеленую массу растений в фазе массового цветения и определяют сухое вещество, белок, углеводы, аскорбиновую кислоту, каротин, эфирные масла и др.

Для облегчения оценки хозяйственно ценных признаков похожие сорта разбиваются на группы. Для группировки используют такие признаки, которые не варьируют, или варьируют незначительно в пределах сорта (тип роста растения, опушенность верхней стороны листовой пластинки, время начала цветения, окраска венчика):

1) растение: тип роста (вертикальное, полувертикальное, горизонтальное) – учет проводится во время массового цветения (рис. 1);

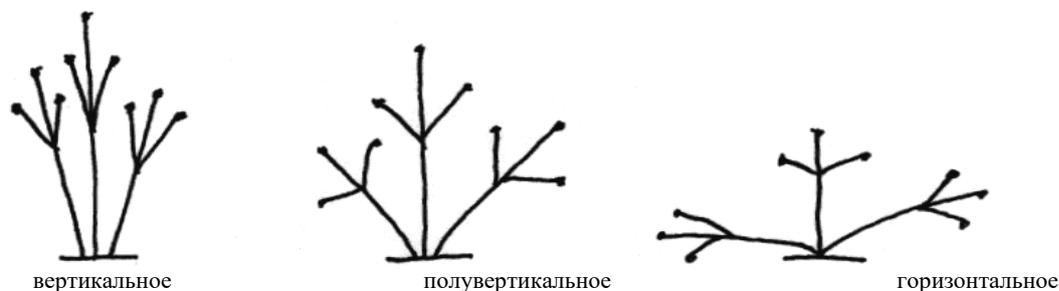


Рис. 1. Тип роста растения душицы обыкновенной

2) листовая пластинка: опушенность верхней стороны (отсутствует, имеется) – учет проводится в начале цветения на типичном листе в середине растения;

3) цветок: окраска (белый, розовый, темно-розовый) – учет проводится в фазе массового цветения (рис. 2);



белый

розовый

темно-розовый

Рис. 2. Окраска венчика душицы обыкновенной

4) время начала цветения (раннее – менее 65 дней, среднее – 65–80 дней, позднее – более 80 дней). Определяют по числу дней с момента начала весеннего отрастания до распускания цветков. Началом цветения считают фазу, когда 10 % растений имеют открытые цветки.

Каждый вегетационный период оценке подлежат признаки, которые обязательно используются для описания сорта:

1) растение: интенсивность зеленой окраски (светлая, средняя, темная) – учет проводится до цветения (рис. 3);



светлая



средняя



темная

Рис. 3. Интенсивность зеленой окраски душицы обыкновенной

2) стебель: опушенность (отсутствует, слабая, средняя, сильная) – учет проводится в начале цветения в середине стебля;

3) стебель: антоциановая окраска (отсутствует, имеется) – учет проводится в начале цветения в середине стебля (рис. 4);



отсутствует



имеется

Рис. 4. Наличие антоциановой окраски на стебле душицы обыкновенной

4) стебель: интенсивность антоциановой окраски (слабая, средняя, сильная) – учет проводится в начале цветения в середине стебля;

5) стебель: длина междоузлий (короткие – 2,0 см, средней длины – 2,0–3,0 см, длинные – более 3,0 см) – учет проводится в фазе массового цветения в середине стебля;

6) пазуха листа: антоциановая окраска (слабая, средняя, сильная) – учет проводится в начале цветения на типичном листе в середине растения;

7) лист: окраска листовой пластинки (зеленая, белоокаймленная, желтая) (рис. 5);



зеленая



зеленая с белой окантовкой



желтая

Рис. 5. Окраска листовой пластинки душицы обыкновенной

8) прицветник: антоциановая окраска (отсутствует, имеется) – учет проводится в начале цветения;

9) прицветник: интенсивность антоциановой окраски (слабая, средняя, сильная) – учет проводится в начале цветения;

10) соцветие: плотность (рыхлое, средней плотности, плотное) – учет проводится в начале цветения (рис. 6);



рыхлое



средней плотности



плотное

Рис. 6. Плотность соцветия душицы обыкновенной

11) соцветие: длина кисти в соцветии (короткая, средняя, длинная) – учет проводится в фазе цветения (рис. 7).



короткая



средняя



длинная



соцветие плотное
с короткой кистью



соцветие плотное
со средней длины кистью



соцветие рыхлое
с длинной кистью

Рис. 7. Длина кисти в соцветии душицы обыкновенной

Для оценки большого разнообразия образцов душицы, создания новых сортов, а также подтверждения их однородности в качестве морфометрических признаков должны учитываться следующие признаки:

1) растение: высота (низкое – менее 33 см, средней высоты 33–46 см, высокое – более 46 см) – измерение проводится в фазе массового цветения от земли до наивысшей точки растения без поднятия отдельных стеблей;

2) стебель: толщина (тонкий – менее 0,2 см, средней толщины – 0,2–0,3 см, толстый – более 0,3 см) – учет проводится в фазе массового цветения в середине стебля;

3) листовая пластинка: длина (короткая – менее 2,0 см, средней длины – 2,0–2,5 см, длинная – более 2,5) – учет проводится в начале цветения на типичном листе в середине растения;

4) листовая пластинка: ширина (узкая – менее 1,5 см, средней ширины 1,5–2,0 см, широкая – более 2,0 см) – учет проводится в начале цветения на типичном листе в середине растения;

5) лист: длина черешка (короткий – менее 1,0 см, средней длины – 1,0–1,5 см, длинный – более 1,5 см) – учет проводится в начале цветения на типичном листе в середине растения.

В результате оценки выделены источники хозяйственно ценных признаков для селекции на продуктивность растений душицы обыкновенной:

– высота растения (измерение проводится во время массового цветения от земли до наивысшей точки растения без поднятия отдельных стеблей): низкое – Душистый пучок, Надежда, Медовый аромат; среднее – Зима, Органза, Славница, Мила; высокое – Белая птица, Урусвати, Крымчанка, Кудесница, Сибирская мелодия, Нарядная, Хуторянка, Северное сияние, Радуга, Арбатское семко, Аксамит, Завіруха, Грета, Розовая фея;

– размер листовой пластинки (учет проводится в начале цветения на типичном листе в середине растения): мелкий – Белая птица, Арбатское семко, Белая; средний – Урусвати, Крымчанка, Органза, Душистый пучок, Надежда, Мила, Хуторянка, Розовая фея; крупный – Зима, Медовый аромат, Фея, Радуга, Аксамит, Завіруха, Грета.

Выделены сорта душицы, которые представляют интерес в селекции как исходный материал для создания сортов различных групп скороспелости (учет проводится в начале цветения):

– раннеспелые – Зима, Славница, Сибирская мелодия, Нарядная, Северное сияние, Карамелька; среднеспелые – Фея, Хуторянка, Белая, Аксамит, Завіруха, Радуга, Грета.

Для дальнейшей селекционной работы при создании новых сортов душицы и подтверждения их однородности в качестве морфологических признаков могут быть использованы:

– тип роста растения (учет проводится во время массового цветения): вертикальный – Урусвати, Хуторянка, Северное сияние, Радуга, Арбатское семко, Розовая фея; полувертикальный – Белая птица, Крымчанка, Зима, Органза, Душистый пучок, Славница, Медовый аромат, Мила, Карамелька, Аксамит, Завіруха, Грета; горизонтальный – Фея, Белая;

– опушенность верхней стороны листовой пластинки (учет проводится в начале цветения): отсутствует – Крымчанка, Органза, Грета; имеется – Белая птица, Урусвати, Зима, Душистый пучок, Надежда, Славница, Медовый аромат, Мила, Кудесница, Хуторянка, Аксамит, Завіруха;

– окраска венчика (учет проводится во время массового цветения): белая – Белая птица, Крымчанка, Зима, Белая, Завіруха; темно-розовый – Урусвати, Славница, Хуторянка, Аксамит; светло-розовый – Органза, Грета, Душистый пучок, Надежда, Медовый аромат, Мила, Сибирская мелодия; пурпурный с

розовато-сиреневым оттенком – Кудесница; светло-голубой – Нарядная; пурпурно-розовый – Северное сияние; розовато-лиловый – Радуга; лилово-розовый – Арбатское семко, Карамелька; розовый – Розовая фея;

– интенсивность зеленой окраски листовой пластинки (учет проводится в начале цветения): светлая – Розовая фея, Белая, Завіруха; средняя – Белая птица, Урусвати, Крымчанка, Зима, Органза, Душистый пучок, Славница, Медовый аромат, Мила, Кудесница, Сибирская мелодия, Нарядная, Радуга, Арбатское семко, Карамелька, Грета; темная – Надежда, Фея, Хуторянка, Северное сияние, Аksamit.

Одним из важных аспектов в изучении эфирно-масличных растений является определение мест локализации и накопления эфирных масел. К основным структурам, накапливающим эфирные масла, относятся секреторные (железистые) образования, которые имеют эндогенное или экзогенное происхождение и различаются типом, размером и плотностью распределения по органам растения [32]. Изучаемый материал душицы проявляет различные степени выраженности признака опушенности листьев, что позволяет говорить о потенциальной возможности отбора более высокопродуктивных образцов и выделения более высокомасличных форм растений на ранних этапах развития по такому признаку, как опушенность верхней части листовой пластинки, стебля.

Заклучение

Оценка хозяйственно полезных и морфологических признаков относится к важнейшим критериям селекционного процесса пряно-ароматических и эфирно-масличных культур, в том числе и душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.).

В результате комплексной оценки морфологических, морфометрических и фенологических признаков различных сортов душицы обыкновенной усовершенствована методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность, что позволяет оптимизировать селекционный процесс данной культуры, проводить доскональную оценку по идентификации сортов при проведении государственного сортоиспытания и при определении сортовой чистоты в промышленных посадках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антимикробные свойства эфирных масел новых сортов душицы обыкновенной / Т. В. Сачивко [и др.] // Химия растительного сырья. – 2023. – № 4.
2. Антиоксидантная активность новых сортов пряно-ароматических и эфирно-масличных культур / Т. В. Сачивко [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2023. – Т. 61, № 4. – С. 282–290.
3. Генетические ресурсы растений. Пряно-ароматические и эфирно-масличные культуры / Т. В. Сачивко [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 22 с.
4. Компонентный и энантиомерный состав эфирных масел душицы обыкновенной / Т. В. Сачивко [и др.] // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: агрономия. – Гродно: ГГАУ, 2020. – Т. 51. – С. 133–140.
5. Компонентный состав и антимикробные свойства эфирного масла растений *Origanum vulgare* L. / Н. А. Коваленко [и др.] // Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій. – Полтава: ПДАА, 2021. – С. 115–116.
6. Копылович, В. С. Сравнительная оценка сортов душицы обыкновенной в селекционном питомнике / В. С. Копылович, М. И. Усенко, Т. В. Сачивко // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 71–75.
7. Лекарственные, эфиромасличные и технические культуры / О. В. Мельникова [и др.]. – Брянск: БГАУ, 2023. – 118 с.
8. Наумов, М. В. Коллекционная оценка сортообразцов *Origanum vulgare* L. по основным хозяйственно ценным признакам / М. В. Наумов, Т. В. Сачивко // Актуальные проблемы агрономии. – Горки: БГСХА, 2020. – С. 32–34.
9. Особенности компонентного состава эфирного масла травы *Origanum vulgare* L., произрастающей в Республике Беларусь / Н. А. Коваленко [и др.] // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции. – Минск: БГАТУ, 2021. – С. 226–228.
10. Пряно-ароматические и эфирно-масличные культуры: урожайность и жирнокислотный состав семян / Т. В. Сачивко [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2022. – Т. 52, № 4. – С. 675–684.
11. Сачивко, Т. В. Оценка сортов душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.) по основным хозяйственно полезным признакам / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак, М. В. Наумов // Овощеводство. – 2019. – Т. 27. – С. 189–194.
12. Сачивко, Т. В. Применение душицы обыкновенной в традиционной и народной медицине / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак, М. В. Наумов // Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій. – Полтава: ПДАА, 2020. – С. 205–206.
13. Сачыўка, Т. У. Алапатычныя ўласцівасці малярдушкі звычайнай (*Origanum vulgare* L.) / Т. У. Сачыўка, А. А. Блахін, В. М. Босак // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2021. – С. 129–131.
14. Хазиева, Ф. М. Состав эфирного масла сортов душицы обыкновенной (*Origanum vulgare*) из коллекции ВИЛПАР / Ф. М. Хазиева, И. Н. Коротких, В. И. Осипов // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2019. – Т. 22, № 7. – С. 38–49.
15. A review of the phytochemistry and antimicrobial properties of *Origanum Vulgare* l. and subspecies / S. Soltani [et al.] // Iran journal pharmaceutical research. – 2021. – Vol. 20 (2). – p. 268–285.
16. Han, X. Anti-inflammatory, tissue remodeling, immunomodulatory, and anticancer activities of oregano (*Origanum vulgare*) essential oil in a human skin disease model / X. Han, T. L. Parker // Biochemie Open. – 2017. – Vol. 4. – P. 73–77.
17. Гужов, Ю. Л. Селекция и семеноводство культурных растений / Ю. Л. Гужов, А. Фукс, П. Валичек. – Москва: Агропромиздат, 1991. – 464 с.

18. Направления и результаты исследований с пряно-ароматическими и эфирно-масличными культурами в УО БГСХА / Т. В. Сачивко [и др.] // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений. – Симферополь: Ариал, 2023. – С. 38–45.
19. Сачивко, Т. В. Направления и результаты селекции пряно-ароматических и эфирно-масличных растений в ботаническом саду УО БГСХА / Т. В. Сачивко, А. А. Блохин, В. Н. Босак // Селекция и генетика: инновации и перспективы. – Горки: БГСХА, 2020. – С. 111–114.
20. Сачивко, Т. В. Оценка селекционного материала пряно-ароматических и эфирно-масличных растений / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Селекция и генетика: инновации и перспективы. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 82–84.
21. Сачивко, Т. В. Усовершенствование методики оценки хозяйственно полезных признаков пажитника голубого / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Проблемы развития АПК региона. – 2023. – № 3 (55). – С. 82–88.
22. Селекция эфиромасличных культур: методические указания / А. И. Аринштейн [и др.]. – Симферополь: ВНИИЭМК, 1978. – 34 с.
23. Тарануха, Г. И. Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур / Г. И. Тарануха. – Минск: ИВЦ Минфина, 2009. – 420 с.
24. Босак, В. Н. Агроэкономическая эффективность возделывания пряно-ароматических и эфирно-масличных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: агрономия. – Гродно: ГГАУ, 2023. – Т. 62. – С. 37–44.
25. Государственный реестр сортов сельскохозяйственных культур / Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск, 2023. – 300 с.
26. Сачивко, Т. В. Новые сорта пряно-ароматических и эфирно-масличных культур: направления и перспективы использования / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Проблемы продовольственной безопасности. – Горки: БГСХА, 2023. – Ч. 1. – С. 237–239.
27. Сачыўка, Т. У. Новыя сарты вострасмакавых культур у дэкаратыўным садоўніцтве / Т. У. Сачыўка, В. М. Босак // Лесное хозяйство. – Минск: БГТУ, 2023. – С. 359–361.
28. Характеристика и особенности агротехники новых сортов пряно-ароматических культур / Т. В. Сачивко [и др.]. – Горки: БГСХА, 2019. – 20 с.
29. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность: душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.) / ВУ RTG/1035/1/1. – Минск, 2015. – 7 с.
30. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность: душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.) / ВУ RTG/1035/1/2. – Минск, 2023. – 12 с.
31. Бейдеман, И. Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ / И. Н. Бейдеман. – Новосибирск: Наука, 1974. – 155 с.
32. Денисова, Г. А. Терпеноидсодержащие структуры растений / Г. А. Денисова. – Ленинград: Наука, 1989. – 140 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Ю. В. КЛЯУСОВА, А. А. ЦЫГАНОВА, Г. В. БЕЛЬСКАЯ

*УО «Белорусский национальный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220013,
e-mail: yuliya-klaus@mail.ru; anna-1981-81@mail.ru; gbelskaja@mail.ru*

(Поступила в редакцию 17.08.2023)

Республика Беларусь имеет высокий потенциал для развития биогазовой энергетики. Главным фактором, сдерживающим развитие биогазовых технологий, является высокая стоимость применяемого оборудования, что приводит к высоким затратам на единицу производимой электроэнергии. Основными направлениями снижения себестоимости является эксплуатация отечественных биогазовых установок, строгое соблюдение регламента микробиологического процесса, с гарантированным получением биогаза и биогазуса необходимого качества. Использовать биогаз можно для производства электрической и тепловой энергии, в качестве автомобильного топлива для транспорта, в первую очередь, общественного. Биогаз можно использовать для газификации сельских населенных пунктов республики. Биогазовые технологии обеспечивают значительные экологические преимущества по улучшению качества окружающей среды, поскольку предполагают получение энергии из любых органических субстратов, включая отходы первичной и вторичной биомассы. В настоящее время основным сырьем для производства биогаза в нашей республике являются органические отходы животноводства. Следует отметить неоспоримые экологические преимущества биогазовых технологий в вопросах обращения с органическими отходами, в первую очередь, сокращения объемов их образования.

Все стадии производства биогаза должны быть оптимизированы в один технологический процесс и иметь соответствующее оборудование. Каждая технологическая зона, начиная с получения сырья и заканчивая размещением органического осадка и доработкой его в биогазус, могут быть критическими точками в функционировании биогазовых комплексов.

Ключевые слова: *биогазовые технологии, экономические и экологические преимущества, производство энергии, обращение с органическими отходами, биогазус.*

The Republic of Belarus has high potential for the development of biogas energy. The main factor hindering the development of biogas technologies is the high cost of the equipment used, which leads to high costs per unit of electricity produced. The main directions for reducing costs are the operation of domestic biogas plants, strict adherence to the regulations of the microbiological process, with the guaranteed production of biogas and vermicompost of the required quality. Biogas can be used to produce electrical and thermal energy, as a vehicle fuel for transport, primarily public transport. Biogas can be used for gasification of rural settlements of the republic. Biogas technologies provide significant environmental benefits in improving the quality of the environment, since they involve the production of energy from any organic substrate, including primary and secondary biomass waste. Currently, the main raw material for biogas production in our republic is organic livestock waste. One should note the undeniable environmental advantages of biogas technologies in the management of organic waste, primarily in reducing the volume of its formation.

All stages of biogas production must be optimized into one technological process and have the appropriate equipment. Each technological zone, starting from the receipt of raw materials and ending with the placement of organic sludge and its processing into vermicompost, can be a critical point in the functioning of biogas complexes.

Key words: *biogas technologies, economic and environmental benefits, energy production, organic waste management, vermicompost.*

Введение

Республика Беларусь продолжает работу по имплементации целей устойчивого развития на национальном уровне, что включает формирование целостной стратегии устойчивого развития на основе принципа национальной ответственности. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года (НСУР-30) определяет ориентиры развития и широкого использования инновационных технологий [1]. В соответствии с Повесткой-2030, основной целью развития топливно-энергетического комплекса является повышение энергетической самостоятельности за счет вовлечения в энергобаланс ядерного топлива и возобновляемых источников энергии. Одним из основных направлений развития возобновляемой энергетики Республики Беларусь отмечено использование биогаза путем создания биогазовых комплексов на животноводческих фермах, предприятиях пищевой промышленности, полигонах коммунальных отходов в крупных городах, а также его эффективное технологическое применение [2]. Использовать биогаз планируется для производства электрической и тепловой энергии, а также в качестве автомобильного топлива для различных видов транспорта. С целью повышения экономической эффективности биогазовой энергетики, планируется организация производства и эксплуатация отечественных биогазовых установок.

Целью работы является определение основных перспектив развития биогазовой энергетики, с учетом некоторых технических и технологических особенностей. Главным фактором, сдерживающим

развитие биогазовых технологий, является высокая стоимость применяемого оборудования, что приводит к высоким затратам на единицу производимой электроэнергии.

Основная часть

Республика Беларусь имеет высокий потенциал для развития возобновляемой энергетики. На первом месте среди возобновляемых видов энергии следует отметить солнечную энергию, ресурсный потенциал которой составляет 71 млн. т.у.т. в год, причем вклад этого энергоресурса будет расти. На втором месте отмечен ресурсный потенциал биогаза, который составляет 3,265 млн. т.у.т. в год (табл. 1). По сравнению с энергией солнца и ветра, биогаз имеет неоспоримые технологические преимущества, в частности, это то, что его можно последовательно производить и поэтапно накапливать, без существенных потерь [3].

Таблица 1. Ресурсный потенциал возобновляемых видов энергии в Республике Беларусь

Вид энергоресурсов	Ресурсный потенциал, млн. т.у.т. в год
Древесное топливо и отходы деревообработки	3,1
Гидроресурсы	0,636
Ветропотенциал	0,672
Отходы растениеводства	1,460
Солнечная энергия	71,0
Биогаз	3,265
Лигнин	0,983
Коммунальные отходы	0,470
Нефтяной кокс	0,554

Примечательно, что ресурсный потенциал биогаза рассчитан только для объемов его производства из органических отходов животноводства, с учетом поголовья скота. Энергетический потенциал биогаза выше, чем потенциал древесного топлива, отходов деревообработки, и отходов растениеводства (3,1 млн. т.у.т. и 1,46 млн. т.у.т. в год). Биогаз (в виде свалочного газа) в нашей республике получают также из органических коммунальных отходов с использованием специального оборудования – газопоршневых агрегатов. Нами рассчитано, что переработка коммунальных отходов на свалочный газ может заместить объем энергии только до 0,47 млн. т.у.т. в год, или приблизительно в 5 раз меньше, чем потенциал энергии, возможный для получения биогаза из отходов животноводства. Это свидетельствует о высокой технологической ценности этого вида субстрата.

По данным Департамента по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь и ГПО «Белэнерго», в соответствии с Госпрограммой на 2021 г., целевой показатель потребления местных топливно-энергетических ресурсов ТЭР (без учета атомной энергии) в валовом потреблении был выполнен и составил 16,1 %; в том числе целевой показатель по доле возобновляемых источников энергии ВИЭ в валовом потреблении ТЭР составил 7,4 %. На фоне успешного выполнения целевых показателей развития нетрадиционных видов энергии отмечено, что установленная мощность (МВт) биогазовых комплексов в 2021 г. в стране возросла на 13 % и в настоящее время составляет 34,3 МВт, а выработка электроэнергии из биогаза возросла на 173 % [4].

Согласно данным Реестра выданных сертификатов о подтверждении происхождения энергии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [5, 6]. По состоянию на 01.11.2021 г. на территории страны функционирует 29 биогазовых установок, общей установленной мощностью 38,127 МВт. Из этого количества 14 установок работают на отходах животноводческих комплексов, их установленная мощность составляет 18,772 МВт. Соответственно, 15 биогазовых установок работают на органических отходах жилищно-коммунального хозяйства ЖКХ. Они расположены на полигонах ТКО вблизи крупных и средних городов. Эти установки (с использованием газопоршневых агрегатов) производят так называемый свалочный газ. Их общая установленная мощность составляет 19,355 МВт.

Успешное развитие биогазовых технологий имеет сдерживающие факторы – экономические, технологические, организационные. Основным экономическим фактором является высокая стоимость применяемого оборудования. Это приводит к высоким удельным капитальным затратам на производство биогаза и единицу производимой электроэнергии. Основным направлением снижения себестоимости является эксплуатация отечественных биогазовых установок, их грамотная комплектация и техническое обслуживание. Эти технические условия должны обеспечивать четкое выполнение технологического регламента микробиологического процесса, с гарантированным получением конечных продуктов.

Важным условием повышения эффективности является обоснованная структура биогазовых комплексов, зависящая, в первую очередь, от устойчивого наличия органического сырья, которое должно поступать в биореактор без перерывов. Структура биогазового завода включает в себя следующие зоны: управление субстратами, состав сырья, его предобработка и загрузка в реактор, процесс анаэробного сбраживания, хранение, доработка (очистка от примесей) и использование биогаза, хранение и доработка органического осадка. Все перечисленные зоны биогазовых комплексов должны быть оптимизированы в один технологический процесс, иметь необходимое оборудование [7].

Управление субстратами включает технологические процессы доставки, получения, складирования, хранения и транспортировки к реактору. Необходимым условием являются устойчивые логистические схемы, разработанные для каждого биогазового комплекса, развитая дорожная сеть, удобные подъездные пути, наличие складских помещений и другие факторы логистики. Необходимо создание стратегических резервов сырья для обеспечения непрерывности подачи органических субстратов в реактор.

Стадии технологического процесса (сбраживания) хорошо изучены, в т. ч. состав исходных материалов, их предобработка, нормы загрузки в биореактор, скорость подачи, время протекания брожения, внешние и внутренние условия, способы улучшения (доработки) биогаза и другие положения. Все органические субстраты можно (хотя бы частично) разложить как аэробным, так и анаэробным способом [8]. Твердые, со сложной структурой материалы, такие как древесина и солома (т.е. лигноцеллюлозный материал), лучше подходят для аэробных условий разложения, то есть компостирования. В то же время, текучие, жидкие материалы – навоз, отходы продуктов питания, осадки сточных вод лучше разлагаются в анаэробных условиях, то есть в процессе брожения. При этом влажность сырья является решающим фактором, каким методом (брожение или компостирование) их лучше всего перерабатывать.

При оценке субстратов следует учитывать, что только из сухой массы и ее органической части можно произвести метан. Поэтому содержание органической сухой массы является главным критерием ценности имеющихся субстратов. Содержание воды в разных видах субстратов может существенно варьировать – от 5 % в сухой зеленой массе до 90 % и выше для навоза с.-х. животных и свежескошенной барды. Основные показатели содержания влаги в разных видах субстратов приведены в (табл. 2).

Таблица 2. Содержание воды в разных видах субстратов

Содержание воды, %	
Барда	90–94
Сухой фураж, зерновые	12–15
Зеленый корм, корни, клубни	75–85
Промышленный корм	10–15
Силос	80
Сухая зеленая масса	5–12
Сенаж	60–70
Навоз с.-х. животных (в зависимости от условий содержания)	60–90
Куриный помет	20–30

Содержание влаги в субстратах является критической точкой для обеспечения стабильного выхода метана. Для жидкого (мокрого) метода лучше, чтобы содержание сухого вещества было 5–15 %. Если содержание сухого вещества меньше 5 %, то возникает необходимость «бесполезного» добавления большого количества воды, что существенно снижает рентабельность технологических процессов и качество органического осадка. С другой стороны, содержание 15 % сухого вещества является верхней границей (лимитирующим фактором), при которой субстрат еще можно перекачивать насосом, перемешивать либо смешивать [9]. Сухой метод (без добавления воды) рассчитан на сыпучие материалы с содержанием сухого вещества свыше 25 %. Содержание сухого вещества в субстрате от 40 до 60 % делает его пригодным только к компостированию.

Важнейшая характеристика субстратов – это химический состав. Органическое вещество состоит из протеинов, жиров, а также легко и тяжело разлагаемых углеводов. Фракцию тяжело разлагаемых углеводов и сырых волокон составляют гетеро-полисахариды - гемицеллюлоза, пектины, лигнин. Важным показателем, определяющим пригодность субстрата к брожению, является соотношение в нем биогенных элементов. Важными биогенными элементами являются углерод (С) – в основном, содержащийся в соломе, пожнивных остатках, навозе, а также азот (N), фосфор (P) и сера (S) – содержащиеся

в зеленая биомассе. Их оптимальное соотношение должно составлять 600:20:5:3, что обеспечивает эффективный стабильный выход биогаза и формирование качественного органического осадка.

В настоящее время в мировой практике используют четыре базовых субстрата для приготовления сырья:

- первичная биомасса – это смесь из зеленой измельченной массы сельскохозяйственных и энергетических культур (кукуруза, зерновые, энергетические культуры типа силфий, а также быстрорастущих видов водорослей). Эти культуры специально выращивают в хозяйствах, соблюдая структуру посевных площадей. В эту категорию сырья следует отнести пожнивные остатки;

- вторичная биомасса – это органические отходы животноводства (навоз с.-х. животных), пищевые отходы от пунктов общественного питания, отходы пищевой промышленности;

- био-разлагаемые коммунальные отходы – это свалочные отходы на полигонах ТКО, содержащие органическую фракцию – для получения свалочного газа при помощи специальных газо-поршневых установок;

- осадки коммунальных сточных вод.

Обычная практика биогазовых технологий предполагает смешивание нескольких компонентов, разработку специальной рецептуры. Отдельно перечисленные выше компоненты не подвергаются процессам сбраживания, поскольку процессы идут нестабильно: либо чрезвычайно быстро, либо медленно, с затуханием.

В Республике Беларусь сложились специфические условия по формированию сырьевой базы для использования ее в биогазовых технологиях. Основными видами сырья для получения биогаза в настоящее время являются: органические отходы животноводства – в основном, это навоз сельскохозяйственных животных (вторичная биомасса), с добавлением других компонентов и твердые бытовые отходы – это свалочные отходы, содержащие органическую фракцию – для получения свалочного газа при помощи специальных установок. В настоящее время в республике функционирует около 100 крупных ферм по откорму крупного рогатого скота, 120 крупных свинокомплексов и около 60 птицеводческих хозяйств, которые производят до 300 тысяч тонн жидких органических отходов в сутки [10], или в пересчете 30 млн. м³ сточных вод в год. Биогазовый потенциал органических отходов животноводства составляет 4 млрд. м³ биогаза в год, что соответствует 800 МВт электрической мощности. Использование этого ресурса позволило бы обеспечить экономию 3,87 млн т. у. т. в год [11].

Согласно исследованиям РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», энергетический потенциал использования биогазовых установок позволит получать более 2,5 млрд м³ биогаза ежегодно. На его основе возможна выработка 5 млрд. кВт·ч электрической энергии и более 8,5 млн Гкал тепловой энергии. Для реализации такого потенциала суммарная установленная мощность биогазовых установок должна составлять около 625 МВт, что позволило бы экономить 2,9 млн т.у.т. в год [12]. Можно сказать, что органические отходы животноводства являются в настоящее время основным подходящим сырьем для гарантированного производства биогаза в нашей стране. Кроме энергетических преимуществ, биогазовые технологии обеспечивают значительные экологические преимущества по улучшению качества окружающей среды.

Заключение

Одним из перспективных направлений развития возобновляемой энергетики в Республике Беларусь является функционирование биогазовых комплексов на животноводческих фермах и полигонах коммунальных отходов. В 2021 г. целевой показатель потребления местных топливно-энергетических ресурсов ТЭР в валовом потреблении был выполнен и составил 16,1 %; в том числе целевой показатель по доле возобновляемых источников энергии ВИЭ в валовом потреблении ТЭР составил 7,4 %, соответственно установленная мощность (МВт) биогазовых комплексов возросла на 13 % и в настоящее время составляет 34,3 МВт, а выработка электроэнергии из биогаза возросла на 173 %.

Успешное развитие биогазовых технологий имеет существенные сдерживающие факторы – экономические, технологические, организационные. Главным экономическим фактором является высокая стоимость применяемого оборудования и его техническое обслуживание. В настоящее время это приводит к высоким удельным капитальным затратам на производство биогаза и единицу производимой электроэнергии. Основным стратегическим направлением снижения себестоимости является эксплуатация отечественных биогазовых установок, их грамотная комплектация и техническое обслуживание.

Одним из необходимых условий повышения эффективности функционирования биогазовых комплексов является непрерывное поступление органического сырья. Среди важных условий выделены управление субстратами, состав исходного сырья, его предобработка, оптимизация процессов анаэробного сбраживания, хранение, доработка (очистка от примесей), использование биогаза, хранение и

доработка органического осадка. Каждая технологическая зона, начиная с получения сырья и заканчивая размещением органического осадка и доработкой его в биогаз, могут быть критическими точками в функционировании биогазовых комплексов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период 2030 года / Нац. комис. по устойчивому развитию Респ. Беларусь; редкол.: Л. М. Александрович [и др.]. – Минск: Юнипак, 2017. – 149 с.
2. Национальный доклад Республики Беларусь об осуществлении повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года / Совет Республики Национального собрания Республики Беларусь – Минск: 2017. – 40 с.
3. Капитанова, Т. А. Использование биогазовых установок при производстве энергии / Т. А. Капитанова, П. В. Зубик // 4-я международная научно-практическая конференция молодых ученых и студентов Опыт прошлого взгляд в будущее: сб. тр. / ТулГУ; редкол.: О. И. Борискин (старш.) [и др.]. – Тула, 2014. – С. 490–494.
4. Бельская, Г. В. Оценка эффективности использования биогазовых технологий при производстве энергии в Республике Беларусь / Г. В. Бельская, Е. В. Зеленуха, П. В. Зубик // Наука – образованию, производству, экономике: тез. докл. / Сб. БНТУ; ред.: С. В. Игнатов [и др.]. – Минск, 2014. – С. 482–483.
5. Реестр выданных сертификатов о подтверждении происхождения энергии на 01.10.2014 г.: утв. М-вом природы Респ. Беларусь по состоянию на 01.11.2021 г. – Минск: Государственный кадастр возобновляемых источников энергии Минприроды Республики Беларусь. – 2021.
6. Эдер, Б. Биогазовые установки / Б. Эдер, Х. Шульц. – Мюнхен: Zorg Biogas, 2011 – 181 с. (Серия «Практическое пособие»).
7. Величко, В. В. Проблемы использования биогазовых технологий / В. В. Величко, С. П. Кундас // Сахаровские чтения 2015 года : экологические проблемы XXI века : материалы 16-й междунар. науч. конф., Минск, 19-20 мая 2016 г. / МГЭУ им. А. Д. Сахарова; редкол.: С. А. Маскевича, (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – С. 266.
8. Чабатуль, В. В. К вопросу развития биогазовой энергетики в аграрной отрасли Беларуси / В. В. Чабатуль, А. Ю. Андрищенко, А. Н. Русакович // Аграрная экономика. – 2021. – № 1. – С. 329–343.
9. Сайганов, А. С. Инновационное развитие АПК / А. С. Сайганов, В. В. Чабатуль // 25 лет созидания и свершений, Минск, 2020 г. : в 7 т. / Агропромышленный комплекс. Архитектура и градостроительство. Беларусь на мировой арене; редкол.: В. П. Андрейченко. – Минск, 2020. – Т. 4. – С. 133–144.
10. Бельская Г. В. Перспективы использования органических отходов животноводческих ферм для производства биогаза в Республике Беларусь / Г. В. Бельская // Наука – образованию, производству, экономике: тез. докл.; ред.: С. В. Игнатов [и др.]. – Минск, 2014. – С. 317–321.
11. Кундас С. П. Государственный кадастр возобновляемых источников энергии: практика и перспективы использования / С. П. Кундас, В. А. Пашинский, А. С. Пилипчук // Энергоэффективность. – 2013. – № 10. – С. 32–34.
12. Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок расчета экономической эффективности биогазовых комплексов = Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Парадак разліку эканамічнай эфектыўнасці біягазавых комплексаў: ТКП 17.02-05-2011 (02120). – Введ. 05.09.2011. – Минск: Минприроды, 2011. – 26 с.

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИИ СОРТОВ ГРУШИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К БАКТЕРИАЛЬНОМУ РАКУ В УСЛОВИЯХ *IN VITRO*

В. Ю. ЛАГОНЕНКО, О. А. ЯКИМОВИЧ, М. С. КАСТРИЦКАЯ

РУП «Институт плодоводства», ул. Ковалёва, 2,
аг. Самохваловичи, Республика Беларусь, 223013, e-mail: lagonenkoval@gmail.com

(Поступила в редакцию 04.09.2023)

Анализ устойчивости 36 сортов груши к умеренно вирулентному штамму Pseudomonas syringae pv. syringae 11.9 проведен с использованием метода искусственного заражения незрелых плодов. В результате исследования иммунных форм не обнаружено, однако широкий диапазон восприимчивости может служить источником данных для селекционной работы. Анализ данных двух- и трехлетних наблюдений показал, что наибольшей устойчивостью к бактериальному раку обладают сорта Супер-летняя, Купала, Смуглянка, Велеса, Талгарская красавица; наименьшая устойчивость установлена для сортов Кудесница, Завея, Большая летняя (Велика літняя), Просто Мария и гибрида 77-11/227.

Сравнение устойчивости двух групп сортов, полученных с участием сортов Белорусская поздняя и Лесная красавица показало присутствие в обеих группах форм с высокой восприимчивостью. Однако за три года наблюдений значения медиан интенсивности заболевания, превышающие 50,0 % обнаружены в 20 % опытов с формами от сорта Белорусская поздняя и всего в 4 % случаев с участием сорта Лесная красавица.

Ключевые слова:

Analysis of the resistance of 36 pear varieties to the moderately virulent strain Pseudomonas syringae pv. syringae 11.9 was carried out using the method of artificial infection of unripe fruits. As a result of the study, no immune forms were found, but a wide range of susceptibility can serve as a source of data for breeding work. Analysis of data from two- and three-year observations showed that the varieties Super-letnaya, Kupala, Smuglyanka, Velesa, and Talgarskaya Krasavitsa have the greatest resistance to bacterial canker. The lowest resistance was established for the varieties Kudesnitsa, Zaveya, Bolshaya Letnya (Velika Litnya), Prosto Maria and hybrid 77-11/227.

A comparison of the resistance of two groups of varieties obtained with the participation of the Belorusskaya late and Lesnaya krasavitsa varieties showed the presence of forms with high susceptibility in both groups. However, over three years of observations, disease intensity median values exceeding 50.0 % were found in 20 % of experiments with forms from the Belorusskaya late variety and in only 4 % of cases involving the Lesnaya Krasavitsa variety.

Key words:

Введение

Болезни сельскохозяйственных культур, которые вызывают фитопатогенные бактерии *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (*Pss*), являются причиной угнетенного состояния деревьев, снижением урожайности и качества плодов, а также гибели более 180 видов растений [1]. Многообразие симптомов, которые проявляются на восприимчивых к *Pss* культурах, послужило причиной появления обобщающего термина «бактериальный рак», объединяющего как язвенные поражения, так и пятнистости, и ожоги [2]. Из возделываемых в Беларуси плодовых культур наиболее восприимчивой к бактериальному раку является груша, а климатические условия благоприятны для распространения и развития болезни. Вспышки наблюдаются в течение прохладного и влажного весеннего и осеннего периодов, когда популяции бактерий достигают максимального развития.

Борьба с возбудителем данного заболевания осложняется отсутствием эффективных средств, особенно на эндофитной (системной) стадии развития бактерий *Pss*, поэтому основной упор делается на профилактику, в том числе на селекцию и выращивание устойчивых сортов.

Исследования вредоносности бактериального рака для различных сортов и гибридов груши, проводимые как в полевых, так и в контролируемых условиях, показывают отсутствие иммунных форм, однако градация восприимчивости дает возможность выбора наиболее устойчивых генотипов. К сожалению, данных об исследовании сортовой устойчивости груши немного, более того, чаще анализируются формы, возделываемые в конкретном регионе. Однако, следует учитывать, что восприимчивость таких «космополитных» сортов, как Конференция (Conference) или Триумф Пакгама (Packham Triumph), в разных странах может отличаться, что связано как с условиями окружающей среды, так и биологией возбудителя заболевания.

Незрелые плоды для искусственного заражения собирали в саду РУП «Институт плодоводства». Перечень анализируемых форм приведен в таблице.

Бактериальный штамм *Pss* 11.9, использованный для инокуляции, выделен и идентифицирован нами в 2014 году в Минском районе; штамм охарактеризован как умеренно вирулентный [3]. Методики хранения, культивации, заражения плодов и обсчета результатов взята из публикации С. Moragrega [4]. Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного обеспечения

GraphPad Prism 8.4.3. Класс устойчивости сорта определялся по среднему значению интенсивности развития заболевания (Scp, %), превышающему показатели того же сорта за другие годы наблюдений.

Цель настоящей работы – проанализировать данные многолетних исследований по восприимчивости сортов и гибридов груши Белорусской и зарубежной селекции к местному штамму возбудителя бактериального рака *Pss11.9*.

Основная часть

Анализ восприимчивости 36 сортообразцов к умеренно вирулентному штамму возбудителя бактериального рака *Pss11.9* показал достоверные различия в интенсивности развития поражения в зависимости от сорта ($p < 0,0001$) и года ($p < 0,0001$). Диапазон средних значений поражения варьировал в 2020 г от 13 до 95 %, в 2022 г. – от 27 до 79 %, а в 2023 г – от 24 до 69 % (таблица).

Развитие симптомов некроза при искусственной инокуляции сортов и гибридов груши бактериями *Pss11.9*

Сорт	Год	Среднее значение интенсивности развития заболевания (Scp), %			Класс устойчивости
		2020	2022	2023	
Масляная Ро	н/д	н/д	27,56 ± 1,38	33*	Относительно устойчивый
Супер-летняя	н/д	27,37 ± 1,53	29,98 ± 1,06	20	Относительно устойчивый
Любимица Клаппа (Clapp Favorite)	н/д	н/д	28,49 ± 1,24	3	Относительно устойчивый
Гиринская	н/д	н/д	28,63 ± 1,34	34	Относительно устойчивый
ДУ 20-3	н/д	30,28 ± 1,69	24,51 ± 1,44	26	Относительно устойчивый
90-40/33	н/д	30,53 ± 1,96	33,03 ± 1,46	11	Относительно устойчивый
Смуглянка	н/д	30,54 ± 2,40	26,18 ± 1,28	4	Относительно устойчивый
Триумф Паггама	н/д	н/д	30,82 ± 1,40	7	Относительно устойчивый
Купала	43,76 ± 3,12	31,24 ± 2,54	24,59 ± 1,33	0	Относительно устойчивый
Козуи (Kosui)	н/д	н/д	33,31 ± 0,84	0	Относительно устойчивый
96/40	н/д	н/д	33,31 ± 1,18	11	Относительно устойчивый
Велеса	34,58 ± 3,89	34,23 ± 4,92	29,98 ± 1,06	28	Относительно устойчивый
Талгарская красавица	н/д	34,26 ± 3,24	31,06 ± 0,95	11	Относительно устойчивый
Чижовская	44,79 ± 4,15	36,36 ± 2,33	32,38 ± 0,92	14	Относительно устойчивый
Забава	34,16 ± 3,56	36,45 ± 1,54	34,57 ± 1,51	0	Относительно устойчивый
89-32/18	н/д	36,80 ± 2,80	29,57 ± 1,52	23	Относительно устойчивый
Десертная росошанская	45,82 ± 5,92	40,15 ± 1,89	31,18 ± 1,64	67	Относительно устойчивый
90-40/30	н/д	41,02 ± 1,99	33,75 ± 1,67	0	Относительно устойчивый
Нарядная Ефимова	н/д	42,60 ± 2,18	41,44 ± 1,83	5	Относительно устойчивый
Конференция	45,37 ± 3,71	42,70 ± 0,93	34,15 ± 1,46	58	Относительно устойчивый
Мраморная	н/д	н/д	46,23 ± 7,51	50	Относительно устойчивый
Бере Александр Люка (Beurré Alexandre Lucas)	47,36 ± 4,03	н/д	27,50 ± 1,64	28	Относительно устойчивый
Духмяная	56,24 ± 1,67	н/д	37,90 ± 1,79	80	Слабо устойчивый
Ясачка	60,84 ± 3,06	49,07 ± 4,70	41,65 ± 2,01	36	Слабо устойчивый
Сладкая из Млиева (Salodka z Mlièva)	н/д	54,63 ± 2,82	33,76 ± 1,02	46	Слабо устойчивый
Лагодная	н/д	56,24 ± 2,08	34,66 ± 1,63	34	Слабо устойчивый
Вилия	13,32 ± 2,83	59,27 ± 3,53	28,87 ± 1,16	42	Слабо устойчивый
Белорусская поздняя	56,26 ± 5,32	59,38 ± 4,57	35,45 ± 1,39	77	Слабо устойчивый
Первомайская	н/д	60,19 ± 4,34	39,99 ± 1,72	0	Слабо устойчивый
Юратэ (Jūrate)	н/д	67,43 ± 4,27	41,52 ± 2,45	6	Слабо устойчивый
Сапжанка	н/д	н/д	69,05 ± 2,57	17	Слабо устойчивый
Просто Мария	45,77 ± 5,65	70,22 ± 3,46	38,31 ± 1,36	58	Слабо устойчивый
Большая летняя	н/д	75,00 ± 3,72	35,62 ± 1,18	8	Слабо устойчивый
77-11/227	н/д	78,78 ± 4,11	62,04 ± 2,87	22	Слабо устойчивый
Зався	61,67 ± 3,28	79,16 ± 2,86	37,26 ± 2,22	29	Слабо устойчивый
Кудесница	95,00 ± ,47	н/д	44,58 ± 2,42	15	Высоко восприимчивый

количество точек инокуляции (%), рядом с которыми обнаружено развитие инфекции через естественные поры в эпидермисе

Согласно данным, представленным в табл., у 75 % сортов, исследования которых проводились в течение 2 и 3 лет, наблюдаются значительные различия в восприимчивости к заболеванию в зависимости от года ($p < 0,0001$). Отмечено, что у подавляющего большинства форм наименьшие значения развития заболевания зарегистрированы в 2023 г. Исключениями являются сорт Супер летняя и гибрид 90-40/33, однако превышение показателей развития заболевания в 2023 г. для этих форм статистически не значимо ($p > 0,05$). Так как в 2020, 2022 и 2023 гг. плоды собирались на территории одного и того же сада, можно предположить, что общее снижение восприимчивости в 2023 г. связано с внешними факторами, такими, как своевременность и качество внесенных удобрений, влияющих на сопротивляемость растений болезням, или проведенная накануне инокуляции обработка пестицидами, ингибирующими развитие патогена.

По результатам трехлетних наблюдений исследованные сорта и гибриды сформировали две основные группы – относительно устойчивые к бактериальному раку формы (с диапазоном S_{cp} 21–50 %) и слабо устойчивые (S_{cp} 51–79 %). Сорт Кудесница единственный отнесен к классу высоко восприимчивых (S_{cp} 95 %). Установлено, что в первой группе годовые вариации показателей S_{cp} по отношению к минимальному значению были меньше, чем во второй группе (рис. 1), что, вероятно, можно объяснить разным влиянием факторов окружающей среды на восприимчивость к заболеванию у данных форм. Наименьшие вариации установлены для сортов Нарядная Ефимова (изменение всего 2,79 %), Забава (6,70 %), гибрида 90–40/33 (8,19 %) и сорта Супер-летняя (9,54 %). Значительная разница в интенсивности симптомов, которая привела к изменению класса устойчивости отмечена у 33,3 % исследованных форм. На плодах сорта Вилия по данным за 2020 и 2022 гг. увеличение данного показателя составило 344,97 %, таким образом класс устойчивости изменился с высоко устойчивого в 2020 г. на слабо устойчивый в 2022 (рис. 1). Также, значительные вариации в S_{cp} наблюдались у сорта Кудесница (113,10 %), Завая (112,45 %) и Большая летняя (110,56 %).

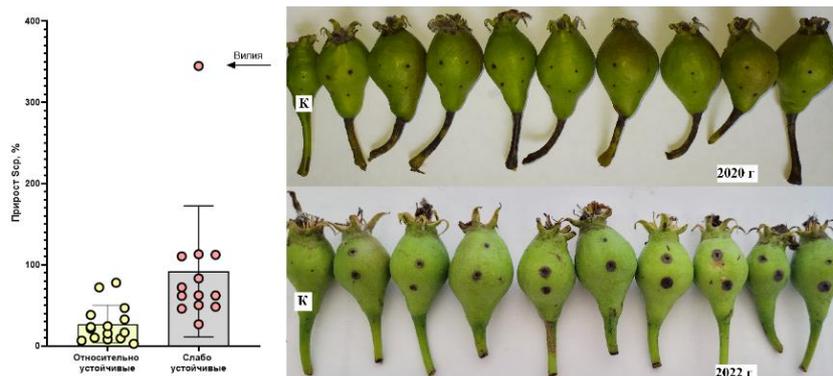


Рис. 1. Наблюдаемые вариации значений развития бактериального рака в группах относительно устойчивых сортов и слабо устойчивых сортов (справа фотографии незрелых плодов груши сорта Вилия, отображающие различия в интенсивности симптомов после искусственной инокуляции бактериями *Pss*11.9 в 2020 и 2022 гг.; к – плоды, инокулированные стерильной водой; фото автора)

Помимо основного некроза, вокруг точки инокуляции плодов, у 83 % сортов в разной степени наблюдались симптомы, характерные для заражения растений через естественные отверстия в покровных тканях (рис. 2). Эти симптомы начинали проявляться уже через 24–72 ч представляли собой черные пятна (от 0,1 до 1 мм в диаметре), единичные или массовые, дискретные или сливающиеся, которые постепенно увеличивались в размере, занимая до 50 % поверхности плода. Подобные поражения описывают М. Scottichini [5] (вокруг чечевичек на плодах персика, пораженных бактериями *Pss*) и S. Aćimović [6] (вокруг устьиц на плодах яблони, зараженных *P. s. pv. papulans*).

Наиболее крупные или многочисленные, сливающиеся образования наблюдались на плодах сорта Духмяная (в 80 % инокуляций), Белорусская поздняя (в 77 % инокуляций) и Десертная росошанская (67 % инокуляций). На плодах сортов Купала, Забава, Первомайская и гибрида 90–40/30 данная форма развития инфекции не зарегистрирована. Похожие симптомы были обнаружены нами на незрелых плодах груши при обследовании плодовых садов: проведенная идентификация возбудителя такой пятнистости показала присутствие патогенных бактерий *Pss* (рис. 2).

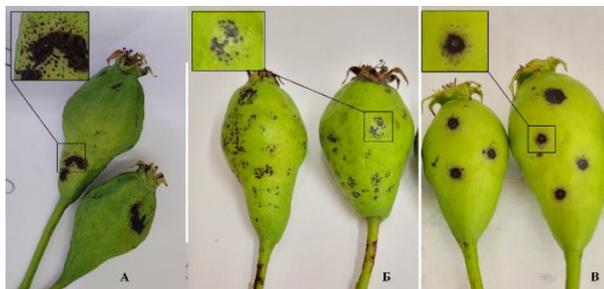


Рис. 2. Симптомы развития бактериального рака на плодах груши сорта Чижовская (фото автора): А – пораженные плоды, найденные во время маршрутных обследований плодового сада; Б – плоды, опрысканные бактериальной суспензией без нанесения механического повреждения (через 96 ч после заражения); В – некроз, вызванный внесением бактериальной суспензии путем прокола эпидермиса и развитие очагов поражения за пределами зоны инокуляции (через 48 ч после заражения)

Так как клеточная стенка, створки устьиц и другие факторы во многом определяют устойчивость сортов и гибридов к проникновению патогена из филлосферы в апопласт, было проведено сравнение значений *Scp* и частоты поверхностного заражения (рис. 3), однако корреляционный анализ показал отсутствие такой зависимости как в группе относительно устойчивых ($r=-0,06922$; $p=0,7595$), так и у слабо устойчивых сортов ($r=-0,4396$, $p=0,1350$).

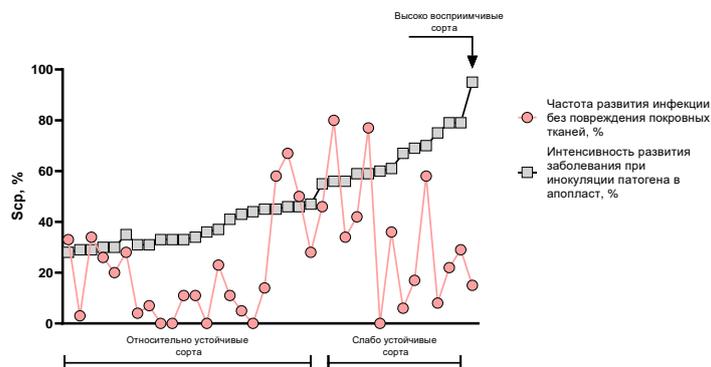


Рис. 3. Развитие симптомов бактериального рака при наружном и инвазивном искусственном заражении незрелых плодов группы бактериями *Pss11.9*

Сравнительный анализ восприимчивости к бактериальному раку форм, образованных с участием сортов Белорусская поздняя и Лесная красавица. Так как эти сорта широко используются в отечественной селекции в качестве доноров высоких вкусовых и хозяйственных качеств, было решено провести исследование устойчивости родственных им форм к бактериальному раку, вызванному местным штаммом возбудителя заболевания.

Среди форм, входящих в семью с участием сорта **Белорусская поздняя**, наибольшая устойчивость и однородность результатов по данным за 2020–2023 гг. в F1 от Белорусской поздней проявили сорт Купала и гибрид 89–32/18: медианные значения интенсивности развития заболевания (*S*_{мед}) на плодах этих сортов составляли 16,7–50 %, а значение *Scp* не превышало 66,7 % (рис. 4), что ниже, чем у самого сорта Белорусская поздняя. Также на плодах гибрида 89–32/18 и сорта Купала обнаружена высокая сопротивляемость к переходу эпифитной инфекции к эндофитной (23 % и 0 % инокуляций соответственно), тогда как на плодах Белорусской поздней частота такого перехода составила 77 %. Медианные значения развития заболевания на плодах сортов Просто Мария и Завея (F2 от сорта Белорусская поздняя) в 2022 г. составило 83,3 %, а максимальное развитие поражения достигало 80–100 %.

Среди сортов, образованных сорта **Лесная красавица**, наибольшая устойчивость и единообразие результатов за 2020–2023 гг в поколении F1 зарегистрировано для сортов Талгарская красавица и Велеса, а в F2 – для сортов Смуглянка и Забава: *S*_{мед} на плодах этих сортов составляли 33,3 %, а *Scp* не превышала 66,7 % (рис. 4). Также на плодах этих сортов было отмечено отсутствие или слабое развитие очагов поражения эпидермиса вокруг основной зоны некроза (от 0 до 28 % инокуляций). Схожие результаты получены и при заражении плодов сорта Чижовская, тем не менее в 2020 г в 6 % инокуляций интенсивность развития заболевания достигала значения в 83,3 %.

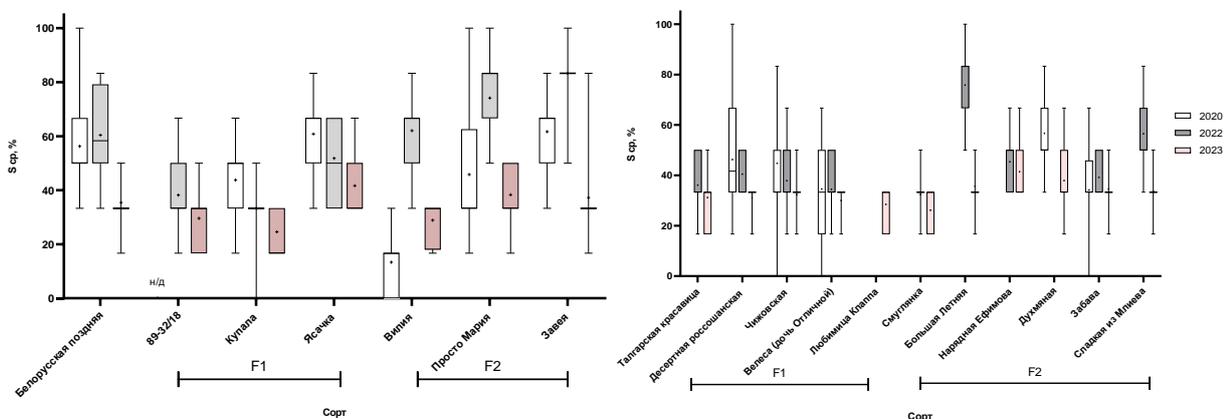


Рис. 4. Восприимчивость к бактериальному раку форм, образованных с участием сорта Белорусская поздняя (слева) и Лесная красавица (справа)

На плодах сортов Духмяная и Сладкая из Млиева интенсивность некроза достигала 83,3 % в 5,0 и 5,5 % инокуляций соответственно, тем не менее, значения Смед не превышали 50 %. Наибольшую восприимчивость к заражению бактериями *Pss11.9* проявил сорт Большая летняя (по данным за 2022 год максимальные значения развития заболевания составляли 100 % в 10 % инокуляций, а Смед соответствовало 83,3 %).

Обобщая данные, полученные при анализе представителей двух семей, можно заметить, что, не глядя на присутствие в обеих группах форм с высокой восприимчивостью к бактериям *Pss11.9*, за три года наблюдений значения Смед, которые превышали бы 50,0 % обнаружены в 20 % опытов с формами от сорта Белорусская поздняя и всего в 4 % случаев с участием сорта Лесная красавица.

Заключение

Согласно данным за 2020–2023 гг. полученным по результатам искусственного заражения 36 генотипов груши бактериями *Pss11.9*, иммунных форм к заболеванию не выявлено. Выделено два основных класса устойчивости к бактериальному раку: 22 относительно устойчивые формы (с диапазоном Ср 21–50 %) и 13 слабо устойчивых (Ср 51–79 %). Сорт Кудесница единственный отнесен к классу высоко восприимчивых (Ср 95 %).

Установлено, что для относительно устойчивых сортов не характерна высокая вариабельность в интенсивности развития заболевания, тогда как в классе слабо устойчивых прирост таких значений в разные годы наблюдений мог превышать 100 %. Наибольшее изменение интенсивности симптомов отмечено на плодах сорта Вилия: по данным за 2020 и 2022 гг. вариации данного показателя составили 344,97 %, что привело к изменению класса с высоко устойчивого на слабо устойчивый.

Показано отсутствие связи между интенсивностью развития заболевания при механическом повреждении кожицы инокулированных плодов и способностью покровных тканей сопротивляться переходу эпифитной стадии инфекции к эндофитной как в группе относительно устойчивых ($r = -0,06922$; $p = 0,7595$), так и у слабо устойчивых сортов ($r = -0,4396$, $p = 0,1350$).

Сравнительный анализ форм, полученных с участием сорта Белорусская поздняя, показал, что наибольшую устойчивость к бактериальному раку проявляют сорт Купала и гибрид 89–32/18, наименьшую – Просто Мария и Завая. Из сортов, полученных с участием сорта Лесная красавица, наибольшая устойчивость отмечена для сортов Талгарская красавица, Велеса, Смуглянка и Забава; наименьшая устойчивость – для сортов Большая летняя, Духмяная и Сладкая из Млиева.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kennelly M. M., Cazorla F. M. *Pseudomonas syringae* diseases of fruit trees: progress toward understanding and control // Plant Disease. – 2007. – Vol. 91, № 1. – P. 4–17.
2. Akbaba, Mustafa. Evaluation of bacteriophages in the biocontrol of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* isolated from cankers on sweet cherry (*Prunus avium* L.) in Turkey / Mustafa Akbaba, Hatice Ozaktan // Egyptian Journal of Biological Pest Control. – 2021. – Vol. 31. - <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00385-7>.
3. Лагоненко В. Ю. Оценка вирулентности и способности к нуклеации льда фитопатогенных бактерий *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* // Вестник БГСА. – 2022. – № 2. – С. 84–87.
4. Moragrega, C. Susceptibility of European pear cultivars to *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* using immature fruit and detached leaf assays // C. Moragrega, I. Llorentem, C. Manceau [et al.] // European Journal of Plant Pathology. – 2003. – Vol. 109. – P. 319–326.
5. Scortichini, Marco. Epidemiology and predisposing factors of some major bacterial diseases of stone and nut fruit trees species / Marco Scortichini // Journal of Plant Pathology. – 2010. – 92(1). – 1.73-S1.78.
6. Aćimović, Srdjan. A bacterium, *Pseudomonas syringae* pv. *papulans*, could cause blister spot on apple fruit in 2019 / Srdjan Aćimović // Fruitjournal – 2019. – Vol. 28, № 8.

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗЛИЧНОГО ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПО УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА

Т. В. МЕЛЬНИКОВА

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,
г. Жодино, Республика Беларусь, e-mail: melnikovatatsiana@aol.com

(Поступила в редакцию 29.09.2023)

Основной сельскохозяйственной культурой, обеспечивающей продовольственную безопасность государства, является озимая мягкая пшеница, ценность которой заключается в высокой потенциальной урожайности зерна и широкой универсальности его использования. В статье представлены результаты изучения в 2018–2020 гг. 90 коллекционных сортообразцов озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения по урожайности зерна. Был установлен различный уровень зерновой продуктивности и значительное его варьирование в зависимости от сорта и условий года. Наименьшая урожайность зерна в среднем по коллекционному питомнику получена в 2018 году (49,2 ц/га), а наиболее благоприятным и для роста и развития растений озимой пшеницы были погодные условия 2020 г. (81,4 ц/га). В питомнике в основном преобладали сорта с низкой и очень низкой урожайностью (56 и 20 шт. соответственно). К данным группам отнесены все сорта происхождения из Азербайджана (48,3–77,0 ц/га), Болгарии (46,8–68,6 ц/га), Китая (32,7–42,6 ц/га), России (55,6–79,2 ц/га), Словакии (36,9–62,1 ц/га), США (47,4–74,6 ц/га), Украины (62,0–83,9 ц/га). Группа сортов из Германии в среднем превысила по урожайности зерна сорт-контроль Элегия на 1,6 ц/га. По данному признаку из этой группы выделены сорта Skagen, Samurai, Побак, Латин, Catalus, Dromos, Cubus, Acratos. Из изученных сортов белорусской селекции наибольшая урожайность зерна отмечена у сорта Амелия, превышение к контролю составило 1,7 ц/га. Для улучшения генетической основы отечественных сортов озимой мягкой пшеницы в селекции на урожайность зерна рекомендуется использовать данные сорта в качестве родительских форм.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, урожайность, сортообразцы, коллекционный питомник

The main agricultural crop that ensures the food security of the state is winter soft wheat, the value of which lies in the high potential yield of grain and the wide versatility of its use. The article presents the results of the study in 2018–2020 of 90 collection varieties of winter soft wheat of various ecological and geographical origins in terms of grain yield. Various levels of grain productivity and its significant variation depending on the variety and year conditions were established. The lowest grain yield on average for the collection nursery was obtained in 2018 (4.92 t/ha), and the weather conditions in 2020 were the most favorable for the growth and development of winter wheat plants (8.14 t/ha). The nursery was mainly dominated by varieties with low and very low yields (56 and 20 pcs., respectively). These groups include all varieties originating from Azerbaijan (4.83–7.70 t/ha), Bulgaria (4.68–6.86 t/ha), China (3.27–4.26 t/ha), Russia (5.56–7.92 t/ha), Slovakia (3.69–6.21 t/ha), USA (4.74–7.46 t/ha), Ukraine (6.20–8.39 t/ha). The group of varieties from Germany on average exceeded the grain yield of the control variety Elegia by 0.16 t/ha. According to this characteristic, the varieties Skagen, Samurai, Pobak, Platin, Catalus, Dromos, Cubus, Acratos were selected from this group. Of the studied varieties of Belarusian selection, the highest grain yield was observed in the Amelia variety, the excess over the control was 0.17 t/ha. To improve the genetic basis of domestic varieties of winter soft wheat in breeding for grain yield, it is recommended to use these varieties as parent forms.

Key words: winter soft wheat, productivity, variety samples, collection nursery.

Введение

Среди зерновых колосовых культур по посевным площадям и валовому сбору пшеница занимает наибольший удельный вес как в нашей стране, так и в мире. В последние годы площади под озимой пшеницей в Республике Беларусь увеличились до 530–570 тыс. га [1] и достигли своего максимального значения в истории земледелия страны. Дальнейшее увеличение производства культуры возможно за счёт повышения ее урожайности, что может быть достигнуто при условии внедрения в производство высокопродуктивных сортов и возделывания их по экономически обоснованным, адаптивно-ландшафтными технологиям [2].

В связи с этим, новые сорта должны обладать комплексом физиологических, биохимических и хозяйственно-ценных признаков и свойств, обеспечивающих максимальное использование сортом почвенно-климатических условий культивирования, а также способностью преодолевать неблагоприятные биотические и абиотические факторы, ухудшающие рост и развитие растений. Созданные отечественными учёными-селекционерами сорта озимой мягкой пшеницы не уступают зарубежным аналогам по урожайности и качеству зерна, лучше приспособлены к местным почвенно-климатическим условиям. Несмотря на достигнутые результаты и высокий уровень продуктивности современных сортов его можно повысить за счёт совершенствования селекционных методов и использования нового исходного материала [3]. Существует целый ряд способов расширения исходного материала: мутагенез, полиплоидия, биотехнология и др. Однако наиболее эффективным и наиболее применяемым методом создания генетической вариативности при селекции озимой пшеницы, с соответствующими необходимыми параметрами, продолжает оставаться внутривидовая гибридизация.

Успех любой селекционной работы в первую очередь зависит от широты генетического разнообразия источников хозяйственно-ценных признаков с надлежащим уровнем их изученности. В Беларуси подавляющее большинство районированных сортов озимой мягкой пшеницы создано путем внутривидовых скрещиваний, при этом использовались как близкие между собой, так и географически отдаленные формы. Географическая удаленность форм, которые используются в селекционных программах, является гарантией генетических различий между ними, увеличивая возможность получения эффекта гетерозиса. Эколого-географический принцип подбора родительских пар при гибридизации является основным в современной селекционной работе как в Беларуси, так и за рубежом [2]. В связи с этим целью наших исследований было изучение новых коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы из разных стран мира в почвенно-климатических условиях Беларуси, определение их селекционной ценности, с последующим выделением ценных источников признаков для использования в селекционном процессе на высокую урожайность зерна.

Основная часть

Исследования проводили в 2018–2020 гг. на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», руководствуясь методическими указаниями по изучению мировой коллекции пшеницы [2].

Площадь делянки 5 м², повторность двукратная. Предшественник – озимый рапс на семена, норма высева – 400 зерен на м². В качестве контроля использовали сорт озимой мягкой пшеницы Элегия, который в годы проведения исследований являлся контролем при государственном испытании сортов [3]. Почва дерново-подзолистая супесчаная. Агрохимические показатели пахотного слоя: рН(КС1) – 5,13–6,03, содержание подвижного Р₂О₅ – 178–254 мг/кг, К₂О – 278–420 мг/кг почвы. Статистическую обработку экспериментального материала осуществляли с использованием ЭВМ и программы MS Excel.

Исходным материалом для изучения послужили 90 сортообразцов озимой мягкой пшеницы, которые, в зависимости от эколого-географического происхождения, были разделены на 11 групп (рис. 1). Наибольшую долю в структуре коллекции составляли сортообразцы из Украины (30 %), России (16 %) и Германии (14 %). Доля сортообразцов из других стран составляла от 4 до 9 %.

Сортообразцы из России и Украины были разделены на две подгруппы согласно агроклиматической характеристике территории этих стран [5, 6, 7]: Россия-ЦР (центральный регион), Россия-СКР (северокавказский регион), Украина-ЛС (лесостепь), Украина-С (степь).



Р и с. 1. Распределение сортообразцов озимой мягкой пшеницы по происхождению, шт.

Метеорологические условия в годы проведения исследований отличались нестабильностью погодных условий в период вегетации, что позволило объективно оценить селекционный материал в разных условиях внешней среды. Осенняя вегетация озимой пшеницы в 2017 г. проходила в благоприятных условиях. Теплая (на 3,0 °С и 1,6 °С выше нормы во II и III декадах сентября) с достаточным количеством осадков (130 % нормы за сентябрь) погода способствовала появлению дружных всходов и начальному развитию растений. Два года (2018 г. и 2019 г.) отличались крайне неблагоприятными условиями предпосевного и посевного периодов, когда при повышенной температуре воздуха выпало 29,0 и 22,3 % осадков соответственно.

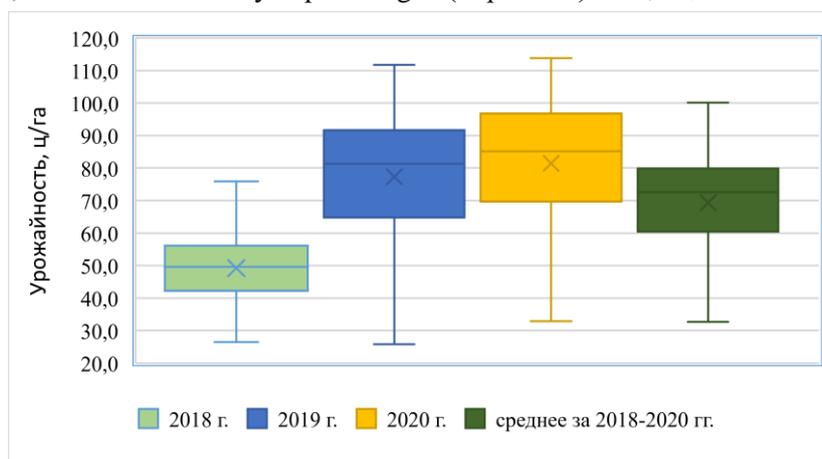
Метеоусловия апреля–июля 2018 г. были неблагоприятными для роста и развития растений озимой пшеницы. Выпадение осадков было неравномерным в течение вегетационного периода. В начале вегетации растения развивались в условиях недостаточной влагообеспеченности, а во время налива и созревания зерна – в условиях избыточного увлажнения. За период апрель–июнь выпало 70,7 мм осадков, что составило 38,9 % к среднемноголетнему показателю за тот же период (ГТК= 0,19 (май) и 0,79 (июнь)), и лишь в первой-второй декаде июля прошли обильные дожди (136 % и 189 % от нормы). В критические периоды развития растений (выход в трубку, цветение, завязывание семян) среднесуточная температура воздуха на 0,8–3,6 °С превышала среднемноголетнюю. Условия июля с избыточным увлажнением и прохладной погодой в первой половине и относительно сухой и жаркой во второй, в целом благоприятствовали формированию и наливу зерна.

В мае–июле 2019 г. погода имела неустойчивый характер: от похолоданий с избыточным увлажнением до жарких и сухих периодов. Осадки, выпавшие за период активной вегетации, были недостаточными (228,1 мм или 79,8 % от нормы) и выпадали неравномерно. Около 25 % их общего количества пришлось на I декаду мая, которая была на 2,8 °С холоднее среднемноголетней температуры воздуха, и столько же на III декаду июля, когда зерно большинства сортов находилось в фазе полной либо восковой спелости. Температурный фон в этом году также был неустойчивым: в I декаду мая и I–II декады июля температура воздуха была ниже среднемноголетних значений на 2,8–3,0 °С, а в III декаду мая и I–II декады июня превышала норму на 3,3 °С, 4,9 °С и 6,0 °С соответственно. ГТК в 2018 и 2019 гг. при норме 1,68 были ниже на 0,63 и 0,55 соответственно.

Вегетационный период 2020 г. в целом характеризовался как благоприятный для роста и развития растений озимой пшеницы. Температура воздуха в апреле была на уровне среднемноголетних значений. Почти полное отсутствие осадков в апреле (23 % от нормы) не оказало угнетающего влияния на растения в связи с еще достаточным количеством почвенной влаги. Растения развивались в основном за счет накопленной влаги в осенне-зимний период. Прохладный май (температура воздуха на 2,4 °С ниже нормы) с умеренным количеством осадков (98 % от нормы) привел к задержке роста и развития растений: значительно увеличился период «выход в трубку–колошение». Температура воздуха в июне была существенно выше среднемноголетней (на 3,4 °С), однако периодически проходившие ливневые дожди пополняли запасы почвенной влаги, и высокая температура не оказывала угнетающего влияния на растения, и не способствовала развитию болезней. Количество осадков, выпавших в июле, и температурный фон были близки к норме. ГТК за весенне-летний вегетационный период составил 2,05.

В результате проведенных исследований установлено, что изучаемая коллекция озимой мягкой пшеницы в зависимости от сорта и года выращивания отличались по урожайности зерна. Проведенный дисперсионный анализ показал, что вклад сорта в общую изменчивость данного признака составил 46,8 %, вклад условий года – 39,7 %, а генотип-средовых взаимодействий – 13,5 %.

Наименьшая урожайность зерна в среднем по коллекционному питомнику получена в 2018 году и составила 49,2 ц/га (рис. 2). Минимальное значение данного показателя отмечено у сорта Jing 9428 (Китай) – 26,5 ц/га, а максимальное – у сорта Skagen (Германия) – 76,0 ц/га.



Р и с. 2. Варьирование урожайности зерна сортообразцов озимой пшеницы в зависимости от условий года

В условиях 2019 г. средняя урожайность зерна изучаемых сортообразцов составила 77,3 ц/га. Наибольшую урожайность зерна сформировал, как и в предыдущем году, сорт Skagen (Германия) – 111,7 ц/га, а наименьшую – MS Luneta (Словакия) – 25,8 ц/га.

Наиболее благоприятными для роста и развития растений озимой пшеницы были погодные условия 2020 г., когда была получена наибольшая урожайность зерна (в среднем по питомнику – 81,4 ц/га), при максимальном значении данного показателя у немецкого сорта Dromos (113,8 ц/га).

Сорт-контроль Элегия сформировал по годам урожайность зерна 71,0; 100,7 и 93,6 ц/га соответственно. В менее благоприятном по погодным условиям 2018 году, наряду с сортом Skagen, урожайность зерна больше, чем у контроля показал сорт Амелия (Беларусь) – 71,3 ц/га. В 2019 году 7 коллекционных сортов превысили контроль по урожайности зерна, а в наиболее благоприятном по погодным условиям для роста и развития растений озимой пшеницы 2020 году – 32 сорта.

В среднем по коллекции за три года исследований урожайность зерна составила 66,5 ц/га, при этом наибольшей она была у сорта Skagen (100,1 ц/га), который превысил Элегию на 11,7 ц/га. Урожайность зерна в среднем за 2018–2020 гг., превысившую Элегию, сформировали сорта: Samuraj, Cubus, Dromos, Acratos, Catalus, Платин, Skagen, Побак (Германия) и Амелия (Беларусь) (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность зерна лучших сортообразцов озимой мягкой пшеницы, ц/га (среднее за 2018–2020 гг.)

Название сортообразца	Группа происхождения	Урожайность, ц/га				σ	V, %
		средняя	min	max	max-min		
Элегия, контроль	Беларусь	88,4	71,0	100,7	29,7	12,7	14,3
Skagen	Германия	100,1	76,0	112,6	36,7	17,1	17,1
Samuraj	Германия	94,2	70,8	107,2	36,4	16,6	17,6
Побак	Германия	92,3	67,6	105,4	37,8	17,4	18,9
Платин	Германия	91,3	63,2	110,6	47,5	20,4	22,3
Catalus	Германия	90,6	60,1	106,7	46,6	21,6	23,8
Dromos	Германия	90,5	60,1	113,8	53,7	22,5	24,8
Амелия	Беларусь	90,1	71,3	104,4	33,1	13,9	15,4
Cubus	Германия	89,5	53,7	113,4	59,7	25,8	28,8
Acratos	Германия	89,2	64,6	104,8	40,2	17,6	19,7
Среднее по 90 сортообразцам		69,3				15,5	22,0

Изученные сорта характеризовались различной нормой реакции на изменение условий выращивания: коэффициент вариации изменялся от 3,9 % у сорта Madejka (Словакия) до 35,2 % у сорта Дон 105 (Россия-СКР). У выделившихся по урожайности зерна сортообразцов наименьшим данный показатель отмечен у отечественного сорта Амелия – 15,4 %, а у сортов немецкой селекции – 17,1–28,8 %. Коэффициент вариации у контроля Элегия составил 14,3 %.

Очень низкая урожайность зерна (менее 66 % к контролю) отмечена у 20 сортов или у 22 % изучаемых сортообразцов (табл. 2). В питомнике в основном преобладали сорта с низкой урожайностью зерна (66–95 % к контролю) – 56 шт. (63 %). Среднюю урожайность зерна (96–115 % к контролю) показали 13 сортов (15 %). Сорт с высокой (116–135 % к контролю) и очень высокой урожайностью зерна (более 135 %) отмечено не было.

Таблица 2. Ранжирование сортообразцов озимой мягкой пшеницы по урожайности зерна (среднее за 2018–2020 гг.)

Группа происхождения	Количество сортообразцов, шт.		
	очень низкая	низкая	средняя
Азербайджан	2	2	
Беларусь		3	1
Болгария	3	5	
Германия		1	12
Китай	6		
Россия-СКР		8	
Россия-ЦР	1	5	
Словакия	7	1	
США	1	4	
Украина-ЛС		12	
Украина-С		15	
ВСЕГО	20	56	13

При группировке изучаемых сортов по группам происхождения было установлено, что минимальную урожайность зерна за годы изучения показали сорта китайского происхождения (все вошли в группу «очень низкая») – в среднем по группе 37,5 ц/га (табл. 2 и 3).

Максимальная урожайность зерна в данной группе отмечена у сорта Gaoyou 9409 (42,6 ц/га). Также очень низкую урожайность сформировали словацкие сорта за исключением сорта Madejka (62,1 ц/га). Урожайность зерна сортов из Азербайджана и Болгарии отмечена как «очень низкая» и «низкая» и в

среднем по группам составила 61,7 и 60,9 ц/га соответственно. Немецкие сорта, за исключением сорта *Famulus* (82,4 ц/га), сформировали «среднюю» урожайность зерна (90,0 ц/га), при этом восемь сортов (*Skagen*, *Samurai*, *Побак*, *Платин*, *Catalus*, *Dromos*, *Cubus*, *Acratos*) из тринадцати изучавшихся в данной группе превзошли контроль Элегию на 0,8–11,7 ц/га.

Таблица 3. Характеристика групп сортообразцов озимой мягкой пшеницы по урожайности (среднее за 2018–2020 гг.)

Группа происхождения	Урожайность зерна, ц/га				V, %
	среднее	min (сорт)	max (сорт)	max-min	
Элегия, контроль	88,4				14,3
Азербайджан	61,7±11,4*	48,3 (<i>Nurlu 99</i>)	77,0 (<i>Gyrmyzy Gjul-1</i>)	28,7	24,1
Беларусь	80,3±7,8	70,0 (<i>Капылянка</i>)	90,1 (<i>Амелия</i>)	20,2	17,1
Болгария	60,9±7,2	46,8 (<i>Садово 1</i>)	68,6 (<i>Юнак</i>)	21,8	19,1
Германия	90,0±4,0	82,4 (<i>Famulus</i>)	100,1 (<i>Skagen</i>)	17,7	22,9
Китай	37,5±3,0	32,7 (<i>Jing 9428</i>)	42,6 (<i>Gaoyou 9409</i>)	9,9	15,1
Россия-СКР	69,7±4,3	60,6 (<i>Дон 107</i>)	74,0 (<i>Дар Зернограда</i>)	13,3	27,4
Россия-ЦР	67,9±9,5	55,6 (<i>Немчиновская 24</i>)	79,2 (<i>Влади</i>)	23,6	20,5
Словакия	48,4±7,7	36,9 (<i>MS Luneta</i>)	62,1 (<i>Madejka</i>)	25,2	15,7
США	65,4±9,8	47,4 (<i>PL 145</i>)	74,6 (<i>Finch</i>)	27,2	23,7
Украина-ЛС	74,0±6,2	62,0 (<i>Kyivs'ka ostista</i>)	83,0 (<i>Voloshkova</i>)	21,0	22,7
Украина-С	76,1±5,8	64,4 (<i>Lyubava odes'ka</i>)	83,9 (<i>Княгиня Ольга</i>)	19,6	26,6
среднее	69,3				

* – стандартное отклонение.

Урожайность зерна сортов белорусской селекции: *Канвеер*, *Капылянка* и *Ода* составила 70,0–90,1 ц/га и была ниже, чем у контроля на 9,7–18,5 ц/га. Отечественный сорт *Амелия* сформировал урожайность зерна на 1,7 ц/га выше Элегии. Сорта украинского, американского и российского происхождения, за некоторым исключением (*PL 145* (США) и *Немчиновская 24* (Россия-ЦР)), показали низкую (66–95 % к контролю) урожайность зерна.

Заключение

В результате изучения коллекции из 90 сортообразцов озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения установлено значительное варьирование урожайности зерна в зависимости от сорта и условий года. Группа сортов из Германии в среднем превысила по урожайности зерна сорт-контроль Элегия на 1,6 ц/га. По данному признаку из этой группы выделены сорта *Skagen*, *Samurai*, *Побак*, *Платин*, *Catalus*, *Dromos*, *Cubus*, *Acratos*. Из изученных сортов белорусской селекции наибольшая урожайность зерна отмечена у сорта *Амелия*, превышение к контролю составило 1,7 ц/га. Вышеуказанные сортообразцы представляют интерес для дальнейшего использования в качестве родительских форм в селекции озимой мягкой пшеницы на высокоую урожайность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Результаты испытания сортов растений озимых, яровых зерновых, зернобобовых и крупяных на хозяйственную полезность в Республике Беларусь за 2014–2016 годы: 80 лет сортоиспытанию / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений»; сост. С. А. Любовицкий [и др.]. – Минск: [б. и.], 2017. – 176 с.
2. Гриб, С. И. Стратегия и приоритеты селекции полевых культур в Беларуси / С. И. Гриб // Земледелие и растениеводство. – 2020. – № 4. – С. 3–7.
3. Коптик, И. К. Селекция озимой мягкой пшеницы в Беларуси / И. К. Коптик, М. В. Семененко // Земледелие и защита растений. – 2013. – №1(86). – С. 8–11.
4. Широкий унифицированный классификатор Беларуси *Triticum L.* / Ф. И. Привалов [и др.] / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2011. – 48 с.
5. Добровольский, Г. В. Агроклиматическая характеристика природно-сельскохозяйственных провинций равнинной территории России / Г. В. Добровольский [и др.]. – М.: Издательство «Астрель», 2011. – С.284–285.
6. Агрокліматичний довідник по території України / за редакцією Т. І. Адаменко [та інш.]. – Кам'янець, 2011. – 108 с.
7. Мельникова, Т. В. Результаты изучения коллекции сортов и образцов озимой мягкой пшеницы по высоте растений и устойчивости к полеганию / Т. В. Мельникова // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию; редкол.: Ф. И. Привалов (гл. ред.) [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – Вып. 57. – С. 295–302.

ВЛИЯНИЕ ИСТОЧНИКОВ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АССИМИЛИРУЮЩИХ И ГЕНЕРАТИВНЫХ ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ ТОМАТА

Ж. А. РУПАСОВА, Ф. И. ПРИВАЛОВ, В. С. ЗАДАЛЯ, К. А. ДОБРЯНСКАЯ,
Д. О. СУЛИМ, С. Н. АВРАМЕНКО, П. Н. БЕЛЫЙ, Т. В. ШПИТАЛЬНАЯ

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь

М. А. ДОЛБИК

ОАО «Тепличный комбинат «Берестье»,
г. Брест, Республика Беларусь

(Поступила в редакцию 29.09.2023)

Приведены результаты сравнительного исследования в условиях защищенного грунта влияния искусственного освещения с использованием натриевого светильника ДНАТ мощностью 600 Вт, а также светодиодов марок Арлайт и Эвиар мощностью 112 и 127 Вт соответственно на 17 показателей биохимического состава ассимилирующих и генеративных органов растений томата. Установлено, что степень данного влияния определялась не только источником искусственного освещения, но и химической природой органических соединений и метаболическими процессами в данных частях растений. Экспериментально обоснована неприемлемость использования натриевого светильника ДНАТ в целях обогащения потребляемой продукции томата комплексом действующих веществ, представленном рядом органических кислот, углеводов и фенольных соединений, тогда как наиболее благоприятные условия в этом плане выявлены на фоне применения светодиодных светильников предпочтительно марки Эвиар.

Ключевые слова: натриевый светильник, светодиоды, томаты, листья, плоды, свободные органические, аскорбиновая и гидроксикоричные кислоты, сухие, дубильные и пектиновые вещества, растворимые сахара, сахарокислотный индекс, Р-витамины, антоциановые пигменты, катехины, флавонолы

The results of a comparative study in protected soil conditions of the influence of artificial lighting using a 600 W sodium arc lamp, as well as LEDs of the Arlight and Eviyar brands with a power of 112 and 127 W, respectively, on 17 indicators of the biochemical composition of the assimilating and generative organs of tomato plants are presented. It was established that the degree of this influence was determined not only by the source of artificial lighting, but also by the chemical nature of organic compounds and metabolic processes in these parts of plants. The unacceptability of using a sodium arc lamp for the purpose of enriching consumed tomato products with a complex of active substances represented by a number of organic acids, carbohydrates and phenolic compounds has been experimentally substantiated, while the most favorable conditions in this regard have been identified against the background of the use of LED lamps, preferably of the Eviyar brand.

Key words: sodium lamp, LEDs, tomatoes, leaves, fruits, free organic substances, ascorbic and hydroxycinnamic acids, dry, tannins and pectin substances, soluble sugars, sugar acid index, P-vitamins, anthocyanin pigments, catechins, flavonols.

Введение

Совершенствование технологии производства овощной продукции в условиях защищенного грунта, направленное на повышение урожайности и улучшение ее качественных показателей, предусматривает применение в этих целях искусственного освещения. В мировой практике овощеводства широкое распространение получили светодиодные светильники, обладающие рядом преимуществ перед традиционными источниками света – лампами накаливания в силу своей экономичности и возможности регулирования спектрального состава и интенсивности светового потока в соответствии с физиологическими потребностями культивируемых растений. Вместе с тем при подборе оптимального для той или иной культуры источника дополнительного освещения представляется необходимым проведение сравнительных исследований по оценке влияния нескольких видов светильников не только на продукционные, но и качественные показатели производимой продукции. В настоящее время весьма актуальным при выращивании томата в защищенном грунте Открытого акционерного общества «Тепличный комбинат «Берестье» является выявление из трех вариантов досветки – с использованием натриевого светильника «ДНАТ» и двух марок светодиодов отечественного производства – «Арлайт» и «Эвиар» источника освещения, обеспечивающего максимальную урожайность плодов при хороших вкусовых свойствах и наиболее высоком содержании в них полезных веществ.

Целью настоящей работы являлось определение наиболее эффективного источника искусственного освещения при выращивании культуры томата на основе сравнительного исследования биохимического состава ассимилирующих и генеративных органов растений по широкому спектру показателей.

Основная часть

Исследования выполнены в рамках производственного эксперимента с 4-вариантной схемой: 1 – контроль (естественное освещение); 2 – использование натриевого светильника «ДНАТ» мощностью

600 Вт; 3 – использование светодиода марки «Арлайт» мощностью 112 Вт; 4 – использование светодиода марки «Эвиар» мощностью 127 Вт.

Анализ состояния пигментного фонда и определение биохимических характеристик опытных растений осуществляли в лаборатории химии растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси. В свежих усредненных пробах растительного материала определяли содержание фотосинтезирующих пигментов – хлорофиллов *a* и *b* по методу Т.Н. Годнева [1, 2], β -каротина и суммы каротиноидов – по ГОСТ 8756.22-80 [3]; сухих веществ – по ГОСТ 31640-2012 [4]; аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом [5]; свободных органических (титруемых) кислот (общей кислотности) – объемным методом [5]. В высушенных при температуре 60°C пробах растительного материала определяли содержание: гидроксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую) – спектрофотометрическим методом [6]; растворимых сахаров – ускоренным полумикрометодом [7]; пектиновых веществ – кальциево-пектатным методом [5]; суммарного количества антоциановых пигментов – по методу Т. Swain, W. E. Hillis [8], с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю.Г. Скориковой и Э.А. Шафтан [9]; собственно антоцианов и общего количества катехинов (с использованием ванилинового реактива) – фотоэлектроколориметрическим методом [10, 5]; суммы флавонолов (в пересчете на рутин) – спектрофотометрическим методом [5]; дубильных веществ (танинов) – титрометрическим методом Левенталя [11]. Все определения выполнены в 2-кратной биологической и 3-кратной аналитической повторностях с последующей статистической обработкой экспериментальных данных по методике, принятой для биологических исследований [12] с использованием программы *Microsoft Office Excel 2007* [13].

Работами ряда ученых экспериментально доказано значительное, причем не всегда позитивное влияние искусственного освещения на накопление в растениях биологически активных соединений разной химической природы [14, 15]. Повариянтное исследование биохимического состава опытных растений показало, что суммарное содержание хлорофиллов в сухой массе листовой ткани варьировалось в рамках эксперимента в весьма широком диапазоне, составлявшем 552,5–840,7 мг/100 г, а каротиноидов – 91,2–163,8 мг/100 г, в том числе β – каротина – 36,4–89,3 мг/100 г. Содержание пластидных пигментов в сухой массе плодов томата заметно уступало установленному в листовой ткани – в 6–8 раз по количеству хлорофиллов и в 1,4–2,3 раза – по содержанию каротиноидов при более узких диапазонах варьирования параметров их накопления, составлявших 94,3–114,9 мг/100 г в первом случае и 63,1–79,2 мг/100 г во втором при содержании β – каротина 35,4–57,3 мг/100 г.

По нашим оценкам, в ассимилирующих органах растений содержание сухих веществ изменялось в диапазоне 12,2–18,6 %, а свободных органических, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот – в пределах 1,44–2,19 %, 333,0–430,5 мг/100 г и 1037,3–1175,4 мг/100 г сухой массы соответственно, растворимых сахаров – от 2,6 до 3,5 % при соответствующих межвариантных различиях сахарокислотного индекса, определяемого соотношением количеств растворимых сахаров и титруемых кислот и варьировавшегося в интервале 1,4–1,9. При этом параметры накопления пектиновых и дубильных веществ изменялись в диапазонах 4,41–7,66 % и 0,88–1,40 % соответственно. Плоды томата характеризовались меньшим, чем ассимилирующие органы, содержанием сухих веществ, составлявшим 4,4–5,4 % при значительно большем количестве титруемых кислот, варьировавшемся в диапазоне 9,6–13,6 %, и в несколько раз меньшем гидроксикоричных кислот, изменявшемся от 228,7 до 382,5 мг/100 г, но при этом довольно близком содержании аскорбиновой кислоты, составлявшем 269,8–409,8 мг/100 г сухой массы. Содержание растворимых сахаров в плодах томата, составлявшее 14,0–23,3 %, в 5–8 раз превышало таковое в листовой ткани, а показатель сахарокислотного индекса варьировался в интервале 1,4–2,4. При этом параметры накопления пектиновых и дубильных веществ в сухой массе плодов в 2–4 раза уступали таковым в листовой ткани и составляли 2,05–2,73 % и 0,21–0,53 % соответственно.

Особый интерес в данной работе представляло исследование ответной реакции опытных растений на изменение условий освещения наиболее ценного в физиологическом плане биофлавоноидного (Р-витаминного) комплекса, обладающего разносторонним физиологическим действием на человеческий организм [16]. Установлено, что общее содержание данных соединений в сухой массе листовой ткани было весьма значительным и варьировалось в рамках эксперимента в диапазоне 4998–5316 мг/100 г при суммарном количестве антоциановых пигментов 1560–2314 мг/100 г, представленных преимущественно лейкоформами, содержание которых составляло 1128–1834 мг/100 г, тогда как таковое собственно антоцианов – 342–546 мг/100 г. При этом интервал изменения содержания флавонолов, преобладающих в составе Р-витаминного комплекса, соответствовал области значений 2452–3270 мг/100 г сухой массы, а содержания катехинов – 265–504 мг/100 г. Суммарное содержание биофлавоноидов в сухой массе плодов томата, в зависимости от источника освещения, уступало таковому в листовой ткани в 1,8–2,6 раза и варьировалось в диапазоне 2022–2796 мг/100 г при меньшем в 3,5–8,7 раза общем

количестве антоциановых пигментов, составлявшем 218–445 мг/100 г. Содержание лейкоантоцианов, превалирующих, как и в листьях, в составе антоцианового комплекса плодов, составляло 188–383 мг/100 г, тогда как таковое собственно антоцианов было значительно меньшим и не превышало 30–132 мг/100 г. При этом интервал изменения содержания флавонолов, доминирующих в Р-витаминном комплексе плодов и уступавшего таковому в листовой ткани в 2–3 раза, соответствовал области значений 1073–1533 мг/100 г сухой массы, а содержания катехинов, напротив, превышавшего таковое в листьях в 1,8–2,8 раза, составлял 731–920 мг/100 г.

Значительная ширина приведенных диапазонов варьирования обозначенных признаков свидетельствовала об их существенной зависимости от условий освещения. Вместе с тем влияние данного фактора на биохимические характеристики листьев и плодов томата оказалось весьма неоднозначным и даже противоположным по знаку (табл. 1). Вместе с тем в ряде случаев прослеживалась явная общность тенденций в ориентации расхождений тестируемых вариантов опыта с контролем в содержании анализируемых соединений на фоне заметных межвариантных различий степени их проявления. Так, независимо от источника искусственного освещения, в ассимилирующих органах растений имело место снижение на 17–34 % по сравнению с естественным освещением содержания сухих веществ, наиболее значительное при использовании светодиодов марки *Эвиар*, которые обусловили снижение их содержания также и в плодах томата на 6 %. При этом в вариантах опыта с применением натриевого светильника *ДНАТ* и светодиодов марки *Арлайт*, напротив, наблюдалось усиление накопления в них сухих веществ на 14 и 8 % соответственно. Наряду с этим все источники искусственного освещения способствовали обогащению генеративных и в большей степени ассимилирующих органов растений хлорофиллами и каротиноидами на 8–22 % и 10–26 % в первом случае и на 30–52 % и 24–80 % – во втором. При этом наиболее выраженное обогащение листовой ткани данными пигментами происходило при светодиодном освещении, тогда как для плодов более эффективным в этом плане было использование натриевого светильника. Обращает на себя внимание сходная у ассимилирующих и генеративных органов направленность изменений в содержании β -каротина по сравнению с контролем, активизация накопления которого в этих частях растений наблюдалась при применении натриевого светильника и особенно светодиодов марки *Эвиар*, тогда как при использовании светодиодов марки *Арлайт* в обоих случаях наблюдалось сходное по величине снижение его содержания на 16–18 % по сравнению с контролем.

Обращает на себя внимание, что на фоне испытываемых вариантов освещения в ассимилирующих и генеративных органах растений были выявлены противоположные по знаку изменения в содержании титруемых кислот. Так, если для листовой ткани было показано усиление их накопления на 20–52 % относительно контроля, наибольшее при использовании светодиодов марки *Эвиар*, то в плодах наблюдалась обратная картина – снижение содержания на 13–29 %, хотя и наименьшее при применении светильника этой марки. Наряду с этим только освещение растений светодиодами марки *Эвиар* способствовало обогащению их листовой ткани аскорбиновой кислотой по сравнению с естественным освещением, тогда как при использовании светодиодов марки *Арлайт* и натриевого светильника имело место снижение ее содержания на 3 и 12 % соответственно. При этом на фоне всех источников искусственного освещения выявлено обогащение плодов томата аскорбиновой кислотой на 4–52 %, наибольшее опять же при использовании светодиодов марки *Эвиар* и наименьшее при применении натриевого светильника (табл. 1). Что касается гидроксикоричных кислот, то наиболее сильное влияние испытываемых источников искусственного освещения на их содержание выявлено в генеративных органах растений. При этом во всех тестируемых вариантах опыта обнаружено его снижение на 23–40 % относительно контроля, однако наименьшим оно было опять-таки на фоне светодиодов марки *Эвиар*, не оказавших, в свою очередь, значимого влияния на содержание данных соединений в ассимилирующих органах. Различия же с контролем параметров накопления в листовой ткани гидроксикоричных кислот в остальных тестируемых вариантах опыта оказались весьма незначительными – в пределах 5–7 % и противоположными по знаку – отрицательными при использовании натриевого светильника и положительными при использовании светодиода марки *Арлайт*. В характере влияния источников искусственного освещения на углеводный комплекс растений томата выявлены следующие особенности. Так, в листовой ткани на фоне применения натриевого светильника не обнаружено значимых различий с контролем в содержании растворимых сахаров, тогда как использование обоих светодиодов, особенно марки *Эвиар*, обусловило его увеличение на 7–30 %. При этом в плодах томата активизация их накопления на 21 % обнаружена лишь при использовании светодиода марки *Арлайт*, тогда как на фоне освещения светодиодом марки *Эвиар* значимых различий с контролем в этом плане выявить не удалось, а применение светильника *ДНАТ* способствовало весьма значительному обеднению продукции томата растворимыми сахарами, достигавшему 28 % (табл. 1). Выявленные межвариантные различия в содержании данных углеводов и титруемых кислот заметно отразились на соотношении их

количеств, характеризующем сахарокислотный индекс исследуемых частей растений. Так, если в ассимилирующих органах наблюдалось весьма значительное его снижение при использовании светильника ДНАТ и светодиода марки Эвияр, составлявшее 26 и 16 % соответственно, и только в варианте опыта с освещением светодиодом марки Арлайт не обнаружено достоверных различий с контролем по данному признаку, то в генеративных органах отсутствие различий с ним установлено лишь при использовании натриевого светильника, а в обоих вариантах со светодиодным освещением имело место весьма значительное увеличение данного показателя на 14 и 71 %, наибольшее при использовании марки Арлайт, и свидетельствовало о повышении сладости продукции. Что касается пектиновых веществ, то применение натриевого светильника ингибировало их накопление и в ассимилирующих, и в генеративных органах опытных растений, что подтверждалось снижением их содержания соответственно на 30 и 16 % относительно контроля (табл. 1). В варианте опыта с использованием светодиода марки Арлайт, напротив, отмечена активизация биосинтеза пектинов в этих частях растений на 22 и 11 %, тогда как при освещении их светильником марки Эвияр аналогичный эффект обнаружен лишь в плодах томата, а в листовой ткани наблюдалось хотя и незначительное (в пределах 7 %), но все же достоверное снижение их содержания. Обращает на себя внимание заметное ингибирующее действие испытываемых источников искусственного освещения на биосинтез дубильных веществ как в листовой ткани, так и в плодах томата, подтверждаемое снижением их содержания соответственно на 16–37 % и 17–42 % относительно контроля, и лишь на фоне освещения светодиодом марки Эвияр получен обратный эффект, свидетельствовавший об усилении накопления в них танинов на 47 %.

Вместе с тем, как следует из табл. 1, ни один из тестируемых источников искусственного освещения не оказал статистически значимого влияния на суммарное содержание биофлавоноидов в ассимилирующих органах растений, что подтверждалось отсутствием различий с контролем по данному показателю. Однако их влияние на отдельные компоненты Р-витаминного комплекса оказалось весьма значительным и при этом контрастным. Так, все источники искусственного освещения оказывали ингибирующее влияние на биосинтез антоциановых пигментов в листовой ткани растений, что подтверждалось снижением их общего количества на 23–33 % по сравнению с контролем, наиболее выраженным при использовании светодиодов, особенно марки Эвияр. При этом использование натриевого светильника приводило к ослаблению биосинтеза в листовой ткани также и катехинов на 35 %, тогда как освещение светодиодом марки Арлайт, напротив, обуславливало обогащение ее данными соединениями на 25 % при весьма незначительном (не более чем на 4 %) обеднении ими на фоне применения светодиода марки Эвияр. Данная трансформация Р-витаминного комплекса ассимилирующих органов сопровождалась существенной активизацией биосинтеза преобладающих в его составе флавонолов, о чем свидетельствовало увеличение их содержания на 21–33 %, наиболее значительное при использовании светильника ДНАТ (табл. 1).

Таблица 1. Относительные различия тестируемых вариантов опыта с контролем по биохимическим характеристикам ассимилирующих и генеративных органов растений томата, %

Показатель	Ассимилирующие органы			Генеративные органы		
	2 – ДНАТ	3 – Арлайт	4 – Эвияр	2 – ДНАТ	3 – Арлайт	4 – Эвияр
Сухие вещества	-17,0	-19,9	-34,1	+14,1	+7,7	-5,5
Хлорофиллы	+30,3	+52,2	+42,8	+19,5	+7,7	+21,8
Каротиноиды	+24,0	+57,2	+79,6	+25,5	+10,3	+13,0
β-каротин	+50,3	-16,3	+105,3	+19,5	-17,9	+32,9
Свободн. органич. кисл.	+31,3	+20,1	+52,1	-25,4	-29,1	-12,7
Аскорбиновая кислота	-12,3	-2,8	+13,4	+3,8	+20,3	+51,9
Гидроксикоричные кисл.	-5,4	+7,2	–	-36,1	-40,2	-22,7
Растворимые сахара	–	+7,4	+29,6	-27,5	+20,7	–
Сахарокислотный индекс	-26,3	–	-15,8	–	+71,4	+14,3
Пектиновые вещества	-29,8	+22,0	-7,0	-16,3	+10,6	+11,4
Собственно антоцианы	-28,8	+13,8	-10,0	-54,5	+100,0	–
Лейкоантоцианы	-21,5	-38,3	-38,5	–	–	+92,1
Сумма антоциан. пигм.	-23,0	-27,5	-32,6	-17,6	+29,4	+67,6
Катехины	-34,6	+24,4	-3,8	-8,5	+15,3	+9,4
Флавонолы	+33,3	+20,8	+24,3	-16,0	+20,0	-5,3
Сумма биофлавоноидов	–	–	–	-13,6	+19,5	+8,0
Дубильные вещества	-16,4	-34,3	-37,1	-16,7	-41,7	+47,2

Примечание: Прочерк означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с контролем при $p < 0,05$.

В отличие от ассимилирующих, в генеративных органах растений наблюдалась совершенно иная картина, при которой освещение натриевым светильником обуславливало ингибирование биосинтеза всех групп биофлавоноидов на 9–55 % относительно контроля, особенно собственно антоцианов, что приводило к снижению общего выхода полифенолов на 14 %, свидетельствовавшему о падении уровня

Р-витаминной активности плодов томата. Использование же светодиодных светильников обеспечило прямо противоположный эффект, подтверждаемый преимущественной активизацией накопления основных групп биофлавоноидов, особенно антоциановых пигментов, на 8–100 % относительно контроля при наибольшей ее выразительности на фоне применения светильника марки *Арлайт*. В свою очередь, доминирование позитивных эффектов в формировании Р-витаминного комплекса плодов томата обусловило увеличение в них общего выхода этих биологически активных соединений на 8–20 %, наиболее значительное при использовании светодиода марки *Арлайт*.

Как видим, степень влияния испытываемых источников искусственного освещения на показатели биохимического состава ассимилирующих и генеративных органов томата определялась не только индивидуальными особенностями создаваемых ими световых потоков, но и характером метаболических процессов в этих частях растений, а также химической природой исследуемых органических соединений.

Как следует из табл. 1, относительные размеры разноориентированных расхождений тестируемых вариантов опыта с контролем в содержании исследуемых соединений разной химической природы существенно различались между собой, что не позволяло дать объективную оценку степени межвариантных различий в биохимическом составе продукции томата по совокупности признаков. В связи с этим и в соответствии с разработанным Ж. А. Рупасовой с соавт. способом ранжирования объектов по совокупности признаков [17], в каждом тестируемом варианте опыта было осуществлено суммирование относительных размеров положительных и отрицательных различий с контролем по 17 количественным характеристикам биохимического состава ассимилирующих и генеративных органов растений (табл. 2).

Таблица 2. Относительные размеры, амплитуды и соотношения разноориентированных различий тестируемых вариантов опыта с контролем по биохимическим характеристикам ассимилирующих и генеративных органов растений томата

Вариант опыта	Относительные различия, %				
	положит.	отрицат.	амплитуда	положит./отрицат.	совокупн. эффект
Ассимилирующие органы					
2 – ДНАТ	169,2	215,1	384,3	0,8	-45,9
3 – Арлайт	225,1	139,1	364,2	1,6	+86,0
4 – Эвияр	347,1	178,9	526,0	1,9	+168,2
Генеративные органы					
2 – ДНАТ	82,4	232,2	314,6	0,4	-149,8
3 – Арлайт	332,9	128,9	461,8	2,6	+204,0
4 – Эвияр	369,6	46,2	415,8	8,0	+323,4

По величине амплитуды выявленных различий можно дать оценку степени изменений качественного состава опытных образцов в каждом тестируемом варианте опыта по сравнению с контролем (естественным освещением) в ту и иную стороны, а на основании кратного размера соотношения относительных размеров совокупностей положительных и отрицательных сдвигов в биохимическом составе исследуемых частей растений относительно контроля, принятого за 1, можно судить о степени изменений в нем. При этом установлено, что амплитуда выявленных отклонений тестируемых вариантов опыта от контроля по совокупности 17 анализируемых признаков варьировалась в рамках эксперимента в ассимилирующих органах в диапазоне 364,2–526,0 %, а в генеративных – в диапазоне 314,6–461,8 %. Это свидетельствовало о наиболее значительном в эксперименте изменении биохимического состава листовой ткани растений относительно контроля при освещении их светодиодом марки *Эвияр*, тогда как плодов – светодиодом марки *Арлайт* и несколько уступавшим ему по данному признаку светодиодом марки *Эвияр*.

Вместе с тем лишь в вариантах опыта с использованием светодиодного освещения в биохимическом составе и ассимилирующих, и генеративных органов растений томата установлено превышение относительных размеров совокупности позитивных сдвигов над таковой негативных, что свидетельствовало об улучшении в них качественного состава продукции по сравнению с контролем (естественным освещением). Подтверждением этому могут служить также положительные значения совокупного эффекта в этих вариантах опыта – соответственно 86 и 168 % в первом случае и 204 и 323 % во втором. В отличие от вариантов со светодиодным освещением, при использовании натриевого светильника *ДНАТ* и в ассимилирующих, и в генеративных органах опытных растений отмечено преобладание суммарной величины отрицательных сдвигов над таковой положительных, что однозначно свидетельствовало о меньшем, чем в контроле, содержании органических соединений в листьях и более низком интегральном уровне питательной и витаминной ценности плодов томата по совокупности биохимических характеристик, что находило подтверждение в отрицательной величине совокупного эффекта в

данном варианте опыта, составлявшей соответственно 46 и 150 %. При этом кратный размер соотношения совокупностей положительных и отрицательных сдвигов в биохимическом составе ассимилирующих и генеративных органов при использовании светильника *ДНАТ* оказался меньше 1 и составил 0,8 и 0,4 соответственно, уступая контролю в 1,3 и 2,5 раза, что указывает на абсолютную неэффективность данного варианта искусственного освещения в обогащении биохимического состава этих частей растений. Наиболее результативными в этом плане оказались варианты опыта с использованием светодиодов. По богатству биохимического состава ассимилирующих органов они превосходили контроль в 1,6 и 1,9 раза, а по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов томата – в 2,6 и 8,0 раз, что нашло подтверждение в положительной величине совокупного эффекта в данных вариантах опыта, составившей в первом случае 86 и 168 %, во втором – 204 и 323 %. При этом наиболее значительное улучшение качественных показателей и ассимилирующих, и генеративных органов опытных растений наблюдалось при использовании светодиода марки *Эвиар*, превосходившее таковое при освещении светодиодом марки *Арлайт* в первом случае в 1,2 раза, во втором – в 3,1 раза. Это позволяет рассматривать данный вариант опыта как наиболее эффективный в производственном эксперименте и рекомендовать его для использования при выращивании томата в условиях защищенного грунта.

Заключение

В результате сравнительного исследования в условиях защищенного грунта влияния искусственного освещения с использованием натриевого светильника *ДНАТ* мощностью 600 Вт, а также светодиодов марок *Арлайт* и *Эвиар* мощностью 112 и 127 Вт соответственно на 17 показателей биохимического состава ассимилирующих и генеративных органов растений томата (сорт «Фанто») установлено, что степень влияния на них испытываемых светильников определялась не только индивидуальными особенностями создаваемых ими световых потоков, но и характером метаболических процессов в этих частях растений, а также химической природой исследуемых органических соединений. Все источники искусственного освещения оказывали позитивное влияние на насыщенность пигментного фонда пластид как ассимилирующих, так и генеративных органов растений при разной степени проявления выявленных эффектов. В листовой ткани максимальное накопление фотосинтезирующих пигментов обеспечивало использование светодиодов при наибольшей эффективности в отношении хлорофиллов светильника марки *Арлайт*, а каротиноидов – светильника марки *Эвиар*, применение которого обеспечивало также наиболее выраженную активизацию биосинтеза данных пигментов, в том числе β -каротина, и в плодах томата. Показано, что несмотря на максимальную насыщенность пигментного фонда ассимилирующих органов на фоне светодиодного освещения, наибольшее усиление накопления фотосинтезирующих пигментов в генеративных органах относительно контроля обнаружено при использовании натриевого светильника *ДНАТ*, что свидетельствовало о некотором замедлении в этот период процесса их созревания при использовании светодиодов, обусловившем данное отставание в формировании пигментного фонда.

Установлено, что лишь применение светодиодного освещения способствовало обогащению биохимического состава ассимилирующих и генеративных органов растений исследуемым комплексом органических соединений по сравнению с естественным освещением – соответственно в 1,6 и 2,6 раза при использовании светодиода марки *Арлайт* и в 1,9 и 8,0 раз при освещении светодиодом марки *Эвиар*, тогда как на фоне освещения натриевым светильником *ДНАТ*, напротив, выявлено отставание в этом плане от контроля в 1,3 и 2,5 раза соответственно, указывавшее на абсолютную неэффективность его применения. При этом наиболее значительное улучшение качественных показателей и ассимилирующих, и генеративных органов растений наблюдалось при использовании светодиода марки *Эвиар*, превосходившее таковое при освещении светодиодом марки *Арлайт* в первом случае в 1,2 раза, во втором – в 3,1 раза. Это позволяет рассматривать данный вариант опыта как наиболее эффективный в производственном эксперименте и рекомендовать использование светодиода марки *Эвиар* при выращивании томата в условиях защищенного грунта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Годнев, Т. Н. Хлорофилл: его строение и образование в растениях / Т. Н. Годнев. – Минск: Изд-во Акад. наук БССР, 1963. – 318 с.
2. Фотосинтез. Методические рекомендации к лабораторным занятиям, задания для самостоятельной работы и контроля знаний студентов / авт.-сост. Л. В. Кахнович. – Минск: Изд-во Белорус. гос. ун-та, 2003. – 88 с.
3. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения каротина: ГОСТ 8756.22-80. Введ. 01.01.81. Дата последнего изменения 13.07.2017 – М.: Изд-во стандартов, 2010. – 6 с.
4. Корма. Методы определения содержания сухого вещества: ГОСТ 31640-2012. – Введ. 01.07.2013. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 11 с.

5. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Ленинград, 1987. – 430 с.
6. Марсов, Н. Г. Фитохимическое изучение и биологическая активность брусники, клюквы и черники: дисс. ... канд. фармацевт. Наук / Н. Г. Марсов. – Пермь, 2006. – С. 99–101.
7. Большой практикум «Биохимия» Лабораторные работы: учеб. пособие. / сост. М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2012. – 148 с.
8. Swain, T. The phenolic constituents of *Prunus Domestica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents / T. Swain, W. Hillis // *J.Sci. Food Agric.* – 1959. – Vol. 10, № 1. – P. 63–68.
9. Скорикова, Ю. Г. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах / Ю. Г. Скорикова, Э.А. Шафтан // Тр. 3 Всесоюз. семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод. – Свердловск, 1968. – С. 451–461.
10. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной / В. Ю. Андреев [и др.] // *Фармация.* – 2013. – № 3. – С. 19–21.
11. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье // Государственная фармакопея СССР. – М.: Медицина, 1987. – Вып. 1: Общие методы анализа. – С. 286–287.
12. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В. Д. Мятлев [и др.]. – М.: Академия, 2009. – 320 с.
13. Боровиков, В. П. STATISTICA: Искусство анализа данных на компьютере / В. П. Боровиков. – СПб., 2001.
14. Барабой, В. А. Биологическое действие растительных фенольных соединений / В. А. Барабой. – Киев: Наукова думка, 1976. – 260 с.
15. Влияние светодиодного освещения разного спектрального состава на морфогенез и вторичный метаболизм *Catharanthus roseus* (L). в условиях *in vitro* и закрытого грунта / Л. Г. Лёшина, О. В. Молчан, О. П. Булко, Н. А. Пушкарева, Т. Н. Кирпа-Несмиян, Е. В. Запрудская, Н. В. Кучук // XI Международная конференция «Биология клеток растений *in vitro* и биотехнология, Минск, 23-27 сентября, 2018 г. – С. 132–133.
16. Минаева, В. Г. Флавоноиды в онтогенезе растений и их практическое использование / В. Г. Минаева. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1978. – 255 с.
17. Способ ранжирования таксонов растения / Ж. А. Рупасова [и др.] / Мн.: Патент на изобретение №17648 от 08.07.2013.

СЕЛЕКЦИЯ ФАСОЛИ ОВОЩНОЙ (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ

В. В. СКОРИНА, Е. В. ПАНКРУТСКАЯ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: skorina@list.ru

(Поступила в редакцию 08.10.2023)

Среди овощных культур особое место занимает фасоль овощная. Вопросы оценки исходного материала фасоли овощной по продуктивности, экологической стабильности, качеству продукции и выявление реакции генотипов на различающиеся условия среды для выбора зоны семеноводства требуют дальнейшего изучения.

В статье представлены результаты исследований по оценке сортов фасоли овощной различного эколого-географического происхождения. Установлено, что между сортами по степени реакции на условия среды наблюдается значительная дифференциация. По комплексному показателю (СЦГі) выделены генотипы Фантазия, Золушка, Московская белая зелено-стручкая 556, Си Бемоль, Лика. Стабильностью признака «продуктивность» характеризовались сорта Омичка, Маруся, Сибирячка, Лукерья, Магура с высоким значением параметра СЦГі.

Сорта Зничка, Октава с промежуточной отзывчивостью на условия среды характеризуется высоким значением комплексного показателя СЦГі. Наиболее стабильными являлись сорта Октава, Бажена, Зничка, Магура.

Сорта фасоли овощной вьющегося типа Водопад, Герда, Волга-Матушка выделяются по параметрам X_i и OAC_i , стабильностью – генотипы Герда, Антошка, Афина.

Исследованиями выявлено разнообразие среди генотипов по основным параметрам адаптивности, в том числе по СЦГі. Специфика состоит в сочетании максимальных значений уровня параметров X_i , OAC_i , CAC_i , при значительной отзывчивости на улучшение условий среды (bi) и средней относительной стабильности. Генотип с низким значением параметра СЦГі может быть высокостабильным и служить источником этого свойства. При обратном варианте он может быть использован в качестве родительской формы для передачи потомству свойства продуктивности в сочетании со стабильностью.

Ключевые слова: фасоль овощная, сорт, урожайность, генотип, среда, адаптивность, стабильность.

Among vegetable crops, beans occupy a special place. The issues of assessing the source material of vegetable beans for productivity, environmental stability, product quality and identifying the response of genotypes to varying environmental conditions for choosing a seed growing area require further study.

The article presents the results of studies on the assessment of vegetable bean varieties of various ecological and geographical origins. It has been established that there is significant differentiation between varieties in terms of the degree of response to environmental conditions. According to the complex indicator "selection value of genotype" (SVGi), the genotypes Fantasia, Cinderella, Moscow White Green-pod 556, B Flat, and Lika were identified. The stability of the "productivity" trait was characteristic of the varieties Omichka, Marusya, Sibiryachka, Lukerya, Magura with a high value of the SVGi parameter.

Varieties Znichka and Oktava with intermediate responsiveness to environmental conditions are characterized by a high value of the complex indicator SVGi. The most stable varieties were Oktava, Bazhena, Znichka, Magura.

Climbing vegetable bean varieties such as Vodopad, Gerda, Volga-Matushka are distinguished by parameters X_i and OAC_i , genotypes Gerda, Antoshka, Athena are distinguished by stability.

Research has revealed diversity among genotypes in the main parameters of adaptability, including SVGi. The specificity consists of a combination of maximum values of the level of parameters X_i , OAS_i , CAC_i , with significant responsiveness to improving environmental conditions (bi) and average relative stability. A genotype with a low value of SVGi parameter can be highly stable and serve as a source of this property. In the opposite case, it can be used as a parent form to transmit the properties of productivity combined with stability to the offspring.

Key words: vegetable beans, variety, yield, genotype, environment, adaptability, stability.

Введение

Среди овощных культур фасоль является ценной культурой, которая обладает высокими вкусовыми и пищевыми качествами. В фасоли овощной содержится повышенное содержание белка, порядка 30 аминокислот, сахара, каротин, витамины В₁, В₂, В₆, В₉, Е, РР, С, минеральные вещества и т. д. Ее используют в фазе технической (недозрелые зеленые бобы) и биологической зрелости семян. Техническая зрелость фасоли овощной наступает на 8–10-й день после образования завязей. В этот период боб при сгибании ломается и имеет в изломе сочный безволоконистый вид.

В зависимости от скороспелости сорта первые сборы бобов в фазу технической зрелости обычно начинают через 45–60 дней после появления всходов [1, 2, 3].

Возделывание овощной фасоли является значимым фактором импортозамещения для продовольственного рынка Республики Беларусь. Анализ потребительского спроса в республике показал, что объемы потребления фасоли овощной внутри страны могут составить до 2000 т. В структуре покупок фасоли овощной 41,1 % приходится на замороженную продукцию, 28,3 % – на консервированную и только 30,6 % – на свежую [3].

Большинство современных образцов фасоли овощной имеют достаточно высокий потенциал продуктивности, реализация его сдерживается из-за их низкой гомеостатичности и чувствительности к неблагоприятным факторам среды [4].

При создании новых сортов овощных культур, с использованием эколого-географического фактора, важное значение имеет научно обоснованный подбор исходного материала, его разнообразие и степень изученности в различных условиях выращивания. Значительный вклад в теоретическое и экспериментальное обоснование экологических методов селекции сельскохозяйственных культур, внесли ряд ученых [5–17].

Применение экологических методов в селекции постоянно находится в числе актуальных научных проблем [18]. Одной из важнейших задач селекции является сочетание в одном генотипе высокой продуктивности и экологической стабильности при неблагоприятных факторах внешней среды. Создание сортов со стабильно высокой продуктивностью в настоящее время основано на традиционных методах селекции [10].

В результате испытания генотипов в различных экологических условиях можно получить большое количество данных, которые без надлежащей математической обработки невозможно корректно проанализировать и делать соответствующие выводы.

При оценке сортов фасоли в различных условиях установлено, что сроки испытания в значительной степени влияют на параметры, изменяя при этом их значения и ранги [19, 20].

Способность среды обеспечить требуемый уровень изменчивости признака – важнейшее свойство, которое следует принимать во внимание при определении пригодности среды как фона для селекции. Е. Н. Синская [21] подразделила фоны на три группы по их способности выявлять изменчивость: стабилизирующий фон, в котором полиморфизм не проявляется; анализирующий фон, способствующий выявлению изменчивости в популяции; нивелирующий фон, угнетающий различия между ними.

В связи с этим целью исследований являлась оценка параметров адаптивности в селекции фасоли овощной на высокую урожайность и экологическую стабильность.

Основная часть

Исследования проводились на опытном поле кафедры плодовоовощеводства УО БГСХА в 2021–2022 гг. на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Опыт заложен в трехкратной повторности с использованием общепринятых методик и методических указаний.

Объектами исследований являлись 42 сорта фасоли овощной (34 – кустовая форма) и (8 – вьющаяся) белорусской и российской селекции.

В задачу входило определение параметров адаптивной способности и экологической стабильности генотипов фасоли овощной и выделение среди них сорта с высокой урожайностью и экологической стабильностью.

Экологическим фоном служили разные годы испытания. Погодные условия варьировали по годам, что способствовало объективному изучению реакции сортов фасоли овощной на изменяющиеся факторы внешней среды.

Повторность опытов трехкратная. Опыт заложен в соответствии общепринятой методикой [22]. Экологическое испытание проводили в соответствии с методическими указаниями по экологическому испытанию овощных культур в открытом грунте (Москва, 1981).

Параметры адаптивной способности и экологической стабильности и среды как фона для отбора генотипов определяли по методике А. В. Кильчевского, Л. В. Хотылевой [24, 25].

Определяли следующие параметры:

X_i – среднее значение признака i -го образца в совокупности сред;

OAC_i – общая адаптивная способность i -го образца по изучаемому признаку, равная отклонению среднего значения признака i -го образца от среднего значения признака во всех образцах по опыту;

S_{gi} – относительная стабильность i -го генотипа по изучаемому признаку, показатель, аналогичный коэффициенту вариации при изучении генотипа в ряде сред, который позволяет сопоставить результаты исследований с разным набором признаков;

b_i – коэффициент регрессии, реакция сорта на улучшение (ухудшение) условий выращивания; при $b_i > 1$ генотип имеет большее значение признака по сравнению с другими сортами в лучших условиях, при $b_i < 1$ – в худших условиях, при $b_i = 0$ не реагирует на изменение условий среды;

$СЦГ_i$ – селекционная ценность i -го генотипа по изучаемому признаку. Параметр, позволяющий определить сочетание в генотипе высокого значения признака с его устойчивостью, то есть вести отбор на OAC с учетом стабильности;

Параметры адаптивной способности и экологической стабильности определяли у фасоли овощной кустового и вьющегося типа. Сорты были представлены из различных климатических зон. В первом наборе (табл. 1) были оценены сорта селекции ФГБНУ ФНЦО (Россия).

Высокой продуктивностью обладали сорта Маришка, Золушка, Фантазия, Светлячок, Си Бемоль. Различия между минимальным и максимальным значением у сортов составили 2,7 раза.

Таблица 1. Параметры адаптивной способности генотипов фасоли овощной по продуктивности, г/раст., 2021–2022 гг.

Генотипы	X_i	Ранг	OAC_i	CAC_i	S_{gi}	b_i	$СЦГ_i$
Магура (контроль)	93,45	10	-9,37	26,76	5,53	-0,40	75,52
Рант	59,80	14	-43,02	189,20	23,00	1,02	12,15
Сакфит	85,15	11	-17,67	817,24	33,57	2,11	-13,87
Ульяна	95,70	9	-7,12	35,84	6,25	0,46	74,96
Секунда	53,50	15	-49,32	81,62	16,88	0,68	22,20
Пагода	83,00	12	-19,82	496,40	26,84	1,65	5,82
Фантазия	142,45	3	39,62	111,12	7,40	0,78	105,93
Золушка	144,36	2	41,54	35,25	4,11	0,45	123,79
Московская белая зеленостручная 556	111,90	6	9,07	5,94	2,17	-0,21	103,45
Креолка	68,20	13	-34,62	6,80	3,82	0,23	59,16
Си Бемоль	123,40	5	20,57	35,84	4,85	0,46	102,66
Светлячок	137,70	4	34,87	2992,50	39,72	4,04	-51,78
Аришка	98,85	7	-3,97	380,76	19,74	1,44	31,25
Маришка	146,80	1	43,97	575,12	16,33	1,77	63,73
Лица	98,10	8	-4,72	37,62	6,25	0,47	76,85
По фактору А	2,39						
По фактору В	0,87						
Общее НСР	3,39						

Из данных сортов наименьшим значением параметра S_g (относительная стабильность) характеризовались генотипы Московская белая зеленостручная 556, Креолка, Золушка, Си Бемоль, Магура, Ульяна. Сорты Светлячок ($b_i = 4,04$), Сакфит ($b_i = 2,11$), Маришка ($b_i = 1,77$) проявляли отзывчивость на улучшение условий среды. По комплексному показателю ($СЦГ_i$) выделились генотипы Фантазия, Золушка, Московская белая зеленостручная 556, Си Бемоль, Лица, что говорит об их стабильности.

При изучении реакции генотипов на среду (рис. 1) из 15 генотипов 40,1 % (6) отличались нестабильностью с положительной реакцией на среду, а 13,3 % (2) были стабильными. Промежуточной реакцией на условия среды характеризовались 46,6 %

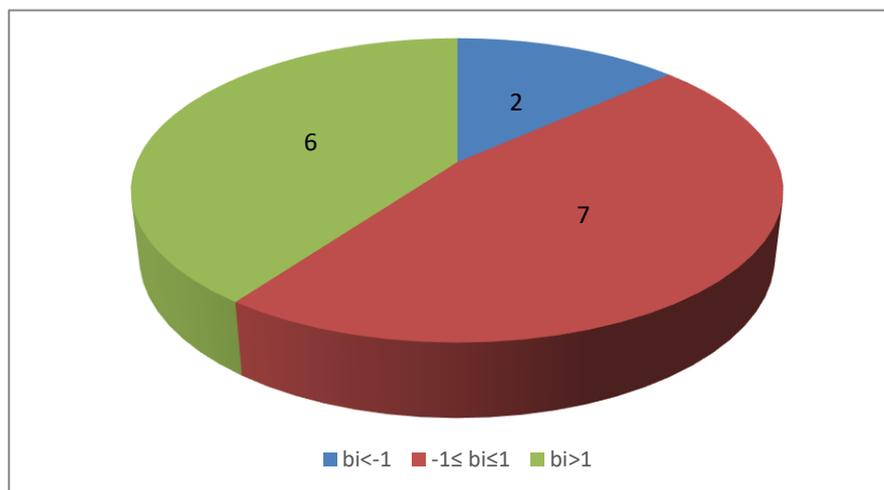


Рис. 1. Реакция генотипов на условия среды 2021–2022 гг.

По параметрам X_i и OAC_i (общая адаптивная способность) среди генотипов установлены достоверные различия.

При сравнительной оценке параметров продуктивности (табл. 2) и OAC_i из генотипов, полученных из Омска, наиболее продуктивными были сорта Лукерья, Омичка, Золото Сибири, Памяти Рыжовой. Стабильностью признака характеризовались сорта Омичка, Маруся, Сибирячка, Лукерья, Магура, которые также отличались высоким значением параметра селекционная ценность генотипа, что свидетельствует о их стабильности в данных условиях возделывания.

Таблица 2. Параметры адаптивной способности образцов фасоли овощной по продуктивности (г/раст.)

Генотипы	X_i	Ранг	OAC_i	CAC_i	S_{gi}	b_i	$СЦГ_i$
Магура (контроль)	93,45	10	-33,35	27,57	5,61	-0,22	82,15
Физкультурница	137,30	5	10,49	4977,95	51,38	2,94	-14,50
Оливковая	122,05	8	-4,75	1461,33	31,32	1,59	39,79
Золото Сибири	158,30	3	31,49	9002,75	59,93	3,96	-45,85
Омская Юбилейная	129,25	7	2,44	2316,73	37,23	2,01	25,68
Памяти Рыжовой	148,05	4	21,24	970,33	21,04	1,30	81,02
Омичка	175,00	2	48,19	10,43	1,84	0,14	168,05
Маруся	135,36	6	8,56	173,40	9,72	0,55	107,03
Сибирячка	113,80	9	-13,00	4,41	1,84	0,10	109,28
Лукерья	183,70	1	56,89	58,43	4,16	0,32	167,25
По фактору А	2,034						
По фактору В	0,64						
Общее НСР	2,87						

При анализе параметра b_i (рис. 2), установлено, что 50 % генотипов обладали промежуточной реакцией и 50 % характеризовались отзывчивостью.

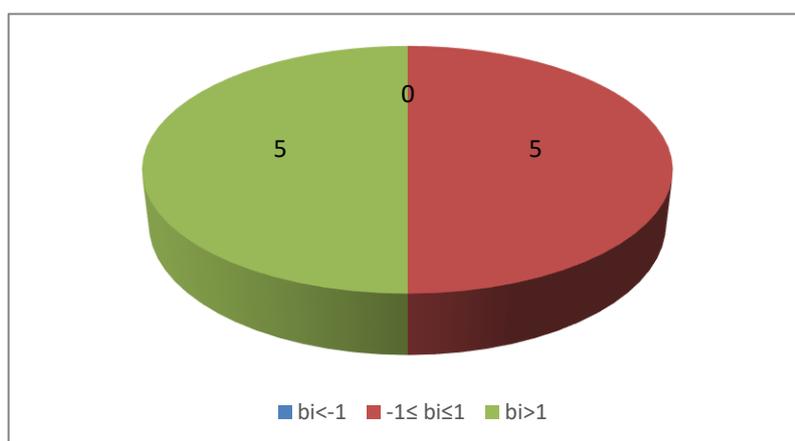


Рис. 2. Реакция генотипов на условия среды 2021–2022 гг.

Из сортов белорусской селекции, представленных в третьем наборе, высокой продуктивностью (табл. 3) обладали сорта Зничка, Иришка, Морена, Бажена, Нота. Значение параметра OAC_i у данных генотипов составило от 30,23 до -3,59. Обладая промежуточной отзывчивостью на условия среды сорта Зничка, Октава характеризуется высоким значением комплексного показателя $СЦГ_i$. Наиболее стабильными оказались сорта Октава, Бажена, Зничка, Магура.

В данном наборе (рис. 3) 54,5 % генотипов обладали промежуточной реакцией на изменение условий среды и 36,3 % отзывчивостью условия среды.

Среди вьющегося типа фасоли овощной (табл. 4) сорта Водопад, Герда, Волга-Матушка выделяются по параметрам X_i и OAC_i . Стабильностью (S_{gi}) признака характеризовались сорта Герда, Антошка, Афина. Данные генотипы обладали и наибольшим значением параметра селекционная ценность, что говорит о их стабильности. Различия между сортами по продуктивности составили 2,9 раза. Сорта Антошка, Герда, Мавританка Волга-Матушка, Водопад превышали контроль на 144,8–238,0 %.

Таблица 3. Параметры адаптивной способности генотипов фасоли овощной по продуктивности (г/раст.), 2021–2022 гг.

Генотип	X_i	OAC_i	CAC_i	S_{gi}	b_i	$СЦГ_i$
Магура (контроль)	93,45	-18,66	27,48	5,60	-0,35	81,73
Октава	154,95	42,83	237,64	9,94	1,00	120,50
Нота	111,45	-0,66	2235,64	42,42	3,07	5,81
Настена	62,20	-49,91	1821,91	68,62	2,78	-33,16
Морена	112,00	-0,11	879,83	26,48	-1,93	45,72
Бажена	108,51	-3,59	67,85	7,59	0,54	90,11
Красная шапочка	94,35	-17,76	41,08	6,79	-0,42	80,02
Чыжовенка	106,80	-5,31	0,71	0,79	-0,11	104,90
Зинуля	117,80	5,68	1543,51	33,35	2,55	30,02
Зничка	142,35	30,23	250,96	11,12	1,03	106,95
Иришка	129,40	17,28	1870,	33,42	2,81	32,77
По фактору А	2,08					
По фактору В	0,88					
Общее НСР	2,94					

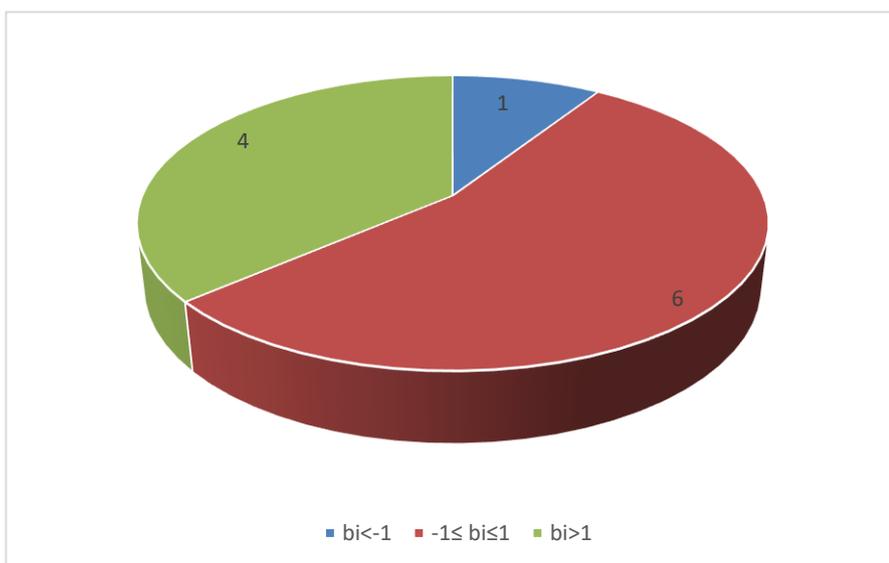


Рис. 3. Реакция генотипов на условия среды 2021–2022 гг.

Таблица 4. Параметры адаптивной способности генотипов фасоли овощной вьющегося типа по продуктивности (г/раст.), 2021–2022 гг.

Генотипы	X_i	Ранг	OAC_i	CAC_i	S_{gi}	b_i	$СЦГ_i$
Афина (контроль)	86,1	6	-41,21	6,314	2,918	0,299	81,63
Дубровенская	69,5	8	-57,81	2517,9	72,20	5,05	-19,6
Мамоли	77,95	7	-49,36	1791,4	54,29	4,26	2,79
Антошка	127,5	4	0,181	109,99	8,22	-1,06	108,87
Герда	190,35	2	63,03	1,139	0,560	0,19	188,45
Мавританка	124,7	5	-2,618	742,47	21,85	2,74	76,31
Волга-Матушка	138,95	3	11,63	4615,1	48,89	-6,84	18,31
Водопад	203,5	1	76,18	1101,9	16,31	3,34	144,55
По фактору А	2,23						
По фактору В	1,11						
Общее НСР	3,16						

Из представленных сортов наиболее отзывчивыми на изменение условий среды оказались Дубровенская, Мамоли, Водопад. В группе сортов 50 % проявляли отзывчивость (рис. 4) на условия среды, 25 % – обладали устойчивостью и 25 % имели промежуточное значение параметра b_i .

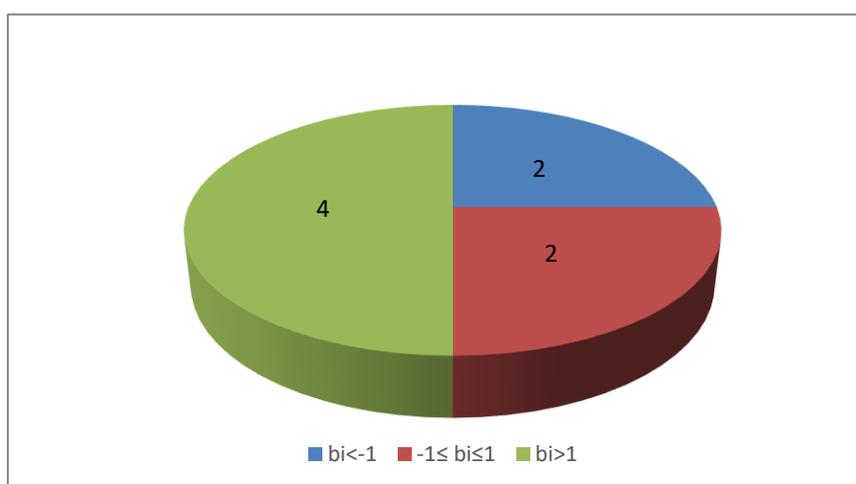


Рис. 4. Реакция генотипов на условия среды 2021–2022 гг.

Из общего количества генотипов 75,0 % выделялась по комплексному показателю ($СЦГ_i$) – Афина, Антошка, Герда, Мавританка, Волга-Матушка, Водопад. Однако, следует выделить сорта Мавританка

и Водопад с положительной реакцией на условия среды и высоким значением параметра относительной стабильности (S_{gi}).

Заключение

Среди фасоли овощной в первом наборе по комплексному показателю (СЦГі) выделены генотипы Фантазия, Золушка, Московская белая зеленостручная 556, Си Бемоль, Лика. В результате полученных экспериментальных данных во втором наборе наиболее продуктивными были сорта Лукерья, Омичка, Золото Сибири, Памяти Рыжовой. Стабильностью признака характеризовались сорта Омичка, Маруся, Сибирячка, Лукерья, Магура с высоким значением параметра СЦГі. В данном наборе 50 % генотипов обладали промежуточной реакцией и 50 % – отзывчивостью на изменение условий среды.

Установлено, что с промежуточной отзывчивостью на условия среды сорта Зничка, Октава характеризуется высоким значением комплексного показателя СЦГі. Наиболее стабильными являлись сорта Октава, Бажена, Зничка, Магура.

Сорта фасоли овощной вьющегося типа Водопад, Герда, Волга-Матушка выделяются по параметрам X_i и OAC_i . Стабильностью характеризовались сорта Герда, Антошка, Афина, которые обладали наибольшим значением комплексного параметра селекционная ценность генотипа, что свидетельствует об их стабильности.

Таким образом, исследованиями выявлено разнообразие среди генотипов по основным параметрам адаптивности, в том числе по СЦГі. Анализ результатов исследований позволяет определить общие свойства у генотипов, отличающихся высоким уровнем параметра СЦГі или различия между ними и другие вопросы специфики генотипов с различным сочетанием параметров адаптивности и стабильности. Специфика состоит в сочетании максимальных значений уровня параметров X_i , OAC_i , SAC_i , при значительной отзывчивости на улучшение условий среды (b_i) и средней относительной стабильности. Генотип с низким значением параметра СЦГі может быть высокостабильным и служить источником этого свойства. При обратном варианте он может быть использован в качестве родительской формы для передачи потомству свойства продуктивности в сочетании со стабильностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бадина, Г. Ф. Овощная фасоль / Г. Ф. Бадина. – Москва: Лениздат, 1961. – 27 с.
2. Фасоль спаржевая в Беларуси / А. И. Чайковский [и др.]. – Минск: Типография ВЮА, 2009. – 168 с.
3. Скорина, В. В. Селекция и семеноводство фасоли овощной [Текст]: монография / В. В. Скорина, Ф. Б. Мусаев, В. В. Скорина, Р. М. Пугачев. – Горки: Ред. изд. отдел БГСХА, 2015. – 197 с.
4. Маракаева, Т. В. Оценка экологической пластичности и стабильности образцов фасоли овощной в условиях Южной лесостепи Западной Сибири / Т. В. Маракаева, Н. Г. Казыдуб // Международный научно-исследовательский журнал (МНИЖ), 2016. – № 6 (48), ч. 5. – С. 191–183.
5. Вавилов, Н. И. Законы гомологических рядов в наследственной изменчивости: монография / Н. И. Вавилов; отв. ред. И. А. Рапопорт. – Л.: Наука, 1987. – 260 с.
6. Драгавцев, В. А. Алгоритмы эколого-генетической инвентаризации генофонда и методы конструирования сортов сельскохозяйственных растений по урожайности, устойчивости и качеству: метод. рек. / В. А. Драгавцев. – СПб.: ВИР, 1994. – 49 с.
7. Жуковский, П. М. Культурные растения и их сородичи / П. М. Жуковский. – 3-е изд., переработ. и доп. – М.: Колос, 1971. – 752 с.
8. Жученко, А. А. Адаптивный потенциал культурных растений: (эколого-генетические основы) / А. А. Жученко. – Кисинев: Штиинца, 1988. – 766 с.
9. Зимина, Т. А. Особенности биологии овощных культур на Сахалине / Т. А. Зимина. – Новосибирск: Наука, 1976. – 446 с.
10. Кильчевский, А. В. Экологическая селекция растений / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск: Технология, 1997. – 372 с.
11. Пивоваров, В. Ф. Экологическая селекция сельскохозяйственных растений / В. Ф. Пивоваров, Е. Г. Добруцкая, Н. Н. Балашова. – М., 1994. – 204 с.
12. Скорина, В. В. Селекция на адаптивность овощных и пряно-вкусовых культур: монография / В. В. Скорина. – Горки: БГСХА, 2005. – 203 с.
13. Uladzimir Skaryna, Vitali Skaryna. The effect of ecological and geographical factors on environmental parameters as a background for vegetables selection / Krakow Agricultural Engineering: Polish Society of Agricultural Engineering. Vol. 22, No.2, S. 99–106. – 2018.
14. Скорина, В. В. Информативность среды как фон для отбора в селекции салата / В. В. Скорина, О. Н. Бобкова // Овощеводство. – Минск: РУП «Институт овощеводства», 2019. – Т. 27. – С. 204–212.
15. Скорина В. В., Мусаев Ф. Б., Скорина В. В., Пугачев Р. М. Influence of an ekologo-geographical factor on quality of seeds of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Влияние эколого-географического фактора на качество семян фасоли овощной (*Phaseolus vulgaris* L.) Болгария, 2015. – Режим доступа: http://agrarninai.nauki.au-plovdiv.bg/wp-content/uploads/2019/01/agrarninai_18_2015_2.pdf – Дата доступа: 09.01.2023.
16. Скорина, В. В. Комплексная оценка параметров адаптивной способности и экологической стабильности генотипов для селекции чеснока озимого / В. В. Скорина, Вит. В. Скорина // Овощи России. – 2023. – № 4. – С. 58–61.
17. Скорина, В. В. Сравнительная оценка образцов укропа пахучего по урожайности и экологической стабильности / В. В. Скорина, А. В. Петренко // Овощи России. – 2022. – № 2. – С. 20–25.
18. Лудилов, В. А. Селекция овощных культур: сб. науч. тр. / В. А. Лудилов // ВНИИ селекции и семеноводства овощных

культур. – М.: ВНИИССОК, 1989. – Вып. 28. – С. 10–26.

19. Скорина, В. В. Влияние природных экологических фонов на формирование высококачественных семян фасоли / В. В. Скорина, Е. Г. Добруцкая, Ф. Мусаев // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2007. – № 1. – С. 70–76.

20. Скорина, В. В. Эколого-географическая оценка сортов фасоли по продуктивности и экологической стабильности / В. В. Скорина, Е. Г. Добруцкая, Ф. Б. Мусаев // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2004. – № 3. – С. 41–46.

21. Синская, Е. Н. Экологическая система селекции кормовых растений / Е. Н. Синская; ВАСХНИЛ. – Л.: ВИР, 1933. – 43 с.

22. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта. 5-е изд., доп. и перераб. / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

23. Методические указания по экологическому испытанию овощных культур в открытом грунте. – М.: Всерос. науч. - исслед. ин-т селекции и семеноводства овощных культур, 1987. – 46 с.

24. Кильчевский, А. В. Комплексная оценка среды как фона для отбора в селекционной программе / А. В. Кильчевский // Доклады АН БССР. – 1986. – Т. 30, № 9. – С. 846–849.

25. Кильчевский, А. В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение I. Обоснование метода / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева // Генетика. – 1985. – Т. 21, № 9. – С. 1481–1490.

ПОКАЗАТЕЛИ ПИТАТЕЛЬНОСТИ И СИЛОСУЕМОСТИ ЗЕЛеноЙ МАССЫ СИЛЬФИИ ПРонЗеннолиСТной В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАЗЫ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

В. А. ЕМЕЛИН

*УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,
г. Витебск, Республика Беларусь, 210026, email: emelinva65@gmail.com*

Б. В. ШЕЛЮТО

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407*

(Поступила в редакцию 20.10.2023)

Сильфия пронзеннолистная в сырьевом конвейере в фазе цветения растений может использоваться на силос длительное время. Зеленую массу на силос необходимо убирать в фазе начала цветения растений сильфии (цветение корзинок 1-го порядка дихазия), так как в это время высокая концентрация сахаров и формируется наибольшая продуктивность посевов. В ранние фазы вегетации (период фаз стеблевания – бутонизация растений) зеленая масса сильфии из-за высокой влажности трудно силосуется, поэтому перед консервированием зеленую массу необходимо провяливать или использовать ее в качестве зеленого корма. Отава второго укоса сильфии имеет низкий коэффициент сбраживаемости, поэтому ее лучше использовать на зеленый корм. Наибольший коэффициент сбраживаемости (39,9–44,1) установлен в фазу цветения сильфии, высокий уровень сахаров (16,2–17,0%) – в период фаз начала цветения и цветения растений, сухого вещества (23,9 %) – в фазу окончания цветения растений. Свежескошенная зеленая масса сильфии в фазе начала цветения растений из-за высокой влажности (до 80 % и более) зеленой массы может быть трудносилосуемой, поэтому для получения стабильного силоса (без масляной кислоты) необходимо в процессе силосования использовать сухие компоненты – измельченную солому и консерванты. При соблюдении общепринятых правил силосования силос из сильфии, по органолептической оценке, и питательному составу, удовлетворяет требования кормов хорошего качества.

Ключевые слова: *сильфия пронзеннолистная, фазы развития растений, силосуемость зеленой массы, питательность силоса.*

Silphium perfoliatum, in the raw material conveyor in the flowering phase of plants, can be used for silage for a long time. Green mass for silage must be harvested in the phase of the beginning of flowering of silphium plants (flowering of heads of the 1st order of dichazia), since at this time there is a high concentration of sugars and the greatest productivity of crops is formed. In the early phases of the growing season (the period of the stemming–budding phases of plants) green mass of silphium is difficult to ensile due to high humidity, so before canning the green mass must be dried or used as green fodder. The crop from the second cutting of silphium has a low fermentability coefficient, so it is better to use it for green fodder. The highest fermentability coefficient (39.9–44.1) is established in the flowering phase of silphium, a high level of sugars (16.2–17.0 %) – during the phases of the beginning of flowering and flowering of plants, dry matter (23.9 %) – in the phase of the end of flowering of plants. Freshly cut green mass of silphium in the phase of the beginning of flowering of plants, due to the high humidity of green mass (up to 80 % or more) can be difficult to silage, therefore, to obtain stable silage (without butyric acid), it is necessary to use dry components during the ensiling process – chopped straw and preservatives. Subject to generally accepted ensiling rules, silphium silage, in terms of organoleptic evaluation and nutritional composition, satisfies the requirements of good quality feed.

Key words: *Silphium perfoliatum, phases of plant development, ensiling of green mass, nutritional value of silage.*

Введение

Важной задачей отрасли растениеводства является обеспечение животноводства качественными сбалансированными кормами, которые на 60–70 процентов определяют уровень производства продукции животноводства. Для обеспечения высокой продуктивности коров (7000 кг молока) и молодняка следует заготавливать корма с содержанием протеина 13–16 % и не менее 10,0 МДж обменной энергии в 1 кг сухого вещества, необходимыми аминокислотами, обеспечивающими все жизненно необходимые процессы обмена. Зеленые и пастбищные корма должны содержать 15–17 % сырого протеина и 9,6–10,4 МДж ОЭ, силос из кукурузы – соответственно 7,0–9,0 % и 10,0–10,7 МДж в 1 кг сухого вещества. Производство высококачественных кормов с концентрацией энергии на уровне 0,85–0,95 кормовых единиц в 1 кг сухого вещества и содержанием белка 110 г на 1 кормовую единицу [3, 5, 6, 13].

Сильфия пронзеннолистная – кормовая культура с ценными биологическими свойствами и высокими хозяйственными достоинствами. Ее посевы отличаются высокой урожайностью зеленой массы и устойчивой многолетней продуктивностью [1, 2, 3, 7, 8, 14, 16, 17]. Сильфия отличается высокой питательной ценностью. По содержанию протеина (19,1–24,8 %) она приближается к люцерне. На 1 кормовую единицу в ней приходится 208–248 г переваримого протеина, имеет полный набор аминокислот, среди

которых 44 % – незаменимые, содержит достаточное количество макро- и микроэлементов. В условиях Омской области в среднем за 6 лет при уборке сальфии в фазу цветения сбор зеленой массы составил 49,4 т/га, (в т.ч. за второй укос – 23,4 т/га) корм. ед. – 6,36 т/га, сырого протеина – 2,78 т/га. На 14-м году эта культура имела урожайность 51,1 т/га, а в благоприятные по увлажнению годы – до 61,1–72,5 т/га зеленой массы [15, 18].

Переваримость питательных веществ в зеленой массе сальфии хорошая. Усвояемость протеина составляет 83 %, БЭВ – 82 %, клетчатки – 67 %. В 100 г зеленой массы содержится 12–15 кормовых единиц. На одну кормовую единицу приходится 140–160 г переваримого протеина [2]. Зеленая масса сальфии имеет полноценный химический состав. По содержанию белковых веществ и клетчатки сальфия стоит на одном уровне с лучшими травами – клевером и люцерной. В зависимости от условий выращивания, времени уборки и продолжительности жизни в зеленой массе содержится 13–23 % протеина, до 23 % суммы редуцированных сахаров, более 60 % БЭВ, повышенное содержание зольных веществ, аскорбиновой кислоты, каротина и небольшое количество клетчатки [11]. В основных изданиях М. Ф. Томмэ и др., данные о переваримости питательных веществ в силосе из сальфии отсутствуют [12].

Анализ источников литературы показывает, что научные данные по изучению переваримости веществ в силосе и силосуемости зеленой массы сальфии пронзеннолистной отсутствуют. Период цветения сальфии продолжительный (около двух месяцев), поэтому необходимо было изучить не только силосуемость зеленой массы в зависимости от наступления фаз развития растений (стеблевания, бутонизация), а также силосуемость на разных стадиях фазы цветения растений (вначале цветения растений, середине цветения и по окончании цветения растений). Особенно важное научное значение для функционирования сырьевого конвейера имеют исследования по изучению содержания сухого вещества, питательности и силосуемости зеленой массы сальфии в фазу окончания цветения растений. Исследования являются актуальными для кормопроизводства и будут иметь важное хозяйственное значение для пчеловодства.

Цель исследований – теоретическое и практическое обоснование, разработка новых предложений и агротехнических приемов по совершенствованию технологии возделывания сальфии пронзеннолистной на зелёную массу, кормовые цели и семена при рациональном использовании земельных, материальных и энергетических ресурсов в условиях Беларуси. Задача исследований: установить химический и питательный состав зеленой массы и силоса в зависимости от фаз развития растений; изучить показатели питательности и силосуемости зеленой массы сальфии пронзеннолистной в зависимости от фаз развития растений.

Основная часть

Исследования по изучению питательности и силосуемости зеленой массы сальфии пронзеннолистной проводились из отобранных растений с посевов полевых опытах в почвенно-климатических условиях Витебской области.

Материально-техническим обеспечением и базой для проведения научных исследований являются многолетние опытные посевы сальфии. Исследования химического и питательного состава зеленой массы и силоса сальфии проводились в лаборатории РУП «Витебский зональный институт сельского хозяйства НАН Беларуси» и УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины».

Объектом исследований является химический и питательный состав зеленой массы сальфии пронзеннолистной (*Silfium perfoliatum* L.) сорт «Первый Белорусский» и фазы развития растений. Почва опытного участка – дерново-подзолистая суглинистая. Весной проводилась азотная подкормка методом разбрасывания под междурядную обработку в фазу начала отрастания растений. Площадь делянок 56 м², повторность опыта четырехкратная, расположение делянок систематическое. Схема размещения растений – 70х40 см. Густота стояния растений – 35714 растений/га, 200 растений (кустов) на делянке.

Схема опыта и варианты фазы развития растений (уборка сальфии на зелёный корм и силос): 1. Стеблевание растений (высота травостоя 100–120 см). 2. Бутонизация растений. 3. Начало цветения растений (цветение корзинок 1-го порядка дихазия). 4. Цветение растений (цветение корзинок 2–3-го порядка). 5. Окончание цветения растений (цветение корзинок 4–5-го порядка дихазия). 6. Отава в фазе начало цветения растений.

Для изучения химического состава и питательной ценности зеленой массы сальфии проведены отборы растительных образцов. Отбор проводился в зависимости от наступления фаз развития растений по схеме, отаву второго укоса отбирали при наступлении фазы начало цветения растений. Скашивание

растений проводили на высоте 20 см. Образцы отбирались путем взятия пробного снопа из типичных растений делянки в день учета (уборки) урожая зеленой массы. Срезанные растения (по 10 побегов с двух повторности) измельчали, перемешивали, отбирали образцы весом по 1 кг для определения сухого вещества [8].

Силосуемость исходного сырья (зеленой массы) или степень пригодности силфий для силосования определяли в зависимости от фазы развития растений. Изменение химического состава определяется двумя факторами: уровнем сухого вещества (СВ) и отношением уровня сахара (С) к буферной емкости, т.е. буферности (Б) (С:Б). Буферная емкость установлена по А. А. Зубрилину путем титрования сырья молочной кислотой до pH 4,0. Обобщенное (суммарное) влияние этих показателей на силосуемость, выражается коэффициентом сбраживаемости (КСб), который рассчитывается по уравнению зависимости (регрессии): $КСб = СВ + 8x(С:Б)$. Также рассчитывался минимальный необходимый уровень сухого вещества для получения стабильного силоса (без масляной кислоты) [10].

В табл. 1 представлены данные химического состава зеленой массы силфий в зависимости от фазы развития растений и средние показатели за четыре года. Исследованиями установлено, что в фазе стеблевания растений уровень сухого вещества был самым низким (12,8 %) в остальные фазы развития показатели были выше (бутонизация – 15,7 %, цветения – 19,0 %). В фазе стеблевания установлена наиболее высокая концентрация сырого протеина в среднем 12,9 % СВ (по годам от 11,0 % до 14,4 %). Также в эту фазу установлен высокий (55,4 %) уровень безазотистых экстрактивных веществ, жира (3,32 %), золы (12,3 %) и низкое – клетчатки (18,0 %).

Таблица 1. Питательный состав зеленой массы силфий в зависимости от фаз развития растений (среднее 2019–2022 гг.)

Фаза развития растений	Содержание, % на абсолютно сухое вещество					Корм. ед. в 1 кг СВ	ОЭ, МДж/кг в 1 кг СВ	ПП, г/1 КЕ	Каротин, мг/кг
	СП	СЖ	СК	96,5	БЭВ				
Стеблевания	12,9	3,32	18,0	90,1	53,8	1,11	11,7	96,5	77,8
Бутонизация	10,1	2,62	23,3	81,0	54,3	0,93	10,7	90,1	71,6
Цветения	8,1	2,86	27,3	9,3	52,9	0,83	10,2	81,0	67,4

По мере наступления фаз бутонизации и цветения растения показатели химического состава и питательности снижаются. Средние показатели за весь период (два месяца) от начала цветения растений и до окончания цветения силфий получили следующие: сырого протеина (8,1 %), жира (2,86 %), золы (9,3 %) и БЭВ (52,9 %), концентрация сухого вещества (19,0 %) и клетчатки (27,3 %).

Ранее нашими исследованиями было установлено, что с увеличением возраста посевов силфий, в загущенных посевах, из-за формирования большого количества побегов и высыхания нижних листьев в трех–четырёх узлах стебля качество зеленой массы в фазу цветения растений снижается. Из-за высокой доли стеблей в урожае зеленой массы установлено увеличение клетчатки и уменьшение сырого протеина. На третий год жизни в фазе начала цветения растений концентрация сырого протеина в сухом веществе 13,2 %, по многолетним данным – 10,9 % [4].

Наиболее высокая обеспеченность кормовой единицы проворимым протеином (96,5 грамм) была установлена в фазу стеблевания растений (переваримости протеина 83 %). Зеленая масса силфий имеет высокий уровень обменной энергии (11,7 ОЭ, МДж/кг в 1 кг СВ), кормовых единиц (1,11) и каротина (77,8 мг/кг) в фазе стеблевания растений. При наступлении бутонизации и цветения растений показатели обменной энергии (до 10,7 и 10,2 ОЭ, МДж/кг в 1 кг СВ), кормовых единиц (0,93–0,83) и каротина (71,6 и 67,4 мг/кг) снижаются.

Силосуемость – это степень пригодности кормовых культур для консервирования зеленой массы, которая определяется концентрацией сухого вещества и отношением уровня сахара к буферной емкости. Силосуемость зеленой массы определяется спецификой химического состава растений и основными двумя факторами: 1. Уровнем сухого вещества (СВ). 2. Отношением уровня сахара (С) к буферной емкости, т.е. буферности (Б) - (С:Б) (табл. 2). Теория «сахарного минимума» (буферность $\times 1,7$) отражает лишь уровень влияния одного (второго) фактора (С:Б) и действительна при уровне СВ, близком к 25 %, который соответствует оптимальному для силосования свежескошенного сырья. Она не учитывает влияние другого, изменяющегося фактора, уровня сухого вещества (СВ). Уровень изменяется не только по мере вегетации растений, но и в результате проявлявания. В ранние фазы вегетации, силосуемость культур ухудшается из-за низкого уровня сухого вещества (10–15 %).

Таблица 2. Требования при оценке силосуемости зеленой массы

№ п/п	Показатели силосуемости	Оценка силосуемости		
		отсутствие	трудная	хорошая
1	Содержание сахара (С)	х	х	х
2	Буферность (Б)	х	х	х
3	Сахаро-буферное отношение (С:Б):			
	- при уровне сухого вещества 10%	менее 2,5	2,5–4,0	более 4,0
	- при уровне сухого вещества 15%	менее 2,2	2,2–3,5	более 3,5
	- при уровне сухого вещества 25%	менее 1,1	1,1–1,7	более 1,7
4	Коэффициент сбраживаемости: КСб = СВ % + 8(С:Б)	менее 35*	35–44	45 и более
	* При КСб менее 25 обычные химические консерванты (в рекомендуемых дозах) не в состоянии обеспечить получение силоса, свободного от масляной кислоты.			

Для достижения успеха силосования требуется более высокое сахаро-буферное отношение (С:Б) по сравнению с оптимальным для силосования уровнем сухого вещества – около 25 %. Проявление кормовых растений в ранние фазы вегетации является основным фактором улучшения силосуемости. У каждого растения, с учетом указанных выше показателей можно определить необходимый минимальный уровень СВ (СВmin), обеспечивающий получение стабильного силоса (без масляной кислоты) [10].

В результате исследований было установлено, что концентрация сухого вещества, сахаров и показатели силосуемости зеленой массы силфий зависели от фазы развития растений (табл. 3). Сухое вещество увеличивалось от фазы стеблевания растений (13,5 %) к фазе окончания цветения (23,9 %, фаза цветения корзинок 4–5 порядка дихазия). Максимальный уровень сахаров (17,0 %) установлен в фазе массового цветения растений. Одновременно отмечается снижение буферности (до 5,6) вследствие уменьшения доли листьев (из-за высыхания) в структуре урожая зеленой массы по мере старения растений.

Таблица 3. Показатели силосуемости зеленой массы силфий в зависимости от фазы развития растений

Фаза развития растений	Содержание, % на абсолютно сухое вещество		С:Б	СВ, %	КСб	СВmin
	Сахар (С)	Буферность (Б)				
2019 г.						
Стеблевание	11,4	6,8	1,67	13,5	26,9	31,6
Бутонизация	19,2	5,5	3,49	17,5	45,4	17,1
Начало цветения	17,4	6,2	2,81	17,0	39,5	22,5
Цветения	19,3	5,0	3,86	18,7	49,6	14,1
Окончания цветения	17,2	5,5	3,13	23,2	48,2	19,9
2020 г.						
Стеблевание	16,4	6,91	2,39	12,8	31,8	25,8
Бутонизация	15,6	6,01	2,59	13,2	33,9	24,2
Начало цветения	14,6	5,75	2,57	15,5	36,0	24,2
Цветения	15,0	5,0	2,99	16,5	40,7	21,1
Окончание цветения	15,3	5,2	3,00	20,5	39,3	21,0
Отава	11,6	10,2	1,14	15,5	24,6	35,9
2021 г.						
Стеблевание	15,0	8,7	1,72	15,1	28,9	31,2
Бутонизация	13,9	6,9	2,01	19,2	35,3	28,9
Начало цветения	19,0	6,5	2,92	22,3	45,7	21,6
Цветения	14,2	6,9	2,06	24,2	40,7	28,5
Окончание цветения	12,6	6,6	1,91	23,3	38,6	29,7
Отава	10,3	7,5	1,37	18,4	29,4	34,0
2022 г.						
Стеблевание	13,0	7,9	1,65	12,4	25,6	31,8
Бутонизация	14,5	6,5	2,23	14,5	32,3	27,2
Начало цветения	13,8	5,7	2,42	19,1	38,5	25,6
Цветения	-	-	-	-	-	-
Окончание цветения	14,5	5,4	2,69	28,6	50,1	23,5
Отава	15,6	7,7	2,03	19,4	35,6	28,8
Среднее						
Стеблевание	14,0	7,6	1,86	13,5	28,3	30,1
Бутонизация	15,8	6,2	2,58	16,1	36,7	24,4
Начало цветения	16,2	6,0	2,68	18,5	39,9	23,5
Цветения	17,0	5,6	2,97	19,8	43,7	21,2
Окончание цветения	14,9	5,7	2,68	23,9	44,1	23,5
Отава	12,5	8,5	1,51	17,8	29,9	32,9
Примечание: при уровне СВ в зеленой массе около 15% она хорошо силосуется при С:Б – более 3,5 ; трудно – 2,2–3,5, не силосуется вообще – при С:Б – менее 2,2.						

Наибольший коэффициент сбраживаемости (39,9–44,1) установлен в фазу цветения сивльфии, высокий уровень сахаров (16,2–17,0 %) – в период фаз начала цветения и цветения растений, сухого вещества (23,9 %) – в фазу окончания цветения растений. Наибольшее сахаро-буферное отношение было в фазу цветения растений (3,0), наименьшее – в фазу стеблевания (1,8). При содержании сухого вещества 15 % и при показателях С:Б менее 2,2 зеленая масса сивльфии не силосуется. При содержании сухого вещества 23,9 % в конце цветения растений установлен наибольший коэффициент сбраживаемости (КСб=44,1). При уровне коэффициента сбраживаемости 45 и более зеленая масса силосуется хорошо. Отава сивльфии имеет низкий коэффициент сбраживаемости (1,5) поэтому ее лучше использовать на зеленый корм.

В условиях жаркого и засушливого лета (2021 г) уровень сухого вещества сивльфии был наиболее высоким, из-за чего получен высокий коэффициент сбраживаемости. Максимальное его значение (КСб = 45,7) было выявлено в фазе начала цветения растений, характеризуя сивльфию как хорошо силосуемую культуру. В дождливый прохладный год (2020) наибольший коэффициент сбраживаемости также приходился на эту фазу, однако этот показатель (КСб = 36) был низким, означая трудности при силосовании культуры.

Таким образом, свежескошенная зеленая масса сивльфии в фазе начала цветения растений из-за повышенной влажности зеленой массы может быть трудносилосуемой, поэтому для получения стабильного силоса (без масляной кислоты) необходимо в процессе силосования использовать измельченную овсяную солому, подвяленные травы и консерванты.

Заключение

В условиях Витебской области сивльфия на зеленый корм может использоваться в период фаз стеблевания–начало цветения растений в рационах крупного рогатого скота, в том числе высокопродуктивных животных. Наибольшая концентрация сырого протеина (12,9 %) и каротина (77,8 мг/кг), уровень обменной энергии (11,7 МДж/кг в 1 кг СВ) и кормовых единиц (1,11) установлены в фазе стеблевания растений, сухого вещества (23,9 %) в фазе окончания цветения, сахаров (16,2–17,0 %) – в период фаз начало цветения растений и цветения. От фазы стеблевания (18,0 %) к фазе цветения растений (27,3 %) количество клетчатки увеличивается, оставаясь в пределах уровня близкого к оптимальному.

У сивльфии в ранние фазы вегетации (период фаз стеблевания – бутонизация растений) зеленая масса из-за высокой влажности трудно силосуется, поэтому перед ее консервированием необходимо провяливать или использовать в качестве зеленого корма. Отава второго укоса сивльфии имеет низкий коэффициент сбраживаемости, поэтому ее лучше использовать на зеленый корм. Наибольший коэффициент сбраживаемости (39,9–44,1) установлен в фазу цветения сивльфии. Максимальное сахаро-буферное отношение было в фазу цветения растений (3,0), минимальное – в фазу стеблевания (1,8).

В сырьевом конвейере сивльфия может использоваться на силос в фазе цветения растений (период фаз цветения корзинок 1-го порядка дихазия – цветения корзинок 5-го порядка) длительное время. Зеленую массу на силос лучше убирать в фазе начала цветения растений (цветение корзинок 1-го порядка дихазия), так как в это время высокая концентрация сахаров, протеина и наибольший урожай зеленой массы. По совокупности показателей (среднее за период цветения растений: сахара – 16,2 %, обменной энергии – 10,2 МДж/кг в 1 кг СВ, кормовых единиц – 0,83, сырого протеина – 8,1 %, каротина – 67,4 мг/кг) сивльфия имеет хорошее качество зеленой массы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов, А. А. Сивльфия пронзеннолистная в кормопроизводстве / А. А. Абрамов; Центральный ботанический сад им. Н. Н. Гришко. – Киев: Наукова думка, 1992. – 155 с.
2. Вавилов, П. П. Новые кормовые культуры / П. П. Вавилов, А. А. Кондратьев. – Москва: Россельхозиздат, 1975. – 351 с.
3. Емелин, В. А. Биология и технология возделывания сивльфии пронзеннолистной на корм и семена в Витебской области: рекомендации / В. А. Емелин, Б. В. Шелюто, Н. И. Гавриченко. Витебск: ВГАВМ, 2022. – 37 с.
4. Емелин, В. А. Приемы технологии возделывания сивльфии пронзеннолистной на кормовые цели в условиях Витебской области / В. А. Емелин. – Витебск: ВГАВМ, 2017. – 56 с.
5. Заяц, Л. К. Решение проблем производства кормового белка – важнейший резерв укрепления аграрной экономики / Л. К. Заяц // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 1. – С. 3–5.
6. Корзун, О. С. Экологические аспекты кормопроизводства: пособие / О. С. Корзун, А. С. Бруйло. Гродно: ГГАУ, 2013. – 143 с.
7. Медведев, П. Ф. Кормовые растения Европейской части СССР / П. Ф. Медведев, А. М. Сметанникова. – Ленинград: Колос, 1981. – 336 с.
8. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / МСХ СССР, ВНИИК им. В. Р. Вильяма. – М., 1983. – 197 с.

9. Моисеев, К. А. Малораспространённые силосные культуры / К. А. Моисеев, В. С. Соколов, В. П. Мищуров. – Ленинград: Колос, 1979. – 328 с.
10. Отчет о НИР по теме договора № 1/ИФ-5/2019 (заключ.) / «Разработать эффективные приемы возделывания и размножения силфий пронзеннолистной на зеленый корм, силос и семена в почвенно-климатических условиях Витебской области»: УО Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины; рук. В. А. Емелин; исполн.: В. В. Петров, С. С. Цвырко, М. М. Алексин, О. Ф. Ганущенко, А. К. Глод, М. А. Трофименко, О. А. Володченко. – Витебск, 2022. – 153 с. – Рег. № 20193013.
11. Павлов, В. С. Новые и малораспространенные кормовые культуры / В. С. Павлов; Ленинградский ветеринарный институт. – Ленинград, 1974. – 49 с.
12. Переваримость кормов / М. Ф. Томмэ [и др.]; Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук, Всесоюзный научно-исследовательский институт животноводства. – Москва: Колос, 1970. – 463 с.
13. Привалов, Ф. И. Стратегия развития кормопроизводства до 2020 года / Ф. И. Привалов // Земледелие и защита растений, 2017. – № 1. – С. 6–8.
14. Сидоров, Ф. Ф. Силосные культуры. Северо-Запад РСФСР / Ф. Ф. Сидоров. – Ленинград: Лениздат, 1972. – 155 с.
15. Степанов, А. Ф. О продуктивности и питательной ценности силфий пронзеннолистной в условиях Западной Сибири / А. Ф. Степанов, М. П. Чупина // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2015. – № 9. – С. 40–47.
16. Ткаченко, Ф. М. Силосные культуры / Ф. М. Ткаченко, А. П. Сеницына, Г. В. Чубарова. – Москва: Колос, 1974. – 287 с.
17. Утеуш, Ю. А. Новые перспективные кормовые культуры / Ю. А. Утеуш; Академия наук Украины, Центральный республиканский ботанический сад. – Киев: Наукова думка, 1991. – 192 с.
18. Чупина, М. П. Аминокислотный, макро- и микроэлементный состав силфий пронзеннолистной / М. П. Чупина, А. Ф. Степанов // Главный зоотехник. – 2015. – С. 25–30.

СРЕДСТВО ДЛЯ БОРЬБЫ С МУРАВЬЯМИ НА ПРИУСАДЕБНЫХ УЧАСТКАХ НА ОСНОВЕ ДИГИДРАТА СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ И НЕФТЯНЫХ ШЛАМОВЫХ ОТХОДОВ

О. Г. ГОРОВЫХ, К. Ф. САЕВИЧ

Общество с ограниченной ответственностью «Белспецкомилект»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220070

(Поступила в редакцию 21.10.2023)

В статье рассмотрены популярные средства борьбы с муравьями. Отмечено, что все эти средства содержат в своей основе инсектициды, что небезопасно как для человека, так и для окружающей среды. Все представленные на рынке средства для борьбы с муравьями направлены на уничтожение членистоногих, в то время как они имеют свою незаменимую роль в экосистемах. Поэтому для освобождения приусадебных участков от муравьев, без их уничтожения, рассматривается разработанный авторами репеллент, который включает неорганическую часть, являющуюся адсорбентом для высокомолекулярных смол, асфальтенов и асфальтеновых кислот, а именно: мелкодисперсный дигидрат сульфата кальция и органическую часть, состоящую из шлама, образующегося при механической очистке вертикальных стальных резервуаров после хранения в них сырой нефти месторождения Приграничное. Приведены полученные авторами характеристики нефтяного шлама (влажность, содержание летучих соединений, плотность, растворимость), а также содержание отдельных составляющих и методики, используемые для определения данных показателей. Дигидрат сульфата кальция получается из фосфогипса – отхода Гомельского химического завода – с такими характеристиками, как дисперсность не более 100 мкм и влажность не более 0,01 % масс, что достигается при использовании флеш-сушилки. Представлена последовательность приготовления рассматриваемого репеллента от муравьев и примеры его апробации (применения) на приусадебных участках в нескольких областях Беларуси.

Ключевые слова: пестициды, садовые муравьи, приусадебные участки, нефтяные шламы, фосфогипс, мелиорант.

The article discusses popular means of fighting ants. It is noted that all these products contain insecticides, which is unsafe for both humans and the environment. All ant control products on the market are aimed at killing arthropods, while they have their irreplaceable role in ecosystems. Therefore, to free household plots from ants, without destroying them, a repellent developed by the authors is considered, which includes an inorganic part, which is an adsorbent for high-molecular resins, asphaltenes and asphaltenic acids, namely: fine calcium sulfate dihydrate, and an organic part consisting of sludge formed during mechanical cleaning of vertical steel tanks after storing crude oil from the Prigranichnoye field. The characteristics of oil sludge obtained by the authors (humidity, content of volatile compounds, density, solubility), as well as the content of individual components and methods used to determine these indicators are presented. Calcium sulfate dihydrate is obtained from phosphogypsum – a waste product from the Gomel Chemical Plant with such characteristics as dispersion of no more than 100 microns and moisture content of no more than 0.01 % by weight, which is achieved using a flash dryer. The sequence of preparation of the ant repellent in question and examples of its testing (application) on household plots in several regions of Belarus are presented.

Key words: pesticides, garden ants, garden plots, oil sludge, phosphogypsum, ameliorant.

Введение

В последнее время остро встает проблема подавления численности муравьев, обитающих на приусадебных участках: грядках, лужайках, под деревьями и кустарниками, в теплицах, палисадниках, террасах и других хозяйственных постройках, включая жилые помещения. Муравьи – необходимое звено в экологической системе, однако именно на приусадебных участках вред, который они наносят, наиболее заметен и раздражает садоводов. Муравьи вредят культурным, фруктовым и декоративным растениям, уничтожая их корневища. Перемещаясь по растениям, муравьи могут переносить грибковые и бактериальные инфекции, вызывающие болезни овощей и декоративных культур, что приводит к снижению как урожая, так и качества получаемой продукции, особенно ягодных культур. Муравьи раскисляют почву, что требует дополнительного известкования участков, на которых они расселились. Быстрая скорость размножения, частое деление семьи муравьев обеспечивает им выживание после процедур уничтожения, и они продолжают интенсивно заселять огородные и садовые участки.

В настоящее время разработано и используется достаточно много средств для борьбы с садовыми муравьями. В [1] описан состав, включающий порошок буры/борной кислоты и яичный желток в следующем соотношении: на один желток 40–60 г буры/борной кислоты. Метод основан на заглатывании насекомыми приманки, приводящей к обезвоживанию организма насекомого под действием буры/борной кислоты. Средство имеет недостатки: а) доступ к буре небезопасен для домашних и диких животных и птиц, хотя бура в малых дозах и не является ядовитым веществом (ЛД₅₀ для крыс 2,66 г/кг) [2], б) через несколько недель после обработки муравьи возвращаются, что приводит к необходимости повторной и многократной обработки.

Известны также составы для борьбы с муравьями, где в качестве инсектицидной компоненты используются такие органические вещества, как диазинон [3], бендискарб [4], хлорпирифос [5], гидрометилнон или их смеси, а также пропетафос, флуваменат, хлортерофос [4], ципермитрин, цигалотрин, дифлутрин, фенвалерат [6], бифентрин, этофенпрокс, трапаментрин или их смеси, причем в качестве приманок могут быть использованы мед, ореховое и иные масла [6], крахмал, лактоза и т.д. Опрос специалистов, реализующих средства против муравьев в Минской, Витебской и Гродненской областях показал, что наибольшей популярностью из предлагаемых торговлей препаратов пользуются – «Гром-2» (средство для защиты садовых растений от муравьев) выпускается российской Фирмой «Зеленая Аптека Садовода» и препарат «BROS», производящийся в Польше, которые содержат соответственно диазинон и хлорпирифос. Диазинон блокирует выработку фермента, отвечающего за работу нервной системы муравьев. У них начинаются судороги, приводящие к параличу и гибели. К тому же он активно всасывается корневой системой растений и защищает их от вредителей в течение 2–3 недель. Но диазинон высокотоксичен для млекопитающих, птиц, водных беспозвоночных, донных микроорганизмов, умеренно токсичен для рыб. В [7] приведены результаты анализа воздействия инсектицида на основе диазинона на дождевых червей – одного из главных гумусобразующих элементов почвы, которые показали, что препарат оказывает высокотоксичное действие. При производственной концентрации (3 г/м²) на третьи сутки живых дождевых червей оставалось только 60 %. А для медоносной пчелы диазинон при контактном и кишечном действии высокотоксичен [8, 9]. Даже при самой низкой норме применения диазинона 0,5 кг/га в форме препарата «Ба-зудин», его отложения на соцветиях растений делают их опасными для медоносной пчелы в течение 3,0 суток, а для самок пчелы-листореза – 5,5 суток. Контакт пчел-сборщиц с обработанными диазиноном растениями только в день его применения приводит к гибели 4,5 % особей в семьях [10]. Основными продуктами трансформации инсектицида в почве являются пиримидинолы, которые имеют длительный цикл полураспада (DT50 составляет 124–131 дней) [11]. Стоит отметить, что влияние продуктов распада пестицидов на объекты природной среды на данный момент изучено недостаточно по причине сложных вариантов их взаимодействия с элементами основных компонентов биотопа и с другими химическими соединениями [12]. Продукты распада также небезопасны для живых организмов. Хлорпирифос попадает в организм насекомых через дыхательную систему и парализует нервную систему. В почве химикат удерживается в течение 110–120 дней, а против вредителей он остается эффективным около 1–2 месяцев. Хлорпирифос также высокотоксичен для млекопитающих, птиц, рыб, донных микроорганизмов и водных беспозвоночных, то есть после каждого дождя идет интенсивная миграция хлорпиррофоса и активное отрицательное воздействие на водные объекты. Таким образом, применение его является небезопасным для окружающей среды, также как и сами производства, выпускающие пестициды. Как указывает Шильникова Н. В. [12], «избыточное и несбалансированное применение пестицидов, необходимых для защиты агрофитоценозов от вредителей, приводит к загрязнению природной среды».

Известно, что углеводородные растворители помогают в уничтожении насекомых [13], однако они огнеопасны, дорогостоящи, легко испаряются и теряют при испарении свой эффект. В Derwent HU–A–462649 указано, что количество алифатического углеводорода в таких средствах составляет 30–45 % масс, а в воздух переходит до 50 % масс от общего содержания углеводородной компоненты.

Анализ литературных данных и практики применения различных приманок с инсектицидами показывает, что с их помощью далеко не всегда удается избавиться от муравьев даже в помещении, не говоря уже об открытых пространствах, а многократное применение приводит к небезопасному накоплению инсектицидов в почве. Таким образом, существует необходимость в усовершенствовании средств для борьбы с садовыми муравьями с использованием углеводородов, пригодных для применения в условиях садового участка.

Цель исследования: разработка средства (репеллента) для борьбы с муравьями на приусадебных участках на основе дигидрата сульфата кальция и нефтяных шламовых отходов, которое безопасно и малотоксично для человека и животных.

Основная часть

При разработке репеллента от садовых муравьев использовались:

А) *Нефтяной шлам*, образующийся при механической очистке (вручную скребком) вертикальных стальных резервуаров после хранения в них в течение 2 лет сырой нефти месторождения Приграничное, находящегося в северной части Прикаспийской впадины, недалеко от г. Уральск (Республика Казахстан). Образовавшийся при очистке шлам в дальнейшем хранился в кубовых пластмассовых контейнерах примерно 1,5 года. Взятый на исследование шлам представлял собой однородную

субстанцию черного цвета, по консистенции напоминающую мягкий пластилин. Обычно нефтяные шламы – это сложные системы, состоящие из органической части, воды и минеральной части (песка, глины, ила, продуктов коррозии резервуаров), в среднем нефтяные осадки содержат (% масс), органическая часть 10–15, вода 30–85, твердые 13–46 [14], и при этом их состав коррелирует с составом нефти данного месторождения. Нефть месторождения Приграничное относится к малосмолистым 4,1–7 %, со следами сульфидов и асфальтенов [15]. Органическая часть – это сложная смесь углеводородов (парафины, нафтены, алкилбензолы, нафталины) и неуглеводородных соединений (гетероатомные: смолы и асфальтены). В резервуарах образуются шламы, представляющие собой водно-масляную эмульсию, которая при хранении подвергается преобразованию, приводящему к потере легких летучих фракций, осмолению и окислению, в результате протекания реакций окисления, полимеризации, поликонденсации. В общем повышается содержание карбенов, карбоидов, масел и смол тяжелой нефтяной фракции. Парафиновый ряд нетоксичен для живых организмов, в то время как смолы и асфальтены определяют агрессивность шлама. В состав смол и асфальтенов входят полициклические ароматические соединения, содержащие серу, кислород, азот и микроэлементы. Микроэлементы включают как нетоксичные – железо, магний, кремний, кальций, фосфор и т.д., так и токсичные – ванадий, никель, кобальт, свинец, медь, ртуть, молибден и др.

Б) *Фосфогипс* – отход производства экстракционной фосфорной кислоты, продукции ОАО «Гомельский химический завод» (ГХЗ). Ежегодно на ГХЗ образуется 650–800 тыс. т твердых отходов фосфогипса [16], а общее количество отходов фосфогипса на ГХЗ по состоянию на 2022 год оценивается в 23,06 млн тонн [17, с.100].

Для получения дигидрата сульфата кальция из фосфогипсовых отходов проводили удаление сорбционной воды, т.к. влажность отвального фосфогипса составляет 13–28 %, и в таком состоянии он непригоден для приготовления средства для отпугивания муравьев. Удаление сорбционной влаги из фосфогипса осуществлялось на флеш-сушилке до остаточной влажности не более 0,01 % масс. Выбор фосфогипса был обусловлен его мелиоративными и адсорбционными свойствами. Асфальто-смолистые вещества, как соединения ненасыщенные и содержащие группы атомов с большой химической энергией, удерживаются на поверхности твердых адсорбентов: отбеливающих глин, силикагеля, окиси алюминия и т.д. Именно для адсорбционного удержания высокомолекулярных органических веществ и был выбран мелкодисперсный дигидрат сульфата кальция.

Влажность дигидрата сульфата кальция определяли с использованием анализатора влажности «Элвиз-2С», в котором реализован термогравиметрический экспресс-метод. Концентрация воды в шламах определялась по методу Дина-Старка [18]. Количество влаги и летучих компонентов в шламах определяли по [19]. Анализ углеводородного состава проводили согласно методике количественного определения смолистых и асфальтеновых веществ по Маркуссону.

Свободные асфальтеновые кислоты выделяли последовательным растворением в бензоле, а затем добавляли этиловый спирт. Асфальтеновые кислоты остаются в растворе, а асфальтены, смолы и масла выпадают в осадок. Содержание асфальтеновых кислот в бензольно-спиртовом растворе определяли титрованием. Осадок после добавления спирта отфильтровывали и растворяли в бензоле и постепенно приливали бензин. При этом асфальтены выпадают в осадок. Осадок отфильтровывали, промывали на фильтре бензином и сушили. Раствор после отделения асфальтенов упаривали. После упаривания вычисляли содержание асфальтеновых кислот, асфальтенов и суммы нейтральных смол и масел.

Установлены следующие характеристики нефтяного шлама месторождения Приграничное:

влажность $W= 19\pm 1$ %; плотность $\rho=0,92\pm 0,02$ г/см³; pH водной вытяжки – 7,5; растворимость в 100 г растворителя: в ацетоне – 1,9 г, керосине – 5,4 г, бензине 2,3 г; содержание твердых нерастворимых 39±1 %; содержание асфальтенов – 0,25 %; нейтральных смол – 5,0 %; асфальтеновых кислот – 0,27 %; летучих – 12 %.

Минеральная часть шлама содержит следующие компоненты (% масс. от массы твердых компонентов): SiO₂ (кварцевый песок) – механическая примесь, приносимая извне, около 20; Fe₂O₃ и Fe(OH)₃ – 70; RO – двухвалентные металлы, примерно 10.

Учет количества муравьев проводили как визуально, так и с использованием следующей методики. На территории, где был вскрыта колония муравьев, помещали тонкий отрезок твердой бумаги длиной 5 см. Фотографировали данный участок, где находился отрезок бумаги, цифровым фотоаппаратом. Обработывали поверхность средством от муравьев и проводили фотографирование участка с размещенным отрезком бумаги через 10, 20 и 30 минут. С использованием фоторедактора Photoshop обозначали участок со стороной 5 см и подсчитывали на нем количество муравьев. Повторностей на садовом

участке на одних видах муравьев – от 3 до 10 (в зависимости от обнаруженных хозяевами участка муравьиных колоний). При достижении числа муравьев не более 2, считали акт отпугивания положительным.

Приготовление отпугивающего муравьев состава в виде порошка:

1. Порцию нефтяного шлама, образовавшегося при механической очистке стенок резервуаров, смешивали с дигидратом сульфата кальция в соотношении по массе 1:5.
2. Смесь гомогенизировали с использованием лабораторной мельницы до образования однородной рассыпчатой массы.
3. Полученную массу просеивали через сито с размером ячеек 1000 мкм.
4. Оставшиеся на сите крупные частицы (больше 1000 мкм) дополнительно измельчали с добавлением 10 % масс дигидрата сульфата кальция от массы непросеянной фракции, и затем еще раз просеивали через сито 1000 мкм.

Для проверки фитотоксичности состава для муравьев были проведены дополнительные исследования опираясь на ГОСТ Р ИСО 22030-2009 [20]. В качестве тест объекта был выбран овес посевной (*Avena sativa* L), семена которого предварительно калибровали, исключая использование некачественных. Использовалось естественное освещение, расстояние от окна 25 см, для исключения влияния искусственного светового потока на всхожесть тест-семян. Температура в лаборатории колебалась в интервале 21,0–21,8 °С. Опыты проводились в январе.

В качестве вегетационных сосудов использовали полимерные прямоугольные емкости размером 12x17x см², объемом (рис. 1.).



Рис. 1. Емкости для биотестирования

В каждую емкость поместили по 400±0,5 г земли (земля для овощных культур приобретена в магазине) уплотнили и на поверхность двух лотков внесли по 0,5 г средства от муравьев (рис. 2.). Влажность почвы исходная 51,2±0,7 %. Контроль два лотка с незагрязненной нефтью почвой.



Рис. 2. Почва с нанесенным на поверхность средством для отпугивания муравьев

Средство для отпугивания муравьев тщательно перемешали на глубину 3 см, контроль глубины осуществлялся глубиной погружения перемешивающей вилки (зубья). Затем сформировали углубления с использованием приспособления для обеспечения одинаковой глубины равной 2,5 см, через 2,5 см. В каждый лоток равномерно высадили 36 семян, по 6 семян в каждом ряду (рис. 3.)



Рис. 3. Посев семян овса в лотки

Полив производили по объему, 50 мл водопроводной воды распылили равномерным слоем по поверхности почвы в лотке, используя распылитель. Для выравнивания условий освещения лотки ежедневно перемещали, меняя местами со сдвигом на один лоток влево, и вращая их на 180 ° по часовой стрелке.

По истечении 7 суток (рис. 4) были извлечены вместе с корнями 13 растений из контрольных лотков и 13 из лотков, содержащих средство для муравьев. Все растения имели по три корешка, центральный и два меньших размеров. Через 14 дней и через 21 день срезали по 6 ростков в каждом контейнере, определяли их длину и сухую массу. Через 28 дней срезали все оставшиеся ростки и определили также их длину и массу. Затем извлекли все корни, промыли и определили сухую массу, полученные данные внесли в таблицу.



Рис. 4. Ростки овса в лотках

Результаты определения длины и сухой массы корней и ростков для оценки фитотоксичности средства для отпугивания муравьев

Номер лотка	Наличие средства для муравьев	Число дней /Количество растений						
		7/13		14/12	21/12	28/34	/58	
		Средняя длина, см						
		побеги	корни	побеги		корни		
1		2,6	9,3	17,3	17,4	14,2	-	-
2		2,6	11,9	17,1	16,8	16,6	-	-
1+2		2,6	10,5	17,2	17,1	15,4	-	-
3	+	2,9	12,7	18,5	18,5	15,2	-	-
4	+	2,6	12,5	17,7	18,0	13,7	-	-
3+4*	+	2,8	12,6	18,1	18,3	14,5	-	-
		Сухая масса, г						
1+2		0,0410	0,0260	0,1338	0,1224	0,3375	0,6347	1,1319
3+4*	+	0,0441	0,0287	0,1416	0,1490	0,3639	0,6986	1,3904

*3 растения имели уже четвертый корешок.

Результаты, приведенные в таблице, показывают, что итоговая масса побегов оказалась на 10 % больше массы побегов в контрольных лотках (без внесения средства от муравьев), а масса корней на 23 % больше, чем массы корней в контрольных посевах. Длина корней и побегов также превышала аналогичные показатели контрольных посевов овса. На основании проведенных исследований можно делать вывод об отсутствии фитотоксичности разработанного средства от муравьев.

Средство для борьбы с садовыми муравьями наносили на вскрытые места обитания насекомых. При нанесении средства на обрабатываемую поверхность его максимально равномерно распределяли по поверхности, одновременно перемешивая с верхним слоем почвы на глубину около 5 см садовым инструментом, расход средства не более 40 г/м², содержание углеводов составляет не более 4,2 г/м², причем они находятся в адсорбированном дигидратом сульфата кальция состоянии, что позволяет резко снизить скорость десорбции не углеводородных компонентов в почву, но обеспечить отпугивание муравьев с данной территории.

Уход муравьев с обработанной территории осуществляется примерно в течение 30 минут после нанесения средства на почву. Трупов муравьев на данной площади, при наблюдении в течение двух недель, не обнаружено.

Как показали исследования, активность препарата сохраняется длительное время. Муравьи не образуют колоний на обработанных местах в течение 2–3 месяцев. Средство для борьбы с садовыми муравьями вносили в муравейники, расположенные на грядках, под кустами и деревьями, под каменными дорожками и камнями на рабатках и горках.

Повторное внесение на обрабатываемую поверхность состава для борьбы с садовыми муравьями в рассматриваемом сезоне не требовалось. Проведено было 85 опытов испытания средства для борьбы с садовыми муравьями. Один опыт – это один муравейник вне зависимости от места его расположения.

Примеры:

Пример 1. Испытания проводили в д. Шилино, Борисовского района, Минской обл. на муравьях *Lasius niger* (данный вид повсеместно встречающихся на садовых участках Беларуси). За основу методики испытаний, была взята методика описанная в [3]. А именно, первоначально в мае месяце 2022 г., грядка размером 1 м на 6 м была засеяна укропом. Всхожесть укропа отсутствовала, возможно из-за наличия колонии муравьев или по другим причинам. При подготовке грядки к посеву огурцов (середина июня), выявлена колония муравьев, расселившаяся по всей длине грядки, с одной стороны. Поверхность земли с колонией муравьев была обработана предлагаемым составом массой 50 г. Муравьи покинули обработанную территорию в течение 15 минут. Через неделю после обработки поверхности предлагаемым составом (середина июня), на этом месте были посеяны семена огурцов. Через 7 дней огурцы взошли со 100 % всхожестью. Муравьев на обработанной территории не было обнаружено в течение 10 недель. Ботва у огурцов развивалась интенсивно.

Пример 2. Под каркасным бассейном поселилась колония муравьев рода мирмика (*Myrmica rubra*), по периметру бассейна провели обработку поверхности земли шириной 15 см (120 г на весь периметр бассейна). Муравьи покинули территорию через 15–20 минут и не вернулись на данное место в продолжении всего лета (более 2 месяцев).

Пример 3. Под дорожками на огороде, покрытыми линолеумом, поселились муравьи (*L. niger*), дорожки сняли и обработали предлагаемым составом (30 г на 100 дм²), и опять накрыли линолеумом. Наблюдения проводили с интервалом в 7 дней в течение 3 месяцев. Муравьи под покрытием больше не поселялись. Во всех случаях вид муравьев устанавливали с использованием определителя муравьев [21].

Внесение состава для борьбы с садовыми муравьями проводили как на поверхность грунта, так и в камерах и галереях с коконами и личинками.

В процессе применения разработанного состава выяснилось, что он может с успехом применяться не только на открытых участках и под посадками плодовых деревьев, но также и около садовых построек: на верандах, в строениях под опалубками, в парниках и теплицах, под плиточными дорожками и т.д.

Использование предлагаемого средства для борьбы с садовыми муравьями имеет *следующие преимущества*: нет необходимости использовать пищевые продукты в виде приманок: мед, сиропы, яйца, муку, отруби, комбикорм и т.д.; оно пожаробезопасно, обеспечивается высокая степень воздействия на муравьев. Возможно введение любых необходимых дезинфицирующих средств, обеспечивающих антимикробную эффективность (активность); производство средства относительно нетрудоемкое; в составе отсутствуют различные ПАВ, содержащиеся в иных средствах для борьбы с муравьями, которые также неблагоприятно воздействуют на биоту почвы.

Заключение

Нефтяные шламы относятся к многотоннажным органоминеральным отходам разнообразным по происхождению. Сложный компонентный состав нефтешламов затрудняет выбор способа их переработки. Однако показана одна из возможностей применения нефтяных шламов для получения

репеллентов, в частности, для садовых муравьев, что позволяет снизить уровень загрязнения окружающей среды пестицидами, не приводит к гибели насекомых, еще на одну ступень приближает реализацию идеи о безотходном производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 2127048 РФ, МПК А 01 М 1/02. Способ борьбы с домашними насекомыми. / А. В. Горбачев; заяв. 30.03.1998; опубл. 10.03.99.
2. Тетраборат натрия. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki>. Дата доступа: 1.12.22.
3. Пат. 2209549 РФ, МПК А 01 N 57/16. Способ борьбы с садовыми муравьями. / А. Н. Близнюк, М. Г. Двухшерстов, И. И. Кронгауз, С. А. Рославцева, Н. А. Хрусталева; заявл. 24.07.2000; опубл. 10.08.2003.
4. Пат. 2166251 РФ, МПК А01М 1/02, А01М 1/14. Средство для борьбы с бытовыми муравьями / А. Е. Зонов; заяв. 07.12.1999; опубл. 10.05.2001.
5. Инсектицидные препараты от муравьев. Режим доступа: <https://stop-pest.ru/insekticidy-preparaty-ot-muravev/?ysclid=lbx94lgian74932991#heading-2>. – Дата доступа 01.12.22.
6. Пат. 2045900 РФ, МПК А01М1/02 Устройство для борьбы с муравьями / Р. Р. Рудольф [US]; заявл. 10.06.1992; опубл. 20.10.1995.
7. Маллябаева, М. И. Оценка воздействия диазинона на некоторые геобионты в Республике Башкортостан / М. И. Маллябаева, Т. В. Тюмкина, Э. М. Зайнутдинова, Л. М. Халилов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2020. – № 2 (124). – С. 120–130.
8. Назаров, С. С. Токсичность фосфорорганических инсектицидов для медоносных пчел / С. С. Назаров, А. И. Илларионов // Агрехимический вестник. – 1978. – № 7. – С. 61–63.
9. Илларионов, А. И. Чувствительность опылителей (*Apis mellifera* L., и *Bombus terrestris* L.) к некоторым инсектицидам / А. И. Илларионов // IX съезд Всесоюзного энтомологического общества: Тезисы докладов. – Киев. – 1984. – С. 198–199.
10. Илларионов, А. И. Экотоксикология пестицидов: учебное пособие / А. И. Илларионов. – Воронеж: ВГАУ, 2016. – 262 с.
11. RuPEST.ru. Пиримидинол. Режим доступа: <http://rupest.ru/ppdb/pyrimidinol.html?ysclid=lc1rjk6e6o212201032>. Дата доступа: 15.12.22.
12. Шильникова, Н. В. Влияние пестицидов на биоценоз почвенного покрова / Н. В. Шильникова, Т. В. Андрияшина // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – №7 (15). – С. 140–144.
13. Пат. 2191508 РФ, МПК А01 N53/00. Микроэмульсия для борьбы с насекомыми и способ борьбы с насекомым / Хагартти Джон Д. (US). заявл. 26.06.1997; опубл. 20.11.2000.
14. Нагорнов, С. А. Исследование состава нефтяных шламов / С. А. Нагорнов, С. В. Романцова, Л. А. Черкасова // Вестник российских университетов. Математика. – 2001. – №1 (6). – С. 26–28.
15. Нефтегазоносная область, Северная часть Прикаспийской впадины. Режим доступа: <https://info.geology.gov.kz/ru/informatsiya/spravochnik-mestorozhdenij-kazahstana/neftegazovye-mestorozhdeniya/item/приграничное?ysclid=lc3b9o2yxq255642987>. – Дата доступа: 15.12.22.
16. Шершнёв, О. В. Оценка воздействия отходов фосфогипса на компоненты окружающей среды / О. В. Шершнёв // Экологический вестник. – 2016. – № 2 (36). – С. 97–103.
17. Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюллетень. / Е. И. Громадская, С. А. Дубенок, С. В. Сушко, Р. В. Михалевич, А. Ю. Кулаков, О. Н. Михан, Д. С. Баканова, М. В. Водейко, Е. А. Ботян, И. А. Полянская; Под общей редакцией к.т.н., С. А. Дубенок. – Минск: РУП «ЦНИИКИВР», 2021. – 150 с.
18. ГОСТ 2477-65 Нефть и нефтепродукты. Методы определения содержания воды.
19. ГОСТ 21119.1-75 Красители органические и пигменты неорганические. Метод определения содержания влаги и летучих.
20. ГОСТ Р ИСО 22030-2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. Дата введения 2011-01-01. М.: Стандартинформ, 2010.
21. Определитель муравьев. Режим доступа: <http://antvid.org>. – Дата доступа: 4.04.22.

МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 631.333:519.711.3(476.6)

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ РАЗБРАСЫВАТЕЛЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

А. И. ФИЛИППОВ

*УО «Гродненский государственный аграрный университет»,
г. Гродно, Республика Беларусь, e-mail: a.fil107@mail.ru*

С. Д. ЛЕЩИК

*УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»,
г. Гродно, Республика Беларусь, e-mail: s.lesh@grsu.by*

К. Л. ПУЗЕВИЧ

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: baa_mgishp@mail.ru*

(Поступила в редакцию 17.08.2023)

В статье приводится анализ рабочего процесса разбрасывателя минеральных удобрений. Выявлено, что параметры процесса разбрасывания (направление, скорость, дальность полета) зависят от многих управляемых факторов, в частности, от параметров диска, а также неуправляемых (случайных возмущений). Основным критерием качества работы дискового разбрасывателя является равномерность разбрасывания удобрения, которая, в частности, зависит от характеристик дискового разбрасывателя (размер, конфигурация, наличие и расположение лопастей и пр.). По данным научных исследований, неравномерность распределения различных доз минеральных удобрений по-разному влияет на потери урожая. Для улучшения качества (равномерности) разбрасывания и, как следствие, повышения урожайности, можно использовать рассеивающие диски различных конструкций (форма диска, диаметр диска, количество ребер, форма ребер, высота расположения над землей). В связи с этим возникает проблема разработки моделей и технологий их реализации, позволяющих исследовать и оптимизировать процесс разбрасывания удобрения в зависимости от различных характеристик дискового разбрасывателя, в частности, по критерию равномерности. Предложена технология компьютерного моделирования и процесса оптимизации результатов разбрасывания удобрения дисковым разбрасывателем в зависимости от параметров процесса и конструктивно-технологических параметров дискового разбрасывателя, основанная на имитационных алгоритмах, реализующих процесс разбрасывания удобрений, а также аналитической модели оптимизации процесса по критерию минимизации неравномерности разбрасывания удобрений. Выполнен анализ результатов разбрасывания в зависимости от параметров процесса. Предложенный программный модуль дает возможность моделировать движение частицы по диску, свободное падение после схода частицы с диска, строить теоретические кривые и картины местоположения точек падения частиц с дисков при поступательном движении машины как с одним диском, так и с двумя, визуализировать плотность посева удобрений с учетом случайных возмущений, а также подсчитывать интегральный показатель качества посева. Результаты данных исследований можно использовать для оптимизации и выбора оптимальных конструктивных параметров дискового разбрасывателя твердых минеральных удобрений.

Ключевые слова: *дисковый разбрасыватель, оптимизация процесса, компьютерное моделирование, удобрения, конструктивно-технологические параметры, имитационно-статистическая модель.*

The article provides an analysis of the working process of a mineral fertilizer spreader. It was revealed that the parameters of the spreading process (direction, speed, flight range) depend on many controllable factors, in particular, on the parameters of the disk, as well as uncontrollable ones (random disturbances). The main criterion for the quality of operation of a disc spreader is the uniformity of fertilizer spreading, which, in particular, depends on the characteristics of the disc spreader (size, configuration, presence and location of blades, etc.). According to scientific research, uneven distribution of different doses of mineral fertilizers has different effects on crop losses. To improve the quality (uniformity) of spreading and, as a result, increase productivity, you can use scattering disks of various designs (disc shape, disk diameter, number of ribs, ribs shape, height above the ground). In this regard, the problem arises of developing models and technologies for their implementation that make it possible to study and optimize the

process of spreading fertilizer depending on the various characteristics of the disc spreader, in particular, according to the uniformity criterion. A technology has been proposed for computer modeling and the process of optimizing the results of spreading fertilizer with a disc spreader depending on the process parameters and design and technological parameters of the disc spreader, based on simulation algorithms that implement the process of spreading fertilizers, as well as an analytical model for optimizing the process according to the criterion of minimizing the unevenness of spreading fertilizers. An analysis of the spreading results depending on the process parameters was carried out. The proposed software module makes it possible to simulate the movement of a particle on a disk, free fall after the particle leaves the disk, construct theoretical curves and pictures of the location of points of falling particles from disks during the forward movement of a machine with both one disk and two, visualize the density of fertilizer sifting taking into account random disturbances, and also calculate the integral indicator of the quality of dispersion. The results of these studies can be used to optimize and select the optimal design parameters of a disk spreader of solid mineral fertilizers.

Key words: *disc spreader, process optimization, computer modeling, fertilizers, design and technological parameters, statistical simulation model.*

Введение

В республике основная машина (более 90 %) для внесения твердых минеральных удобрений состоит из центробежного дискового разбрасывателя, представляющего собой бункер для хранения удобрений, медленно вращающегося пальца-смесителя, задачей которого является перемешивание удобрений без застоя и обеспечение падения на диск, разбрасывающие диски (обычно один или два) и привод, приводящий диски во вращение. Диски также могут иметь разную конструкцию: они могут быть плоскими, сферическими или иметь разное количество лопастей.

Одной из наиболее важных особенностей центробежного дискового разбрасывателя удобрений является то, что ширина разбрасывания намного превышает ширину машины. Это приводит к необходимости перекрывать соседние проходы на определенную величину, отклонения от которой повысят неравномерность внесения удобрений на поле.

Основным критерием качества работы дискового разбрасывателя является равномерность внесения удобрений, которая зависит, в частности, от характеристик дискового разбрасывателя (размеров, конфигурации, наличия и положения лопастей и т. д.). По данным научных исследований, разные дозы минеральных удобрений распределяются неравномерно и по-разному влияют на потери урожая. Для улучшения качества разбрасывания (равномерности) и, следовательно, производительности можно использовать разбрасывающие диски различной конструкции (форма диска, диаметр диска, количество ребер, форма ребер, высота от земли).

В связи с этим стоит задача разработать модели и технологии их реализации, позволяющие изучить и оптимизировать процесс внесения удобрений исходя из различных характеристик дискового разбрасывателя, в частности по критерию равномерности.

Рабочий процесс разбрасывателя характеризуется наличием двух этапов. Первый этап относится к той части процесса, когда частицы удобрения оказываются на рабочей поверхности диска. Второй этап состоит из участка, на котором частицы материала покидают диск после достижения необходимой скорости и свободно летят до момента соприкосновения с поверхностью почвы. Параметры процесса разбрасывания (направление, скорость, дальность полета) зависят от многих управляемых факторов, особенно конструктивных параметров диска, а также неуправляемых факторов (случайных возмущений).

В данной работе предложена и реализована программная методика компьютерного моделирования и оптимизации с учетом как обоих этапов, так и результатов внесения удобрений в зависимости от параметров процесса разбрасывания (без и с учетом случайных возмущений). Результаты распределения были проанализированы на основе параметров процесса.

В основе моделирования лежат имитационные алгоритмы и аналитические модели, разработанные для оптимизации процесса внесения удобрений по критерию минимизации неравномерности разбрасывания согласно конструкции и техническим параметрам дискового разбрасывателя.

Основным критерием качества работы дискового разбрасывателя является равномерность разбрасывания удобрения, которая существенно влияет на урожайность и зависит, в частности, от характеристик дискового разбрасывателя (размер, конфигурация, наличие и расположение лопастей и пр.). В связи с этим возникает проблема разработки моделей, позволяющих исследовать характер равномерности разбрасывания удобрения в зависимости от различных характеристик дискового разбрасывателя, а также выбирать оптимальные параметры разбрасывателя.

Объектом исследования является процесс разбрасывания удобрений дисковым разбрасывателем. Предметом исследования является имитационное и аналитическое моделирование процесса разбрасывания удобрений дисковым разбрасывателем.

Цель работы: разработка и реализация в пакете компьютерной алгебры Maple системы моделей для анализа и оптимизации параметров процесса рассеивания удобрений дисковым разбрасывателем удобрений.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- анализ математической модели работы дискового разбрасывателя удобрений;
- компьютерная визуализация места падения удобрений на землю при поступательном движении машины и подсчет интегрального показателя неравномерности разбрасывания;
- разработка аналитической и компьютерной модели для оптимизации параметров дискового разбрасывателя.

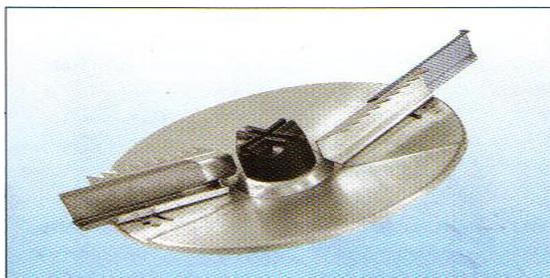
В работе использовались методы оптимизации, а также методы математического моделирования, дифференциального исчисления, имитационного моделирования и компьютерного моделирования.

Основная часть

Основу моделирования составляют разработанные имитационные алгоритмы и аналитическая модель оптимизации процесса разбрасывания удобрения по критерию минимизации неравномерности разбрасывания удобрения в зависимости от конструктивно-технологических параметров дискового разбрасывателя.

Дисковый разбрасыватель удобрений состоит из следующих основных частей: непосредственно разбрасывающий диск (рис. 1) с приводом (рис. 2) и бункер, предназначенный для хранения удобрений во время подкормки почвы [1].

Процесс работы дискового разбрасывателя заключается в следующем. Медленно вращающийся палец-ворошитель (180 об/мин) полностью перекрывает выгрузные отверстия бункера, дно которого изготовлено из высококачественной нержавеющей стали, препятствует забиванию дозирующих окон, обеспечивает свободный без разрушений гранул выход удобрений из бункера. Быстро вращающиеся рассеивающие диски (980 об/мин) сообщают с помощью лопаток гранулам удобрений оптимальную скорость рассеивания. Установка дозы внесения удобрений устанавливает определенный расход удобрений [4, 5, 6, 7].



а) вид сверху



б) вид сбоку

Рис. 1. Разбрасывающие диски дискового разбрасывателя удобрений

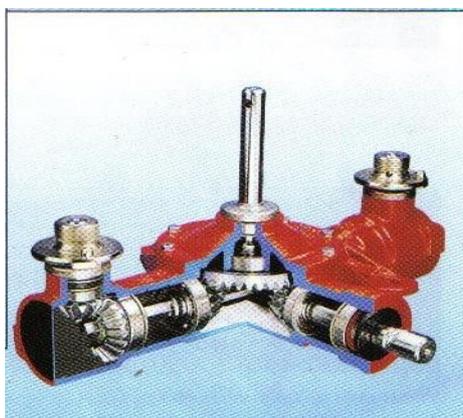


Рис. 2. Привод дискового разбрасывателя удобрений

Характер движения удобрений по разбрасывающему диску зависит не только от выбранного режима работы диска, но и от его конструкции. Разбрасывающие диски могут быть плоскими или коническими, гладкими или с лопастями. Лопастки могут быть прямыми, радиальными или наклонен-

ными относительно радиуса, иногда встречаются изогнутые лопасти. Наиболее широкое распространение получили диски, оборудованные прямолинейными лопастями или ребрами [6, 7, 8].

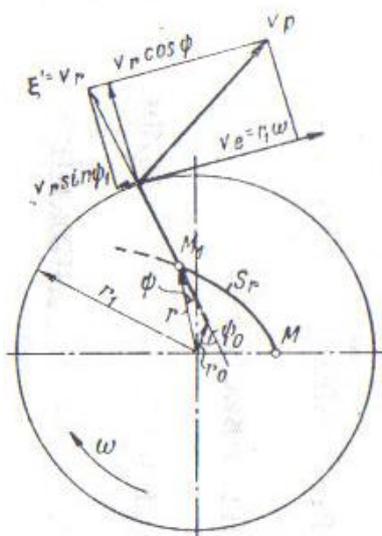


Рис. 3. Характер движения частицы по поверхности вращающегося диска с лопастями

Далее рассмотрим технологический процесс диска с прямолинейными лопастями, расположенными под углом ϕ_0 к радиусу (рис. 3). В таком случае частица материала удобрений подается на диск в точке M с малой скоростью и сначала в относительном движении будет перемещаться по поверхности диска по спиралевидной кривой S_r до встречи с лопастью в точке M_1 . Затем возможны или движение частицы вдоль лопасти, как по направляющей, или упругий удар. В конечном итоге характер движения удобрений зависит от величины угловой скорости диска и от физико-механических свойств материала удобрений.

Порошкообразные удобрения перемещаются по лопастям основного потока, а кристаллические (песок), гранулированные и торфяная крошка часто перемещаются при соударении. Влияние этих эффектов на конечный результат распределения удобрений усиливается при малых скоростях подачи, когда материал достигает лопастей непрерывным потоком и основное взаимодействие частиц осуществляется не с лопастями, а с частицами одного и того же материала.

Теперь рассмотрим свободный полет частиц. Второй этап процесса дискового разбрасывателя начинается, когда частицы покидают конец лопасти или край диска, и продолжается до тех пор, пока частицы не упадут на поверхность почвы. Этот этап технологического процесса находится в непосредственной связи с конечными результатами работы разбрасывателя – качеством распределения удобрений по ширине захвата и его производительностью (рис. 4) [9, 10, 11].

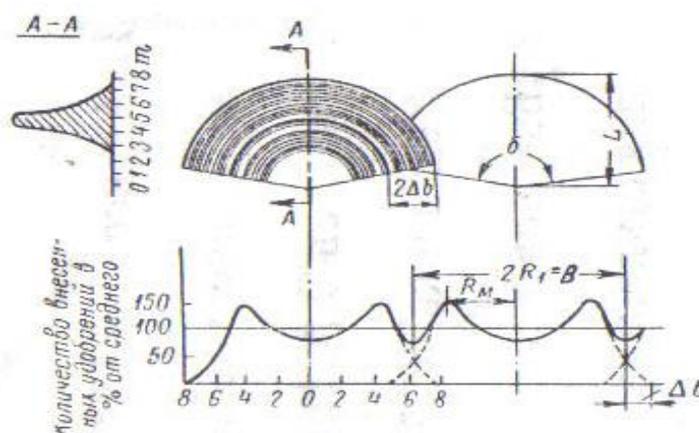


Рис. 4. График распределения удобрений центробежным аппаратом

Рабочий процесс дисков, оснащенных лопастями, характеризуется неравномерным распределением материала по поверхности почвы, поскольку частицы покидают диск не по всему его периметру, а только в тех точках, где расположены концы лопастей. Удобрения разбрасываются отдельными стру-

ями с помощью лопастей и распределяются концентрическими кругами по поверхности почвы. Поскольку лопасти на диске расположены через определенные промежутки и машина постоянно движется вперед, образующиеся круги разброса будут находиться на определенном расстоянии друг от друга. Это указывает на наличие пульсирующей подачи. Чем выше угловая скорость диска, больше количество лопастей и ниже скорость машины, тем меньше влияние пульсации.

Основным критерием качества работы дискового разбрасывателя является равномерность разбрасывания удобрений, которая зависит, в частности, от его характеристик (размеров, конфигурации, наличия и расположения лопастей и т. д.). Согласно научным исследованиям, равномерное внесение разных доз минеральных удобрений по-разному влияет на урожайность сельскохозяйственных культур. Для улучшения качества (равномерности) разбрасывания и, как следствие, повышения производительности могут применяться разбрасывающие диски различной конструкции (форма диска, диаметр диска, количество ребер, форма ребер, высота над землей и т. д.) [8, 9, 10, 11].

В связи с этим возникает задача разработки моделей и технологий их реализации, позволяющих изучить и оптимизировать процесс внесения удобрений в зависимости от различных характеристик дискового разбрасывателя, в частности, по критерию равномерности.

В данной статье рассматривается моделирование плотности рассеивания удобрений без учета случайных возмущений и моделирование расположения удобрений на грунте с учетом угла вылета частицы из диска.

Уравнение движения точки на краю диска радиуса R , вращающегося со скоростью ω выглядит следующим образом (уравнения 1–2):

$$X = R \cos f = R \cos \omega t; \quad (1)$$

$$Y = R \sin f = R \sin \omega t. \quad (2)$$

Построим теоретическую кривую движения точки на краю диска. При $R = 0,4$ м, $\omega = 10bt_e [0..10]$, имеем (рис. 5, 6).

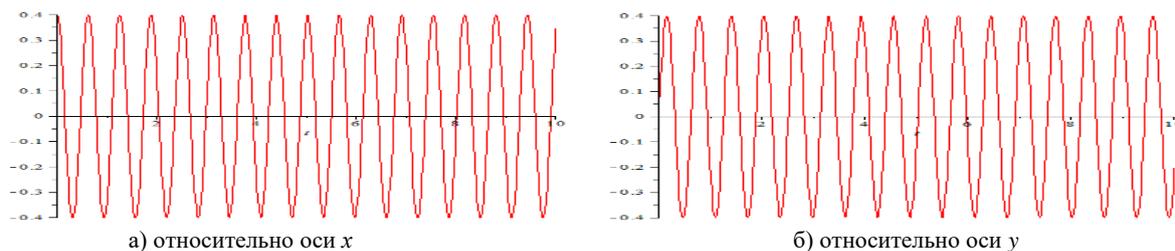


Рис. 5. Теоретическая кривая движения точки на краю диска

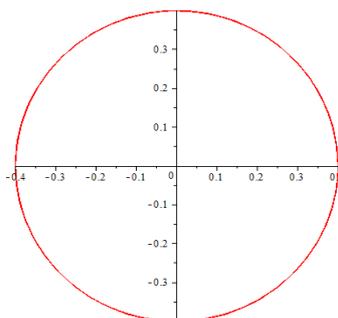


Рис. 6. Теоретическая кривая движения точки на краю диска относительно осей x и y

Построим уравнение движения разбрасываемых частиц после отрыва от края диска радиуса R , вращающегося со скоростью ω , расположенного на машине, которая движется поступательно со скоростью V (от 1,5 до 4 м/сек) в направлении оси y . После отрыва от диска частица летит перпендикулярно касательной к краю диска на расстояние L . Имеем следующие переменные (уравнения 3–4) и выражение (уравнение 5), описывающее процесс:

$$g = 9,8; H = 1; kn = 0,3; vp = 40; \quad (3)$$

$$T = \sqrt{\frac{2H}{g}} T = \sqrt{2} \sqrt{\frac{H}{g}}; \quad (4)$$

$$L = \frac{\log \left[kn \times T + \frac{1}{vp} \right] \log \left[\frac{1}{vp} \right]}{kn} \quad (5)$$

Решая уравнение 5 при начальных $R = 0,4$ м, $\omega = 10bt_\epsilon$ [0..10], получим результат (рис. 7).

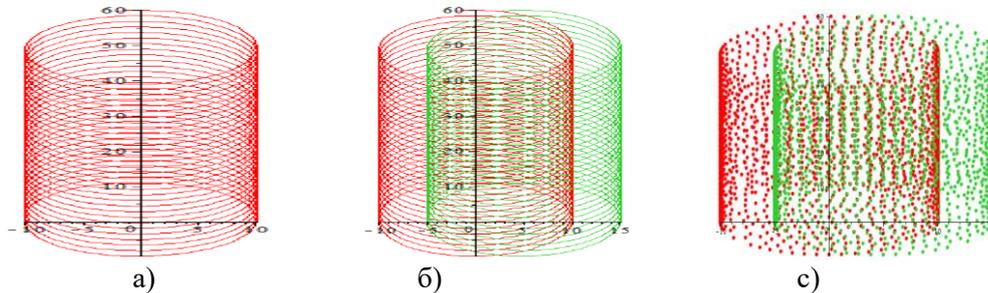


Рис. 7. Теоретическая кривая движения точки на краю диска относительно осей x и y :

а) расположенного на машине, которая движется поступательно с постоянной скоростью, б) без учета погрешности рассева, расположенного на машине с двумя дисками, которая движется поступательно с постоянной скоростью, в) без учета погрешности рассева, расположенного на машине с двумя дисками, которая движется поступательно с переменной скоростью

Заключение

Предложенная и программно реализованная технология компьютерного моделирования оптимизации технологического процесса и результатов внесения удобрений дисковым разбрасывателем в зависимости от параметров процесса внесения удобрений и конструктивно-технологических параметров дискового разбрасывателя, как без, так и с учетом случайных возмущений, основана на имитационных алгоритмах, реализующих процесс разбрасывания удобрений, а также аналитической модели оптимизации процесса разбрасывания по критерию минимизации неравномерности разбрасывания в зависимости от конструктивных и технологических параметров разбрасывания дисковым рабочим органом [17, 18, 19, 20].

Предлагаемый программный модуль позволяет моделировать движение частицы по диску, свободное падение после выхода частицы за пределы диска, строить теоретические кривые и картины расположения точек падения частиц с дисков при поступательном движении машины как с одним диском, так и с двумя, визуализировать плотность рассеивания удобрений с учетом случайных возмущений, а также рассчитать интегральный показатель качества рассеивания.

Результаты этих исследований могут быть использованы для оптимизации и выбора оптимальных конструктивных параметров дискового разбрасывателя твердых минеральных удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сельскохозяйственные машины. Практикум: учеб. пособие / Э. В. Заяц [и др.]; под ред. Э. В. Зайца. – 3-е изд., доп. и испр. Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 494 с.
2. Филиппов, А. И. Дисковый рабочий орган рассеивателя сыпучих материалов / А. И. Филиппов, П. Н. Бычек, В. Н. Салей, С. В. Стуканов // Современные технологии сельскохозяйственного производства : материалы XVII междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 14 марта 2014 г. / Гродненский гос. аграрный ун-т. – Гродно, 2014. – С. 158–160.
3. Цехан, О. Б. Моделирование в системе компьютерной алгебры Mathematica движения частиц удобрения по дисковому разбрасывателю // Современные информационные компьютерные технологии mcIT-2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elib.grsu.by/doc/5534> – Дата доступа: 25.05.2015.
4. Филиппов, А. И. Распределитель сыпучих материалов / А. И. Филиппов, С. Н. Ладутько, В. Н. Салей // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XIV междунар. науч.-практ. конф.: в 2 ч. / Гродненский гос. аграрный ун-т. – Гродно, 2011. – Ч. 1. – С.
5. Филиппов, А. И. Двухдисковый рабочий орган разбрасывателя сыпучих материалов / А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, П. Н. Бычек // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XVI междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 17 мая, 7 июня 2013 г. / Гродненский гос. аграрный ун-т. – Гродно, 2013. – С. 159–161.
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: материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (Минск, 18-20 окт. 2017 г.) / редкол. П. П. Казакевич (гл. ред.), Л. Ж. Кострома. – Минск: Беларуская навука, 2017. – С. 122–125.
7. Ладутько, С. Н. Машина для внесения минеральных удобрений / С. Н. Ладутько, А. И. Филиппов, Э. В. Заяц // Современные технологии сельскохозяйственного производства : материалы XIV междунар. науч.-практ. конф.: в 2 ч. / Гродненский гос. аграрный ун-т. – Гродно, 2011. – Ч. 1. – С. 98–100.
8. Филиппов, А. И. Разбрасыватель сыпучих материалов для сельскохозяйственных машин / А. И. Филиппов, В. Н. Салей, Н. А. Филатова // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XIII междунар. науч.-практ. конф. / Гродненский гос. аграрный ун-т. – Гродно, 2010. – С. 211–212.

9. Филиппов, А. И. К исследованию центробежных рабочих органов для внесения удобрений / А. И. Филиппов, С. Н. Ладутько // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XIII междунар. науч.-практ. конф.: в 2 т. / Гродненский гос. аграрный ун-т. – Гродно, 2010. – Т. 1. – С. 208.
10. Филиппов, А. И. К анализу работы разбрасывателя удобрений РДУ-1,5 / А. И. Филиппов, С. Н. Ладутько, Г. С. Цыбульский // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XIII междунар. науч.-практ. конф.: в 2 т. / Гродненский гос. аграрный ун-т. – Гродно, 2010. – Т. 1. – С. 209–210.
11. Ладутько, С. Н. Рассеивающий диск для внесения гранулированных минеральных удобрений / С. Н. Ладутько, Э. В. Заяц, А. И. Филиппов // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XIII междунар. науч.-практ. конф.: в 2 т. / Гродненский гос. аграрный ун-т. – Гродно, 2010. – Т. 1. – С. 124–126.
12. Добышев, А. С. К анализу работы разбрасывателя удобрений РДУ-1,5 / А. С. Добышев, С. Н. Ладутько, А. И. Филиппов // Научно-практический журнал «Вестник БГСХА», №1, Горки, УО БГСХА, 2010. – С. 189–193.
13. Филиппов, А. И. К анализу работы центробежного разбрасывателя удобрений / А. И. Филиппов, С. Н. Ладутько // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XI междунар. науч.- практич. конф. / Гродненский гос. аграрный ун-т. – Гродно, 2008. – С. 39–40.
14. 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.
15. 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. Чеботарёв, И. В. Дубень // Научно-практический журнал «Вестник БарГУ» выпуск 8 (технический раздел), Барановичи, 2020. – С. 119 – 127.
16. Филиппов, А. И. Математическое моделирование разбрасывания твердых минеральных удобрений / А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, Н. Д. Лепешкин // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сборник научных статей по материалам XXI Международной научно-практической конференции, Гродно, 31 мая, 30 марта, 20 марта 2018 г. / ГГАУ, ст. корректор Е. Н. Гайса, ответственный за выпуск В. В. Пешко. – Гродно, 2018 г. – С. 251–254.
17. Филиппов, А. И. Обзор рабочих органов пропашных культиваторов и разработка новых в концепции экологического земледелия / А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, С. В. Стуканов, В. П. Чеботарев, К. Л. Пузевич // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. № 4. г. Горки, 2020. – С. 118–123.
18. Лепешкин, Н. Д. Перспективный плуг ПО-(8+4)-40 для тракторов мощностью 450 л.с. / Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц, А. И. Филиппов, К. Л. Пузевич // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. № 1. г. Горки, 2021. – С. 167–171.
19. Филиппов, А. И. Схема расположения разработанных рабочих органов для ленточного внесения гранулированных удобрений при формировании узкопрофильных гряд / А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, А. А. Аутко, С. В. Стуканов, Н. Ю. Занемонская // Материалы международной научно-практической конференции 11.02.2020 «Актуальные проблемы повышения качества и безопасности производства переработки продукции животноводства». – Днепр, 2020. – С. 301–303.
20. Филиппов, А. И. Обоснование технических и конструктивных параметров опрыскивателя телескопического комбинированного в составе агрегата для междурядной обработки почвы / А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, А. А. Аутко, В. П. Чеботарев, К. Л. Пузевич // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. № 1. г. Горки, 2021. – С. 178–183.

ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ НЕФТЯНЫХ МАСЕЛ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ТРАКТОРАХ

Е. А. МАЖУГИН, В. И. КОЦУБА, С. Н. НИЧИПОРУК

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: tech_service@baa.by

(Поступила в редакцию 21.08.2023)

Нефтяные масла, используемые в качестве рабочих жидкостей гидросистем, трансмиссионных и моторных масел, в процессе доставки, хранения и эксплуатации постепенно насыщаются водой. В работающих машинах масла интенсивно перемешиваются, вода при этом дробится, образуя тонкодисперсные устойчивые эмульсии, что ведет к нежелательным химическим превращениям масел, ускорению коррозии деталей, нарушению работы масляных насосов, ускорению изнашивания трущихся поверхностей. Одним из возможных способов обезвоживания масел является их термическая обработка, т.е. нагрев, при котором температура масла должна превышать температуру кипения воды. Однако системы с высокой степенью дисперсности имеют свои особенности.

В статье приведены результаты исследования зависимости температуры кипения воды от внешнего давления, а также температуры кипения воды в микрокаплях эмульсии от их размеров при нормальном внешнем давлении. Результаты исследования показали, что давление в микрокаплях выше нормального атмосферного давления, что приводит к повышению температуры вскипания воды в микрокаплях по сравнению с температурой кипения воды при нормальном давлении.

На основании приведенных данных и зависимостей, были построены графики, описывающие особенности уточненной методики термического обезвоживания углеводородов с температурой кипения, существенно превосходящей температуру кипения воды. Графики позволяют определить необходимое количество теплоты для испарения воды из масла по трем моделям: вода находится в неэмульгированном состоянии в виде отстоя в масле, вода с маслом образует монодисперсную обратную эмульсию, вода с маслом образует полидисперсную обратную эмульсию.

Таким образом, разработанные подходы могут быть использованы для обоснования уточненной методики и расчетов энергетических затрат при термическом обезвоживании нефтяных масел и им подобных жидкостей.

Ключевые слова: нефтяные масла, обезвоживание масла, эмульсия, нагрев, теплота.

Petroleum oils used as working fluids for hydraulic systems, transmission and motor oils are gradually saturated with water during delivery, storage and operation. In operating machines, oils are intensively mixed, while water is crushed, forming finely dispersed stable emulsions, which leads to undesirable chemical transformations of oils, accelerated corrosion of parts, disruption of oil pumps, and accelerated wear of rubbing surfaces. One of the possible ways to dehydrate oils is their heat treatment, i.e. heating in which the temperature of the oil must exceed the boiling point of water. However, systems with a high degree of dispersion have their own characteristics.

The article presents the results of a study of the dependence of the boiling point of water on external pressure, as well as the boiling point of water in microdroplets of an emulsion on their size at normal external pressure. The results of the study showed that the pressure in the microdroplets is higher than normal atmospheric pressure, which leads to an increase in the boiling point of water in the microdroplets compared to the boiling point of water at normal pressure.

Based on the given data and dependencies, graphs were constructed that describe the features of the refined method of thermal dehydration of hydrocarbons with a boiling point significantly higher than the boiling point of water. The graphs allow you to determine the required amount of heat to evaporate water from oil using three models: water is in a non-emulsified state as sludge in oil, water with oil forms a monodisperse inverse emulsion, water with oil forms a polydisperse inverse emulsion.

Thus, the developed approaches can be used to substantiate the refined methodology and calculations of energy costs during the thermal dehydration of petroleum oils and similar liquids.

Key words: petroleum oils, oil dehydration, emulsion, heating, heat.

Введение

Нефтяные масла, используемые в качестве рабочих жидкостей гидросистем, трансмиссионных и моторных масел, в процессе доставки, хранения и эксплуатации постепенно насыщаются водой. Вода может находиться в растворенном, эмульгированном и выпавшем в отстой состояниях. В работающих машинах масла интенсивно перемешиваются, вода при этом дробится, образуя тонкодисперсные устойчивые эмульсии.

Современные фильтры и центрифуги, применяющиеся на тракторах, автомобилях, строительных и сельскохозяйственных машинах, имеют очень низкую эффективность по отношению к выделению диспергированной воды, которая ведет к нежелательным химическим превращениям масел, ускорению коррозии деталей, нарушению работы масляных насосов, ускорению изнашивания трущихся поверхностей [1, 2].

Особенно активно из-за особенностей условий работы насыщается водой моторное масло. Причем капли воды в нем активно дробятся при перемешивании масла коленчатым валом, шестернями масляного насоса, приводными зубчатыми колесами. В центробежных очистителях капли дробятся в ро-

торе центрифуги в струях масла, истекающего из сопл ротора и клапанов. Измельчение капель происходит в масляных пленках, разделяющих трущиеся поверхности [1, 2].

Основная часть

Одним из возможных способов обезвоживания масел является их термическая обработка, т.е. нагрев, при котором температура масла должна превышать температуру кипения воды. Однако системы с высокой степенью дисперсности имеют свои особенности. В данном случае следует учитывать, что микрокапли воды благодаря большой кривизне поверхности и существующим на поверхностях раздела фаз поверхностным силам, имеют повышенное внутреннее давление, которое изменяет реальную температуру вскипания эмульгированных капель воды, поскольку повышение давления ведет к повышению температуры кипения жидкостей.

Зависимость температуры кипения t_k дистиллированной воды от внешнего давления p , построенная по известным данным [3], приведена на рис. 1.

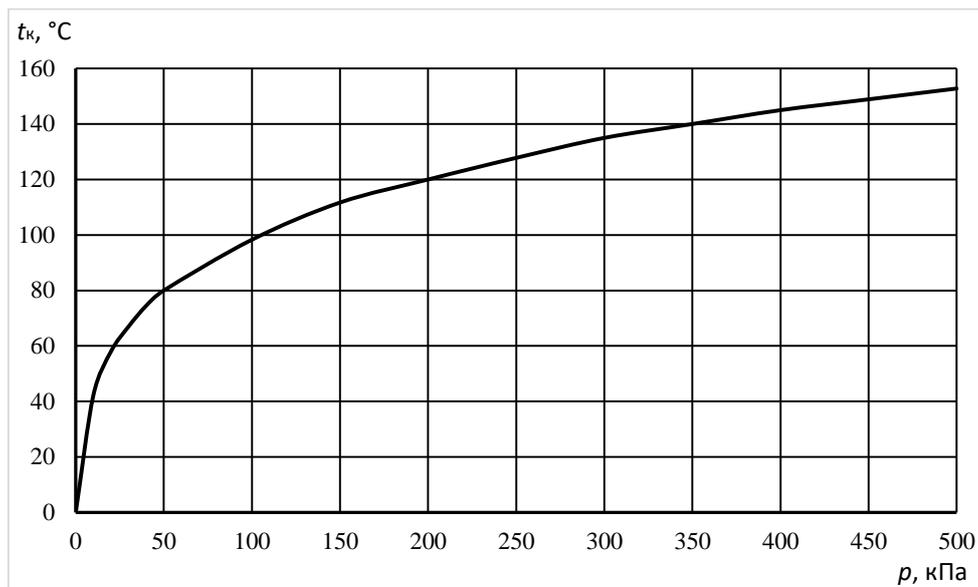


Рис. 1. Зависимость температуры кипения воды от внешнего давления

Давление на микрокапли эмульсии, обусловленное поверхностными силами, можно рассчитать по формуле Лапласа [4]:

$$p_{\sigma} = 4\sigma / d, \text{ кПа}, \quad (1)$$

где σ – межфазное натяжение на границе между водой и маслом, мН/м; d – диаметр микрокапли воды, мкм.

Межфазное натяжение может быть определено как разность между поверхностным натяжением воды и поверхностным натяжением масла. Изменение поверхностного натяжения воды при разных температурах при нормальном давлении исследовано достаточно точно [5]. Поверхностное натяжение масла, кроме внешних условий, зависит от его марки, времени и условий использования, обусловивших его состав. Сведения по поверхностному натяжению нефти и ряда нефтепродуктов приведены в справочной литературе [6].

При температуре 20 °C и атмосферном давлении значение поверхностного натяжения нефти составляет 26 мН/м, реактивных топлив 22,6–28,5 мН/м. Здесь же [6] приводится формула для ориентировочного расчета поверхностного натяжения нефтепродуктов σ_n при температуре 20 °C и атмосферном давлении:

$$\sigma_n = 51,5\rho - 16,6, \text{ мН/м}, \quad (2)$$

где ρ – плотность нефтепродукта при 20 °C, г/см³.

Проведенный нами замер поверхностного натяжения σ_n пробы отработанного масла М-10Г2 дал значение 23 мН/м. Значение поверхностного натяжения воды при 20 °C составляет 72,7 мН/м. С ростом температуры поверхностное натяжение жидкостей снижается. Приняв для ориентировочных предварительных расчетов $\sigma = 50$ мН/м и воспользовавшись формулой (1), рассчитаем внутреннее давление в микрокаплях p_{σ} в зависимости от диаметра микрокапель воды d (табл. 1).

Таблица 1. Результаты расчета внутреннего давления в микрокаплях эмульгированной в масле воды

d , мкм	0,5	1	2	3	5	8	10	15	20
p_{σ} , кПа	400	200	100	67	40	25	20	13	10

Из табл. 1. следует, что давление в микрокаплях выше нормального атмосферного давления на величину p_{σ} . Это приводит к повышению температуры вскипания воды в микрокаплях по сравнению с температурой кипения воды при нормальном давлении. Используя данные, представленные на рис. 1, и данные по температуре насыщенного пара [1], можно построить график, отображающий данное явление (рис. 2).

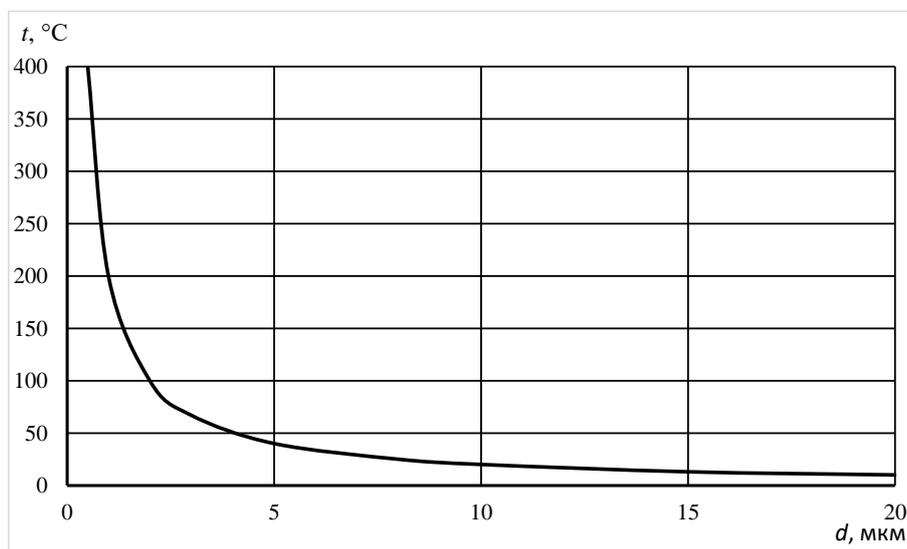


Рис. 2. Расчетная зависимость температуры кипения воды в микрокаплях эмульсии от их размеров при нормальном внешнем давлении

График показывает, что с уменьшением размеров микрокапель температура кипения при нормальном внешнем давлении заключенной в них воды резко возрастает. Данное явление необходимо учитывать при термическом обезвоживании масел.

Для оценки значимости данного явления рассмотрим процесс выпаривания воды из водомасляной системы, состоящей из 1 кг масла и 0,1 кг воды. Оценка будем вести, сопоставляя три модели системы:

- 1 – вода находится в неэмульгированном состоянии в виде отстоя в масле;
- 2 – вода с маслом образует монодисперсную обратную эмульсию;
- 3 – вода с маслом образует полидисперсную обратную эмульсию.

Для упрощения исследования исключим из учитываемых процессов нагрев сосуда, в котором находится жидкая система, затраты энергии на испарение фаз, происходящих при температуре ниже температуры кипения, влияние взаимного растворения фаз, конденсацию жидкостей, перешедших в газообразное состояние, и изменение теплоемкости и теплопроводности жидкости при насыщении их водяным паром.

Теплоемкость воды C_v по рекомендации [3] будем считать постоянной и равной 4,19 кДж/кг $^{\circ}$ С. Теплоемкость нефтепродуктов в зависимости от температуры может рассчитываться по ряду зависимостей, которые получили Л. М. Караваев, Эккарт, Форш и Уитмен, Кратоз, Крауссольд [6, 7]. Одной из наиболее простых и достаточно точных является формула Л. М. Караваева, которая при переходе с расчета энергии в кал на Дж приобретает вид:

$$C_n = 2,02 + 0,00161 (t-100), \quad (3)$$

где C_n – теплоемкость нефтепродукта, кДж/кг $^{\circ}$ С; t – температура, при которой рассчитывается теплоемкость нефтепродукта, $^{\circ}$ С.

Расчет теплоты Q_v , необходимой на нагрев воды до требуемой температуры, производится по формуле:

$$Q_v = C_v m_v (t_k - t_n), \quad \text{кДж}, \quad (4)$$

где m_v – масса воды, кг; t_k – конечная температура нагрева, $^{\circ}$ С; t_n – начальная температура, $^{\circ}$ С. Соответственно при нагреве нефтепродукта (масла):

$$Q_n = C_n m_n (t_k - t_n), \text{ кДж}, \quad (5)$$

где m_n – масса нагреваемого нефтепродукта, кг.

Для перевода кипящей воды в пар требуется теплота Q_n , количество которой можно рассчитать по формуле:

$$Q_n = r m_n, \text{ кДж}, \quad (6)$$

где r – теплота парообразования, кДж/кг.

Значение r не является величиной постоянной. С ростом внешнего давления и, следовательно, температуры кипения оно несколько уменьшается. Для диапазона $0 \dots 140$ °С, обработав приводимые данные для r [1], можно получить следующую приблизительную зависимость:

$$r = 2,501 - 2,54 t, \text{ кДж/кг}. \quad (7)$$

Объединив формулы (6) и (7), можно получить зависимость:

$$Q_n = (2,501 - 2,54t) m_n. \quad (8)$$

Располагая приведенными данными и зависимостями, можно построить график, показывающий особенности уточненной методики термического обезвоживания углеводородов с температурой кипения, существенно превосходящей температуру кипения воды (рис. 5).

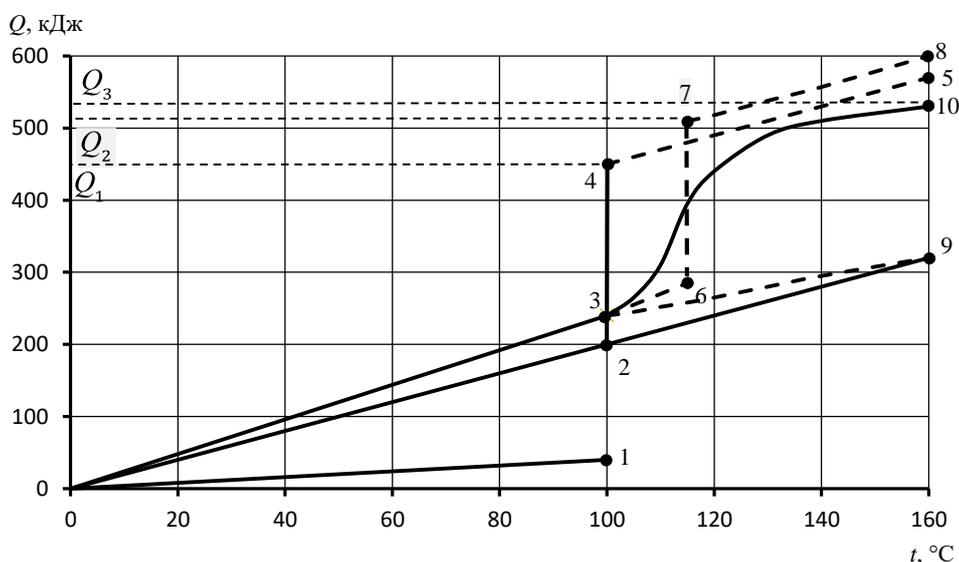


Рис. 3. Графики для определения необходимого количества теплоты по трем рассматриваемым моделям

График отражает ориентировочные расчетные зависимости для определения количества теплоты Q , необходимой для доведения жидких систем по трем моделям до температуры кипения воды и для завершения процесса ее выкипания. Здесь линия 0–1 описывает процесс нагрева до 100 °С, соответствующий формуле (4), линия 0–2 описывает процесс нагрева масла. Она построена по формуле (5) с учетом формулы (3). Линия 0–3 описывает суммарное количество теплоты, необходимой на нагрев системы (воды и масла) независимо от модели до 100°С. Линия 3–4 соответствует выкипанию воды из системы по первой модели. На этом участке расход теплоты не ведет к повышению температуры системы. После выкипания воды начинается повышение температуры системы (линия 4–5). Из-за отсутствия воды в системе линия 4–5 становится параллельной линии 0–2. Для нагрева системы и окончания процесса выпаривания воды необходимо Q_1 теплоты.

Для рассмотрения процесса выпаривания воды по второй модели предположим, что эмульгированная вода представляет собой микрокапли одного размера, например, 3 мкм. Тогда в соответствии с рис. 2 процесс выкипания воды будет протекать при 114 °С, для чего систему следует довести до этой температуры (линия 3–6), затратив дополнительную теплоту Q_n , рассчитываемую по формуле (8). Освобождению системы от воды при кипении последней соответствует линия 6–7. Окончанию процесса соответствует расход теплоты Q_2 . Далее будет происходить нагрев масла (линия 7–8).

Для анализа процесса обработки полидисперсной эмульсии необходимо иметь дисперсную характеристику дисперсной фазы. Пусть, например, она имеет данные, приведенные в табл. 2, которые со-

ответствуют обычному логарифмическому распределению дисперсной фазы при модальном значении размера капель 3 мкм.

Таблица 2. Дисперсная характеристика воды, эмульгированной в масле

Размерный интервал, мкм	До 1	1-2	2-3	3-4	4-5	св. 5
Процентное объемное содержание, %	5	20	25	25	40	5

Для такой системы выпаривание (в результате кипения) будет идти постепенно – при меньшей температуре будут выкипать и испаряться микрокапли большего размерного интервала в соответствии с рис. 2, а затем с повышением температуры – меньшего. В связи с постепенным уменьшением количества воды в системе количество тепла, необходимого на увеличение температуры, начинает снижаться, и линия 0–3 продолжается по кривой 3–9, которая после полного испарения воды превращается в продолжение линии 0–2.

Расчет тепла, необходимого на испарение воды каждого размерного интервала, выполним по формуле (3), учитывая объемную долю воды этого интервала в ее общем объеме. Температуру кипения принимаем по рис. 2, ориентируясь по значению диаметра микрокапель d , соответствующему середине размерного интервала. Рассчитанное значение $Q_{\text{п}}$ откладываем нарастающим итогом от линии 3–9, для каждого значения t , соответствующего температуре кипения микрокапель каждого размерного интервала.

Полученные значения описываются кривой 3–10. Окончанию процесса выкипания воды соответствует значение теплоты Q_3 , которая для данного отношения воды в масле и дисперсной характеристики дисперсной фазы получилась близкой к значению Q_2 . Но для второй и третьей модели затраты тепла по выпариванию воды получились заметно большими, чем для первой, что необходимо учитывать при энергетических расчетах. Анализ линий 0–3–10 и 0–3–6–7 показывает, что снижению энергозатрат могут способствовать мероприятия по уменьшению степени дисперсности эмульгированной воды и снижению внешнего давления.

При другом соотношении масс воды и масла и иной гранулометрической характеристике дисперсной фазы описанный процесс может существенно отличаться по своим значениям, но принципиально остается аналогичным описанному.

Заключение

Изложенные расчеты показывают, что в тонкодисперсных эмульсиях вода в масле должна вскипать при температуре, превышающей 100 °С.

На испарение эмульгированной воды требуется больше энергии, чем на испарение отстоявшейся неэмульгированной воды.

Разработанные подходы могут быть использованы для обоснования уточненной методики и расчетов энергетических затрат при термическом обезвоживании нефтяных масел и им подобных жидкостей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коцуба, В. И. Влияние обводненности нефтяных масел на их эксплуатационные показатели / В. И. Коцуба, С. Н. Ничипорук // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. / ред. кол.: В. Р. Петровец (гд. ред.) [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 114–119.
2. Влияние содержания воды в нефтяных маслах на их показатели / В. И. Коцуба, С. Н. Ничипорук, Н. А. Радионов // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. тр. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2020. – С. 100–107.
3. Орлов, М. Е. Теоретические основы теплотехники. Тепломассообмен: учеб. пособие / М. Е. Орлов. – Ульяновск: УлГТУ, 2013. – 204 с.
4. Кривошапкин, П. В. Основы коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы / П. В. Кривошапкин, Е. Ф. Кривошапкина, Е. А. Назарова, В. В. Сталюгин. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2019. – 138 с.
5. Хайдаров, Г. Г. Физическая природа поверхностного натяжения жидкости / Г. Г. Хайдаров, А. Г. Хайдаров, А. Ч. Машек // Вестник Санкт-Петербургского университета. – Сер. 4. 2011. – Вып. 1. – С. 3–8.
6. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: справочник / И. Г. Анисимов, К. М. Бадыштова, С. А. Бнатов [и др.]; под ред. В. М. Школьников. Изд. 2-е перераб. и доп. – Москва: Издательский центр «Техинформ», 1999. – 596 с.
7. Лиханов, В. А. Справочник по топливам и маслам: учеб. пособие / В. А. Лиханов, Р. Р. Девятьяров, С. А. Романов. – Киров: ФГБОУ ВПО Вятская ГСХА, 2015. – 164 с.

ВЛИЯНИЕ ФРИКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА МЕХАНИЗМ НАГРУЖЕННОСТИ ПРИВОДА ВАЛА ОТБОРА МОЩНОСТИ С ИНТЕГРИРОВАННОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ МАШИНОЙ

И. И. БОНДАРЕНКО, В. Г. КОСТЕНИЧ

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220023, e-mail: kaf.tia@bsatu.by*

Ю. Д. КАРПИЕВИЧ, Н. С. БАБАК, А. Д. БОНДАРЕНКО

*«Белорусский национальный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220055, e-mail: avto_atf@bntu.by*

В. А. БЕЛОУСОВ

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: ktrauto@tut.by*

(Поступила в редакцию 13.09.2023)

В Республике Беларусь политика в сфере сельскохозяйственного производства направлена на создание крупнотоварных сельскохозяйственных предприятий с полным циклом получения и переработки сельскохозяйственной продукции. Для реализации этого направления предприятия Республики оснащены современными энергонасыщенными тракторами и сельскохозяйственной техникой, которые оснащены приводом рабочих органов от вала отбора мощности трактора. Показатели качества выполнения технологического процесса сельскохозяйственных машин с активным приводом определяются и нормируются при постоянной частоте вращения вала отбора мощности трактора при его работе в независимом режиме.

На большинстве тракторов ведущих мировых производителей для включения вала отбора мощности (ВОМ) в механизме привода используются фрикционные муфты с гидравлическим управлением. Это позволяет работать с ВОМ при передаче повышенных мощностей без ухудшения условий работы оператора. Для управления фрикционной муфтой нашли применение пропорциональные клапанные регуляторы давления.

Одной из проблем, возникающих при включении ВОМ трактора, агрегатированного с сельскохозяйственной машиной имеющей активные рабочие органы (АРО) с большими моментами инерции вращающихся и поступательно движущихся узлов и деталей, является повышение нагруженности механизма привода ВОМ и трансмиссии самой сельскохозяйственной машины. Это приводит к ряду поломок и снижению надежности трактора в целом.

Одним из способов снижения динамической нагруженности (как динамической, так и тепловой) является управление процессом включения фрикционной муфты ВОМ по некоторому закону нарастания передаваемого муфтой момента. Для этого часто используются пропорциональные клапанные регуляторы давления. Одной из проблем использования пропорциональных клапанных регуляторов давления является низкая адекватность закона изменения регулируемого давления закону изменения управляющего сигнала.

В статье рассмотрены недостатки при агрегатировании трактора с сельскохозяйственными машинами с приводом от вала отбора мощности, в конструкции которых имеются сухие или мокрые пары трения, предложена конструкция и дано описание принципа работы вала отбора мощности, содержащего гидравлическую машину.

Ключевые слова: трактор, вал отбора мощности, нагруженность, гидравлическая машина, активные рабочие органы.

In the Republic of Belarus, the policy in the field of agricultural production is aimed at creating large-scale agricultural enterprises with a full cycle of obtaining and processing agricultural products. To implement this direction, the enterprises of the Republic are equipped with modern energy-rich tractors and agricultural machinery, which are equipped with a drive of working parts from the tractor power take-off shaft. Quality indicators of the technological process of agricultural machines with an active drive are determined and standardized at a constant speed of rotation of the tractor power take-off shaft when it operates in an independent mode.

On most tractors from the world's leading manufacturers, hydraulically controlled friction clutches are used to engage the power take-off shaft in the drive mechanism. This allows you to work with the PTO when transmitting increased power without deteriorating the operator's working conditions. Proportional valve pressure regulators are used to control the friction clutch.

One of the problems that arises when turning on the PTO of a tractor coupled with an agricultural machine that has active working parts with large moments of inertia of rotating and translationally moving components and parts is the increased load on the PTO drive mechanism and the transmission of the agricultural machine itself. This leads to a number of breakdowns and reduced reliability of the tractor as a whole.

One of the ways to reduce dynamic load (both dynamic and thermal) is to control the process of engaging the PTO friction clutch according to a certain law of increase in the torque transmitted by the clutch. For this purpose, proportional valve pressure regulators are often used. One of the problems with using proportional valve pressure regulators is the low adequacy of the law of change in the regulated pressure to the law of change in the control signal.

The article examines the disadvantages of combining a tractor with agricultural machines driven by a power take-off shaft, the design of which has dry or wet friction pairs, proposes a design and describes the operating principle of a power take-off shaft

containing a hydraulic machine.

Key words: tractor, power take-off shaft, load, hydraulic machine, active working parts.

Введение

При проектировании и производстве механизмов привода ВОМ для новых тракторов существует ряд задач, требующих решения: для более полного анализа условий работы механизма привода ВОМ, а в дальнейшем и выбора путей решения задач снижения нагруженности, необходимо рассматривать в комплексе как систему управления фрикционной муфтой, так и конструкцию самой муфты.

Известно несколько типов механизмов привода ВОМ, используемых в настоящее время на отечественных тракторах [1]. Наиболее часто встречающийся – это механизм привода ВОМ, состоящий из планетарного редуктора и плавающих ленточных тормозов, обеспечивающий передачу момента на ВОМ при затянутом тормозе солнечной шестерни и отпущенном тормозе водила, или блокировку ВОМ при затянутом тормозе водила и отпущенном тормозе солнечной шестерни (например, ВОМ трактора «Беларус-892»).

Одной из проблем, возникающих при включении ВОМ трактора, является повышение динамической нагруженности механизма привода ВОМ и трансмиссии самой сельскохозяйственной машины. Это приводит к снижению надёжности и долговечности механизма привода ВОМ [2]. Снижение динамической нагруженности возможно при управлении процессом включения фрикционной муфты ВОМ по некоторому закону нарастания передаваемого муфтой момента.

В большинстве тракторов ведущих мировых производителей для включения ВОМ в механизме привода используются фрикционные муфты с гидравлическим управлением, что позволяет работать с ВОМ при передаче повышенных мощностей [3]. Для управления фрикционной муфтой нашли применение пропорциональные клапанные регуляторы давления [4].

Однако при использовании пропорциональных клапанных регуляторов давления наблюдается низкая адекватность закона изменения регулируемого давления закону изменения управляющего сигнала. Также на нагруженность механизма привода ВОМ оказывает влияние материал накладок фрикционных дисков муфты ВОМ.

Основная часть

Рассмотрим особенности работы пропорционального клапанного регулятора давления. Совместные исследования, проводимые Белорусским государственным аграрным техническим университетом (БГАТУ) и Минским тракторным заводом (МТЗ), показали, что используемые пропорциональные клапанные регуляторы давления в полной мере не обеспечивают предъявляемых им требований.

Анализ работы пропорциональных клапанных регуляторов давления при использовании его в качестве управляющего звена в гидросистеме фрикционной муфты ВОМ выявил следующие недостатки: в полной мере не обеспечивается задаваемый закон включения фрикционной муфты; существует неадекватность некоторых реальных данных и данных, заявленных заводом изготовителем.

На рис. 1 представлена гидравлическая схема стенда, использовавшегося при испытаниях пропорционального клапанного регулятора давления. Она включает в себя шестерённый насос 1, предохранительный клапан 2, пропорциональный клапанный регулятор давления 3 и кран 4.

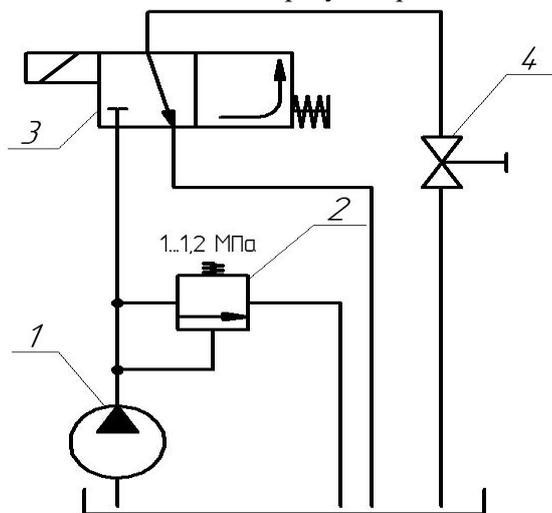


Рис. 1. Гидравлическая схема стенда для проведения испытаний пропорционального клапанного регулятора давления: 1 – шестерённый насос; 2 – предохранительный клапан; 3 – пропорциональный клапанный регулятор давления; 4 – кран
В табл. 1 и 2 представлены некоторые результаты экспериментальных исследований.

По результатам проведённых стендовых испытаний пропорциональных клапанных регуляторов давления можно сделать следующие выводы:

- давление в магистрали управления фрикционной муфтой зависит не только от величины управляющего сигнала на соленоиде, но и от расхода рабочей жидкости в магистрали управления;
- максимальный гистерезис по давлению в магистрали управления фрикционной муфтой при управлении током соленоида достигает 20 %.

Таблица 1. Зависимость давления в магистрали управления от изменения величины расхода рабочей жидкости

Сила тока в соленоиде, А	Температура рабочей жидкости, °С	Величина расхода рабочей жидкости в магистрали управления, л/мин	Давление в магистрали управления, МПа	
			при увеличении расхода масла	при уменьшении расхода масла
0,4	20...25	0	0,25	0,27
		2	0,12	0,13
		5	0,11	0,11
0,6	20...25	0	0,60	0,65
		2	0,43	0,50
		5	0,41	0,41

Таблица 2. Зависимость давления в магистрали управления от изменения величины тока управления на соленоиде

Величина расхода жидкости, л/мин	Температура рабочей жидкости, °С	Сила тока в соленоиде, А	Давление в магистрали управления, МПа	
			при увеличении силы тока	при уменьшении силы тока
1...1,5	20...25	0,4	0,17	0,27
		0,8	0,78	0,93
		1,0	1,03	1,03
3...4	20...25	0,4	0,16	0,25
		0,8	0,76	0,84
		1,0	0,85	0,85

На рис. 2 представлен график зависимости давления в фрикционной муфте от напряжения на соленоиде, на рис. 3 – графики зависимости напряжения управления и давления в фрикционной муфте от времени.

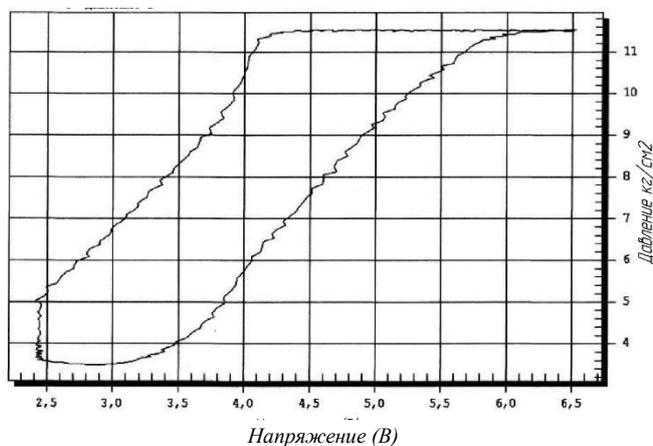


Рис. 2. График зависимости давления во фрикционной муфте от напряжения на соленоиде

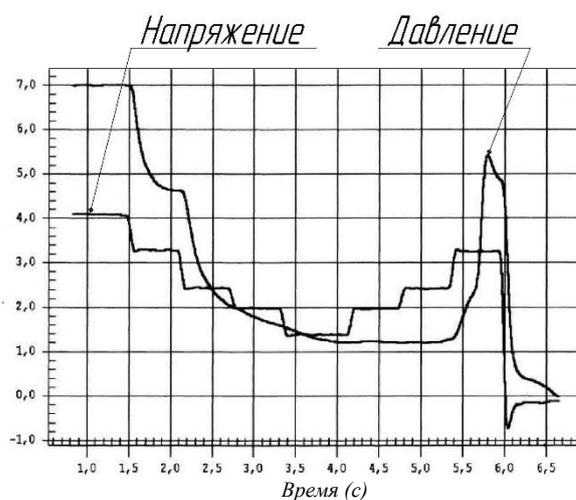


Рис. 3. Графики зависимости напряжения управления и давления во фрикционной муфте от времени

Из графика, представленного на рис. 2, видно, что при изменении управляющего сигнала наблюдается гистерезис по давлению. Из графика, представленного на рис. 3, также видно, что закон изменения давления во фрикционной муфте не соответствует закону изменения величины управляющего сигнала на соленоиде пропорционального клапанного регулятора давления и при нарастании напряжения (в промежутке времени 5,5...6 секунд) наблюдается скачок давления.

Это обуславливается трением якоря и золотника пропорционального клапанного регулятора давления о корпус и нестабильностью давления при переменном расходе рабочей жидкости. Решение этого вопроса возможно использованием системы автоматического регулирования с обратной связью по барометрическому давлению, однако снизить величину гистерезиса процесса обратная связь полностью не позволяет. Так как коэффициент трения скольжения ниже, чем коэффициент трения покоя,

решение этой проблемы предлагается использованием наложения на управляющий сигнал высокочастотной составляющей (18...20 Гц).

Это позволит обеспечить постоянную вибрацию якоря с золотником, тем самым уменьшить коэффициент трения (перейти к динамическому коэффициенту трения), а вследствие чего снизить гистерезис пропорционального клапанного регулятора давления, повысить плавность включения фрикционной муфты вала отбора мощности.

На рис. 4 представлены графики зависимости напряжения управления и давления во фрикционной муфте от времени при использовании наложения на управляющий сигнал высокочастотной составляющей. На рис. 5 представлены графики зависимости давления во фрикционной муфте от напряжения на соленоиде при использовании наложения высокочастотной составляющей и без наложения.



Рис. 4. Графики зависимости напряжения управления и давления во фрикционной муфте от времени при использовании наложения высокочастотной составляющей



Рис. 5. Графики зависимости давления во фрикционной муфте от напряжения на соленоиде при использовании наложения высокочастотной составляющей и без наложения

Из графиков видно, что наложение высокочастотной составляющей на управляющий сигнал позволяет повысить адекватность закона изменения управляющего сигнала закону изменения давления в напорной магистрали фрикционной муфты, а также уменьшает величину гистерезиса по давлению.

Рассмотрим влияние материала накладок фрикционных дисков муфты на нагруженность механизма привода ВОМ. Исследования процесса пуска ВОМ проводились на стенде для испытаний заднего ВОМ, схема которого представлена на рис. 6.

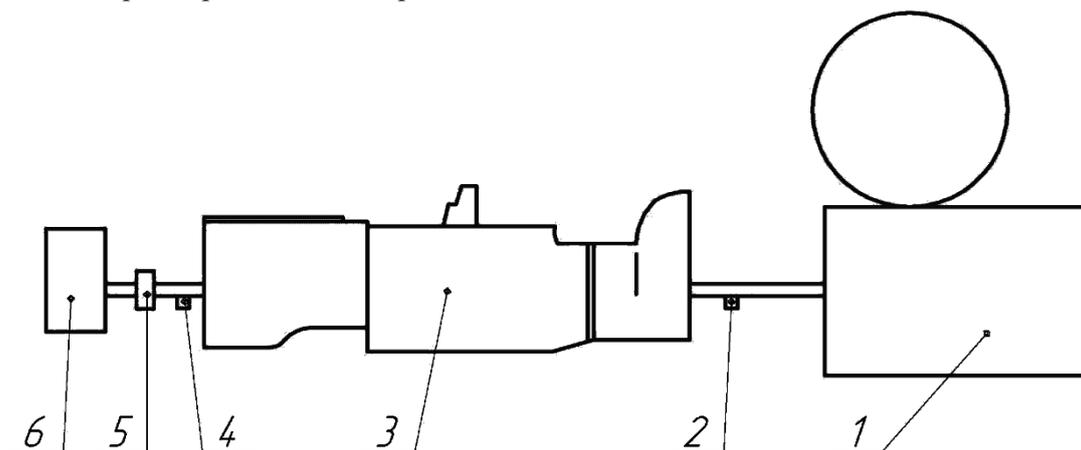


Рис. 6. Схема стенда для испытаний заднего ВОМ:

- 1 – приводная балансирная машина; 2 – датчик частоты вращения вала привоной машины; 3 – трансмиссия трактора;
- 4 – датчик частоты вращения хвостовика ВОМ; 5 – датчик крутящего момента;
- 6 – повышающий редуктор с инерционной массой

Стенд состоит из приводной балансирной машины 1, датчика частоты вращения вала привоной машины 2, трансмиссии трактора 3, датчика частоты вращения хвостовика ВОМ 4, датчика крутящего момента (Т2/5) 5, повышающего редуктора с инерционной массой 6. Для исследования использовались фрикционные материалы трёх типов: МК5, Miba и LVMD-55G. От приводной балансирной

машины, работающей на номинальной частоте вращения двигателя трактора, через трансмиссию с помощью заднего ВОМ производился периодический разгон инерционной массы стенда от 0 до 540 мин⁻¹ и её последующая остановка.

В процессе пуска ВОМ регистрировались следующие параметры:

- частота вращения хвостовика ВОМ;
- частота вращения вала приводной машины;
- крутящий момент на хвостовике ВОМ.

В процессе разгона инерционной массы стенда в механизме привода ВОМ возникают крутильные нагрузки, которые можно характеризовать величиной максимального (пикового) и среднего крутящего моментов на хвостовике ВОМ.

Механизм привода вала отбора мощности трактора, содержащий планетарный редуктор и гидравлический мотор, приводится во вращение от коронной шестерни планетарного редуктора. В напорной магистрали гидромотора установлен дроссель, применение которого позволяет решать проблемы, имеющиеся у предыдущих механизмов [4]. Принципиальная схема предлагаемого ВОМ представлена на рис. 7.

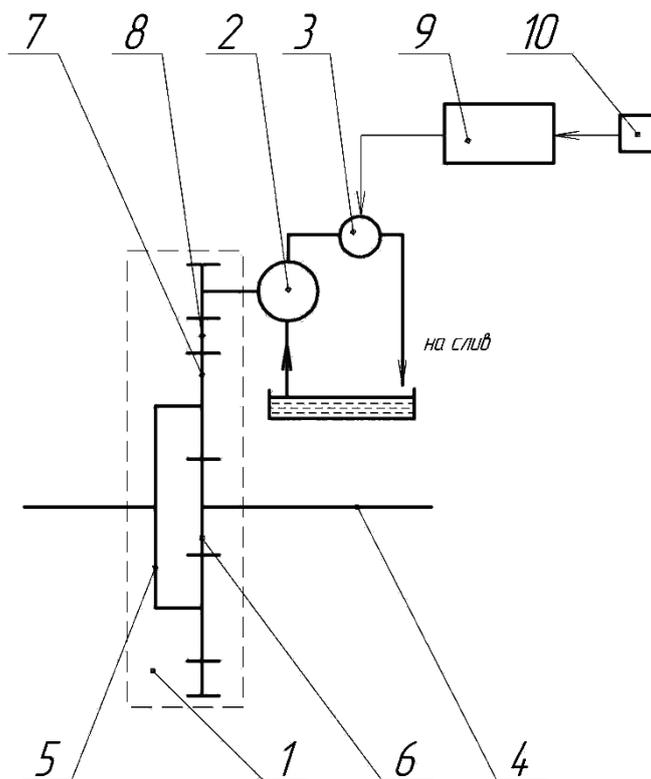


Рис. 7. Схема механизма привода ВОМ:

- 1 – планетарный редуктор; 2 – гидромотор; 3 – дроссель; 4 – вал отбора мощности; 5 – водило планетарного редуктора;
 6 – солнечная шестерня планетарного редуктора; 7 – сателлиты планетарного редуктора;
 8 – коронную шестерню планетарного редуктора; 9 – блок управления; 10 – органы управления

Механизм привода вала отбора мощности включает: планетарный редуктор 1, гидромотор 2, дроссель 3, вал отбора мощности 4, водило планетарного редуктора 5, солнечную шестерню планетарного редуктора 6, сателлиты планетарного редуктора 7, коронную шестерню планетарного редуктора 8, блок управления работой механизма 9 и органы управления 10.

Механизм привода вала отбора мощности мобильных энергетических средств работает следующим образом: при включённом вале отбора мощности 4 (вращение на вал отбора мощности передаётся) сигнал от органов управления 10 подается на блок управления 9, после чего блок управления 9 подаёт сигнал на дроссель 3, дроссель перекрывает напорную магистраль гидравлического мотора 2 и гидравлический мотор затормаживается. Тогда передача вращения от двигателя осуществляется следующим образом: вращение передаётся на водило 5, сателлиты 7 обегая неподвижную коронную шестерню 8 передают вращение на солнечную шестерню 6, а следовательно, и на вал отбора мощности 4.

Управляя посредством органов управления 10 и блока управления 9 степенью открытия дроссе-

ля 3, находящегося в напорной магистрали гидравлического мотора 2, изменяется блокировка гидравлического мотора 2, а следовательно, и частота вращения вала отбора мощности 4 по заданному блоку управления 9 закону.

Заключение

Использование фрикционного материала Miba, обладающего наилучшими характеристиками из исследуемых материалов, позволяет снизить нагруженность механизма привода ВОМ, однако при прямом пуске все представленные материалы не удовлетворяют требованиям по предельным нагрузкам, тем самым подтверждается необходимость управления фрикционной муфтой ВОМ.

Наложения высокочастотной составляющей на управляющий сигнал при использовании пропорционального клапанного регулятора давления при управлении процессом включения фрикционной муфты ВОМ позволяет повысить адекватность закона изменения управляющего сигнала закону изменения давления в напорной магистрали фрикционной муфты, что в дополнение к использованию фрикционного материала Miba позволит добиться снижения динамической нагруженности механизма привода ВОМ.

Преимуществами данного механизма привода ВОМ является управление включением ВОМ, что обеспечит снижение нагруженности привода ВОМ, а также отсутствие пар трения в механизме включения, что повышает надёжность механизма в целом.

Таким образом, применение в напорной магистрали гидромотора дросселя позволяет управлять включением вала отбора мощности, а также бесступенчато изменять его частоту вращения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шарипов, В. М. Конструирование и расчёт тракторов: Учебник для студентов вузов. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2009. – 752 с.
2. Антипенко, Г. Л. Дефекты и методы диагностирования механических и гидромеханических трансмиссий: [монография] / Г. Л. Антипенко. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2020. – 243 с.
3. Судакова, В. А. Компьютерное диагностирование зубчатых и фрикционных элементов трансмиссий АТС в движении / В. А. Судакова // Автомобильная промышленность. – 2012. – № 11. – С. 23–28.
4. Патент РБ ВУ 2344 U. Механизм привода вала отбора мощности энергетических средств, опубл. 30.12.2005.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ РОТОРНО-БИЛЬНОГО АППАРАТА В ЛЬНОУБОРОЧНОМ КОМБАЙНЕ

М. В. ЦАЙЦ, В. А. ЛЕВЧУК, В. И. КОЦУБА,
Т. Л. ХРОМЕНКОВА, А. Д. БУЛАТКИН, А. В. ШИК

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: baa_bgd@tut.by

(Поступила в редакцию 20.09.2023)

Уборка льна закладывает базу для будущего урожая – получение семян льна. Основной технологией уборки, используемой для получения семян на посевные цели, является комбайновая (однофазная) технология. Используемые при этом комбайны оборудованы не отвечающим требованиям современного развития технологи гребневыми очесывающими аппаратами с присущими данному типу устройств недостатками.

В статье приведена методика и результаты оценки технико-экономической эффективности применения роторно-бильного обмолачивающего аппарата на прицепном льноуборочном комбайне «Двина-4М». В основу расчетов положены результаты сравнительных испытаний льноуборочных комбайнов с серийным и разработанным аппаратом для отделения семенной части урожая. Отличием предложенной конструкции аппарата является простота и надежность конструкции, а также увеличение (до 8,7 %) производительности переоборудованного льнокомбайна, снижение общих потерь семян (с 3,81 до 2,57 %), снижение (на 4,2...7,32 %) потерь семян от недоочеса, снижение (на 1,14 п.п.) повреждение стеблей льна влияющий на выход длинного льноволокна, уменьшение в 2 раза процентного содержания путанины в структуре компонента льняного вороха, а общего объема льновороха – на 1,3...2 раза. Расчет экономической эффективности произведен на одну единицу переоборудованного льнокомбайна и норме выработки 50 га/год, что позволяет выполнить оценку в масштабах предприятия исходя из численности льнокомбайнов. Годовой экономический эффект применения роторно-бильного аппарата составит 7831 рублей. В расчете на один гектар сумма экономического эффекта равна 156,6 рублей в ценах первого квартала 2023 года.

Расчет показателей экономической эффективности подтверждает экономическую целесообразность применения роторно-бильного аппарата в льноуборочных комбайнах при реализации однофазной (комбайновой) технологии уборки льна-долгунца.

Ключевые слова: уборка льна, эффективность применения, экономическая оценка, выручка от реализации, экономический эффект.

Harvesting flax lays the foundation for the future harvest – obtaining flax seeds. The main harvesting technology used to obtain seeds for sowing purposes is combine (single-phase) technology. The combines used in this case are equipped with comb strippers that do not meet the requirements of modern technology development with the disadvantages inherent in this type of device.

The article presents the methodology and results of assessing the technical and economic efficiency of using a rotary threshing apparatus on the trailed flax harvester "Dvina-4M". The calculations are based on the results of comparative tests of flax harvesters with a serial and developed apparatus for separating the seed part of the crop. The difference between the proposed design of the apparatus is the simplicity and reliability of the design, as well as an increase (up to 8.7 %) in the productivity of the converted flax harvester, a decrease in total seed losses (from 3.81 to 2.57 %), a decrease (by 4.2...7.32 %) of seed losses from under-harvesting, a decrease (by 1.14 percentage points) in damage to flax stems affecting the yield of long flax fiber, a 2-fold decrease in the percentage of tangles in the structure of the flax heap component, and the total volume of the flax heap – by 1.3... 2 times. The calculation of economic efficiency was made for one unit of converted flax combine and a production rate of 50 hectares/year, which allows for an enterprise-wide assessment based on the number of flax combines. The annual economic effect of using a rotary beater will be 7831 rubles. Per hectare, the amount of economic effect is equal to 156.6 rubles in prices of the first quarter of 2023.

Calculation of economic efficiency indicators confirms the economic feasibility of using a rotary beater in flax harvesters when implementing single-phase (combine) technology for harvesting long-fiber flax.

Key words: flax harvesting, application efficiency, economic assessment, sales revenue, economic effect.

Введение

Качество урожая, как льнотресты, так и семян льна в значительной мере определяет уборочный цикл. Основным отличием применяемых в Беларуси технологий уборки, на наш взгляд, является стадия уборки, при которой осуществляется отделение семенного материала от стеблей. Обеспеченность льнозаводов льноуборочной техникой имеет перекося в сторону льноуборочных комбайнов (84 % от общего парка уборочной техники осуществляющей отделение семян от стеблей льна), что определяет преимущественное применение комбайновой технологии уборки льна для получения посевного материала [1].

Технологический процесс отделения семенной части урожая льноуборочным комбайном не отвечает требованию отраслевого регламента, а сам гребневый очесывающий аппарат – современному уровню развития техники. Работа гребневого аппарата сопряжена с частыми технологическими остановками на обслуживание. Если очесывающий аппарат не чистить, то забивание межзубового пространства снижа-

ет степень очеса, а также это приводит к поломке самого аппарата. Известны случаи обломов зубьев, скручивания приводного вала и т. д.

Наличие длинностебельных примесей в семенном ворохе льна увеличивает затраты на его переработку. Поэтому поиск путей совершенствования процесса и технических средств для отделения семенной части от стеблей льна по комбайновой технологии с целью повышения его эффективности является актуальной задачей. Для решения этой задачи в УО БГСХА разработан роторно-бильный аппарат [2], лабораторные исследования показали его высокую эффективность (чистота обмолота 0,996 и при степени повреждения стеблей менее 3 %) при обмолоте льна-долгунца в фазу желтой и бурой спелости [3]. Сравнительные производственные испытания переоборудованного роторно-бильным аппаратом льноуборочного комбайна «Двина-4М» подтвердили полученные в лабораторных условиях результаты. При этом, в сравнении с серийным очесывающим гребневым аппаратом были установлены: рост производительности до 8,7 %, снижение общих потерь семян (с 3,81 до 2,57 %) на 32,35 %, снижение потерь от недоочеса – на 4,2...7,32 %, снижение повреждение стеблей льна влияющий на выход длинного льноволокна (с 3,0 % до 1,86 %) на 38,01 %. Применение роторно-бильного аппарата на льноуборочном комбайне позволило уменьшить процентное содержание путанины в структуре компонента льняного вороха в среднем на 56,5 %, а общий объем льновороха снизить на 28,5–56,3 % [4].

Цель исследований: оценка экономической эффективности применения роторно-бильного аппарата на льноуборочном комбайне по критерию – годовой приведенный экономический эффект.

Основная часть

Расчет экономической эффективности [5] применения на льнокомбайне разработанного в УО БГСХА роторно-бильного аппарата производили в сравнении с серийным гребневым очесывающим аппаратом с плоско-параллельным движением гребней, установленном на комбайне «Двина-4М».

В настоящее время в Беларуси ворох обмолачивают на оборудованных в поле площадках, зерноуборочными комбайнами с подборщиками типа ПЗ-3,4. В связи с этим, расчет эффективности применения роторно-бильного аппарата будем вести по совокупности взаимозависящих операций: тербление льна с очесом и последующим расстилом в ленту льноуборочным комбайном «Беларус-820»+«Двина-4М»+2ПТС-4 ((I) базовый вариант – с серийным гребневым очесывающим аппаратом и (II) предлагаемый вариант – с роторно-бильным аппаратом) в составе агрегата «Беларус-820», двойной обмолот вороха зерноуборочным комбайном КЗС-1218+ПЗ-3,4 и транспортировка семян на льнозавод – «Беларус-920»+2ПТС-4 15 км с последующей сушкой СКУ-10 и очисткой и сортировкой семян ПЛ-500.

Расчет проводился по ценам льнотресты, льносемян, энергоносителей сложившимся на рынке по состоянию на 2023 год. Исходные данные, принятые для расчета экономической эффективности применения роторно-бильного аппарата, согласно данным предприятия и технологической карты на уборку льна (табл. 1).

Таблица 1. Исходные данные для расчета

Показатели	Обозн.	Ед. изм.	Комплекс машин	
			(I) базовый вариант	(II) предлагаемый вариант
Тарифный фонд	$T_{\text{ф}}$	руб.	151,57	137,65
Затраты труда	t	ч-час	257,62	234,27
Расход топлива	$N_{\text{дт}}$	кг	6180	4616
Площадь убираемой культуры	Q	га	50	50
Урожайность льнотресты	$U_{\text{тр}}$	т/га	3,17	3,17
Урожайность семян	$U_{\text{сем}}$	т/га	0,45	0,45
Комплексная цена 1 кг ГСМ, руб.	$\Pi_{\text{гд}}$	руб.	2,2	
Стоимость 1 т. семян (2 репрод.).	$\Pi_{\text{сем}}$	руб.	1235,31	
Стоимость 1 т. льнотресты (№ 1,0)	$\Pi_{\text{тр}}$	руб./т	836,37	

В основе методики расчета эффективности проекта лежит сравнение выручки от реализации дополнительной продукции (семена, треста) и затрат по модернизации и первичной переработки дополнительной продукции.

Годовой экономический эффект от использования роторно-бильного аппарата в расчете на один льноуборочный комбайн «Двина-4М» составит:

$$\Xi = V_{\text{к}} \cdot \left(D - \left(\Pi_{\text{уд}}^{\text{предл}} - \Pi_{\text{уд}}^{\text{баз}} \right) \right), \quad (1)$$

где $V_{\text{к}}$ – средняя сезонная выработка льнокомбайна, га. $V_{\text{к}} = 50$ га; D – дополнительная выручка на

один гектар посевов льна-долгунца за счет увеличения выхода и роста качества продукции, руб/га; $\Pi_{уд}^{баз}$ – удельные приведенные затраты на уборку и обработку одного гектара посевов льна комплексом машин по первому варианту, руб./га; $\Pi_{уд}^{предл}$ – удельные приведенные затраты на уборку и обработку одного гектара посевов льна комплексом машин по второму варианту, руб/га:

$$D = D_c + D_t, \quad (2)$$

где D_c – дополнительный доход с одного гектара посевов льна за счет снижения общих потерь семян льна, руб./га; D_t – дополнительный доход с одного гектара посевов льна за счет снижения потерь тресты, руб/га:

$$D_c = \Delta_c \cdot \Pi_c, \quad (3)$$

где Δ_c – дополнительный выход семян за счет снижения общих потерь при уборке, т; Π_c – стоимость семян льна, руб./т. Поскольку комбайновая технология преимущественно применяется при уборке льна на посевные цели, то семена должны быть не ниже второй репродукции $\Pi_c = 1235,31$ руб/т:

$$\Delta_c = \frac{y_{сем} \cdot (\Pi_c^{баз} - \Pi_c^{предл})}{100}, \quad (4)$$

где $y_{сем}$ – биологическая урожайность семян льна, т/га; $\Pi_c^{баз}$ – общие потери семян льна при уборке льноуборочным комбайном с серийным четырехребневым очесывающим аппаратом, %. $\Pi_c^{баз} = 3,81$ %; $\Pi_c^{предл}$ – общие потери семян льна при уборке льноуборочным комбайном с роторно-бильным аппаратом, %. $\Pi_c^{предл} = 2,56$ %:

$$D_t = \Delta_t \cdot \Pi_t, \quad (5)$$

где Δ_t – дополнительный выход стеблей льна с одного гектара посевов за счет снижения их отхода в путанину, т; Π_t – стоимость одной тонны льняной тресты среднего номера, руб/т. Урожай 2022 года обеспечил льнозаводы трестой средним номером 0,98. В расчетах принимаем стоимость тресты № 1 $\Pi_t = 836,37$ руб/т:

$$\Delta_t = \frac{y_t \cdot (\Pi_t^{баз} - \Pi_t^{предл})}{100}, \quad (6)$$

где y_c – биологическая урожайность льнотресты, т/га; $\Pi_c^{баз}$ – общие потери стеблей льна при уборке льноуборочным комбайном с серийным четырех-ребневым очесывающим аппаратом, %. $\Pi_t^{баз} = 3,0$ %; $\Pi_t^{предл}$ – общие потери стеблей льна при уборке льноуборочным комбайном с роторно-бильным аппаратом, %. $\Pi_t^{предл} = 1,86$ %.

Балансовая стоимость льноуборочного комбайна «Двина-4М» с роторно-бильным аппаратом будет определяться:

$$K_2 = (K_1 - \Pi_{гр}) + C_d + P_{тз} + Z_3 + P_{оп} + P_{ох} + P_{пр}, \quad (7)$$

где K_1 – балансовая стоимость «Двина-4М» до модернизации, руб.; $\Pi_{гр}$ – стоимость рабочего органа гребневого типа, руб. $\Pi_{гр} = 3280$ руб.; C_d – стоимость деталей и покупных изделий, руб.; $P_{тз}$ – транспортно-заготовительные расходы, руб.; Z_3 – затраты на оплату труда при изготовлении деталей установки, руб.; $P_{оп}$ – общепроизводственные расходы, руб.; $P_{ох}$ – общехозяйственные расходы, руб.; $P_{пр}$ – прочие расходы (35 % $P_{оп}$), руб.

Стоимость деталей и покупных изделий $C_d = 636,1$.

Транспортно-заготовительные расходы $P_{тз}$ определяются в процентах от стоимости покупных материалов и изделий следующим образом [6]:

$$P_{тз} = C_d \cdot \Pi_{тз}, \quad (8)$$

где $\Pi_{тз}$ – процент транспортно-заготовительных расходов, принимаем 5 %.

Затраты на оплату труда Z_3 при изготовлении деталей установки определяются по формуле:

$$Z_3 = OT_{тар} \cdot a_{п} \cdot O_{доп} \cdot O_{отч}, \quad (9)$$

где $OT_{тар}$ – тарифная оплата труда, руб.

Тарифная оплата труда $OT_{\text{тар}}$ зависит от трудоемкости работ и часовой тарифной ставки соответствующих разрядов персонала:

$$OT_{\text{тар}} = T_{\text{ем}} \cdot C_{\text{ч}}, \quad (10)$$

где $T_{\text{ем}}$ – трудоемкость работ, необходимых для изготовления устройства, чел.-ч. В соответствии с данными, полученными в результате нормирования труда работников ремонтного звена (бригады) трудоемкость $T_{\text{ем}}$ составила 56 чел.-ч.

$C_{\text{ч}}$ – часовая тарифная ставка, соответствующая разряду рабочего, руб. часовая тарифная ставка рабочих 5-го разряда на 06.02.2023 равняется 1,7 руб./ч [7]; $a_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий премии по фонду оплаты труда. Принимаем равным 1,7 [8]; $O_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий размеры стимулирующей оплаты труда. Принимаем равным 1,9 [9]; $O_{\text{отч}}$ – коэффициент, учитывающий отчисления на социальное страхование. Принимаем равным 1,34 [10].

Общепроизводственные $P_{\text{оп}}$ и общехозяйственные $P_{\text{ох}}$ расходы определяются в процентах от основной зарплаты на изготовление установки по следующей формуле [11]:

$$P_{\text{оп}} = 3_3 \cdot \Pi_{\text{оп}} / 100, \quad (11)$$

$$P_{\text{ох}} = 3_3 \cdot \Pi_{\text{ох}} / 100, \quad (12)$$

где $\Pi_{\text{оп}}$ – процент общепроизводственных расходов. По данным предприятия равняется 10 %; $\Pi_{\text{ох}}$ – процент общехозяйственных расходов. По данным предприятия равняется 15 %.

Расчет затрат на содержание основных средств выполнено в соответствии с Постановлением Министерства экономики, Министерства финансов и Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 27 февраля 2009 г. № 37/18/6 [12].

Затраты на ГСМ составят:

$$3_{\text{гсм}} = N_{\text{дт}} \cdot \Pi_{\text{дт}}, \quad (13)$$

где $\Pi_{\text{дт}}$ – комплексная цена 1 кг ГСМ, руб.; $N_{\text{дт}}$ – количество топлива, необходимого на весь объем работ, кг.

Прочие затраты берем в размере 5 % от суммы всех эксплуатационных отчислений:

$$3_{\text{пр}} = (3_{\text{зн}} + 3_{\text{гсм}} + 3_{\text{эл}} + 3_{\text{о}}) \cdot 0,05, \quad (14)$$

где $3_{\text{зн}}$, $3_{\text{гсм}}$, $3_{\text{эл}}$, $3_{\text{о}}$ – затраты соответственно на заработную плату, ГСМ, электроэнергию и содержание основных средств, работы и услуги, руб.

В конечном счете сумма эксплуатационных затрат по сравниваемым вариантам составит:

$$3_{\text{пр}} = 1,05 \cdot (3_{\text{зн}} + 3_{\text{гсм}} + 3_{\text{эл}} + 3_{\text{о}}). \quad (15)$$

Производительность труда (га/ чел.ч) определим по формуле:

$$\text{ПТ} = \frac{Q}{t}, \quad (16)$$

где Q – объем работ, га; t – затраты труда, чел.ч.

Трудоемкость (чел.ч/га) определим по формуле:

$$T = \frac{t}{Q}, \quad (17)$$

Рост производительности труда (%) определим по формуле:

$$\text{П}_{\text{пр}} = \frac{\text{ПТ}_{\text{предл}} - \text{ПТ}_{\text{баз}}}{\text{ПТ}_{\text{баз}}} \cdot 100. \quad (18)$$

Уровень снижения трудоемкости (%) определим по формуле:

$$T_{\text{сн}} = \frac{T_{\text{баз}} - T_{\text{предл}}}{T_{\text{баз}}} \cdot 100, \quad (19)$$

Удельные эксплуатационные затраты (руб / га) для технологий определим по формуле:

$$3_{\text{уд}} = \frac{3_{\text{о}}}{Q}, \quad (20)$$

Годовую экономию эксплуатационных затрат (руб.) определим по формуле:

$$\mathcal{E}_r = (Z_3^{\text{баз}} - Z_3^{\text{предл}}) \cdot Q, \quad (21)$$

Приведенные затраты определим по формуле:

$$\Pi = Z_3 + E_n K, \quad (22)$$

где E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности. Согласно [13], принимаем $E_n = 0,1$; K – сумма инвестиций, руб.

Удельные приведенные затраты ($\Pi_{\text{уд}}$) определим по формуле:

$$\Pi_{\text{уд}} = \frac{\Pi}{Q}, \quad (23)$$

Результаты расчета экономической эффективности роторно-бильного аппарата (табл. 2).

Таблица 2. Техничко-экономические показатели эффективности применения роторно-бильного аппарата

Показатели	(I) Базовый вариант	(II) Предлагаемый вариант
Среднегодовая наработка льноуборочного комбайна, га	50	50
Затраты труда, чел. ч	257,62	234,27
Валовый сбор урожая, т/га	3,07	3,11
льнотресты		
семян льна	0,43	0,44
Эксплуатационные затраты, руб.	22764,28	17536,89
Производительность труда, га/чел.час	0,19	0,21
Трудоемкость, чел.час/га	5,15	4,69
Рост производительности труда, %		9,97
Уровень снижения трудоемкости, %		9,07
Удельные эксплуатационные затраты, руб./га	455,29	350,74
дополнительная выручка на один гектар посевов льна-долгунца за счет увеличения выхода и роста качества продукции, руб./га		37,10
Годовая экономия, руб.		5227,29
Приведенные затраты, руб.	26161,98	20291,29
Удельные приведенные затраты, руб. / га	523,24	405,83
Годовой экономический эффект, руб.		7725,66
Годовой экономический эффект с одного гектара посевов льна, руб./га		154,51

Расчеты, приведенные в табл. 2, показывают, что совокупное снижение расхода топлива составило 1,5 тонн (25 %), а годовой экономический эффект от применения роторно-бильного аппарата составляет 7725,66 рублей, экономический эффект в расчете на один гектар посевов составляет 154,51 рублей, в ценах первого квартала 2023 года. Следует отметить существенное снижение (на 25,3 %) трудовых затрат, а также эксплуатационных затрат – на 22,96 %.

Заключение

Оценка эффективности применения роторно-бильного аппарата в прицепном льноуборочном комбайне «Двина-4М» при уборке льна-долгунца второй репродукции и средней стоимостью льнотресты 836,37 руб., выполненная в совокупности взаимосвязанных операций, показала, что годовой экономический эффект применения роторно-бильного аппарата составит 7831 рублей. В расчете на один гектар сумма экономического эффекта равна 156,6 рублей в ценах первого квартала 2023 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаршунов, В. А. Анализ обеспеченности льносеющих хозяйств Республики Беларусь техническими средствами для уборки льна-долгунца / В. А. Шаршунов, В. А. Кожановский, М. В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 4. – С. 150–156.
2. Патент № 2788696 С1 Российская Федерация, МПК А01F 11/02, А01D 45/06. Устройство для отделения семенных корочек и семян льна от стеблей: № 2022116274: заявл. 16.06.2022: опубл. 24.01.2023 / М. В. Симонов, В. А. Шаршунов, Н. С. Сентюров, М. В. Цайц; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет».
3. Цайц, М. В. Результаты экспериментальных исследований процесса обмолота лент льна роторным бильно-вычесывающим устройством / М. В. Цайц // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 2(141). – С. 19–34. – DOI 10.24412/2227-9407-2023-2-19-34.
4. Повышение эффективности получения семян льна-долгунца при комбайновой уборке / В. А. Шаршунов, М. В. Цайц, С. В. Курзенков [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 7(146). – С. 44–59. – DOI 10.24412/2227-9407-2023-7-44-59.
5. Экономическая эффективность механизации сельскохозяйственного производства / А. В. Шпилько [и др.]. – М., 2001. – 345 с.

6. Новиков, А. И. Эконометрика: учеб. пособие для вузов / А. И. Новиков. – 2-е изд. – М: ИНФРА-М., 2007. – 144 с.
7. Рекомендации по тарификации механизированных и ручных работ в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]: 2007–2023, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://www.mshp.gov.by/information/zarplata/commercial/f09549959cea93d0.html>. – Дата доступа: 07.02.2023.
8. Примерное Положение об оплате труда работников [Электронный ресурс]: 2007–2023, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://www.mshp.gov.by/information/zarplata/commercial/f2110042179b6424.html>. – Дата доступа: 07.02.2023.
9. Налоговый кодекс Республики Беларусь (особенная часть) от 29.12.2009 г. №71-3 [Электронный ресурс] – 2018 – Режим доступа: <http://www.lida-servis.by/files/10.doc> – Дата доступа: 07.02.2023.
10. Белорусский правовой портал // Постановление Минтруда и соцзащиты Беларуси от 26.09.2003 г. № 108 [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <http://www.pravoby.info/tema/mintruda/page20.htm>. – Дата доступа: 8.01.2023.
11. Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь //закон Республики Беларусь от 29.06.2006 г. №138-3 [Электронный ресурс] – 2023 – Режим доступа: <http://www.vsavm.by/help5.doc> – Дата доступа: 03.02.2023.
12. Об утверждении Инструкции о порядке начисления амортизации основных средств и нематериальных активов: утв. постановлением М-ва экономики Респ. Беларусь, М-ва финансов Респ. Беларусь и М-ва архитектуры и строительства Республики Беларусь от 27 февраля 2009 г. № 37/18/6.
13. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений: учеб. пособие для вузов. – Киев: Урожай, 1986 – 118 с.

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПУТЕМ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ИХ ХРАНЕНИЯ

В. С. АСТАХОВ, Г. О. ИВАНЧИКОВ

*УО «Белорусская государственная орденом Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407*

(Поступила в редакцию 25.09.2023)

Удобрения играют ключевую роль в сельском хозяйстве, обеспечивая растения необходимыми питательными веществами для их роста и развития. Они помогают улучшить плодородие почвы, повысить урожайность и качество продукции. Кроме того, удобрения способствуют улучшению сопротивляемости растений к болезням и вредителям, а также сокращению времени вегетации. Благодаря правильному применению удобрений, сельскохозяйственные предприятия могут достичь устойчивого и экологически безопасного производства пищевых продуктов, что является важным фактором для обеспечения пищевой безопасности в мире. Однако, для того чтобы удобрения могли полностью выполнять свою функцию, необходимо обеспечить их правильное хранение.

В ходе исследования были проанализированы различные аспекты, влияющие на условия хранения твердых минеральных удобрений в Республике Беларусь и западных странах. В качестве ключевых факторов были выделены использование передовых технологий упаковки и контроля, системы вентиляции, а также контроль влажности и температуры.

Опираясь на полученные результаты сравнительного анализа, были разработаны рекомендации по оптимизации складских условий в Республике Беларусь. Применение передовых технологий упаковки, таких как использование герметичных материалов с барьерными свойствами, позволит предотвратить проникновение влаги и воздуха внутрь удобрений. Модернизация систем вентиляции на складах удобрений будет способствовать поддержанию оптимальных условий влажности и предотвращению образования плесени и конденсации. Установка систем контроля влажности и температуры позволит постоянно отслеживать и регулировать эти параметры для обеспечения стабильных условий хранения удобрений.

Рекомендуется также проведение обучения персонала, ответственного за хранение удобрений, с учетом передового опыта и практик западных стран. Обучение должно включать ознакомление с передовыми технологиями упаковки и контроля, принципами работы с системами вентиляции, а также методами контроля влажности и температуры. Обучение персонала позволит эффективно осуществлять контроль и поддерживать оптимальные условия хранения удобрений.

Ключевые слова: *минеральные удобрения, гранулированные минеральные удобрения, сельское хозяйство, хранение удобрений.*

Fertilizers play a key role in agriculture by providing plants with the necessary nutrients for their growth and development. They help improve soil fertility, increase productivity and product quality. In addition, fertilizers help improve plant resistance to diseases and pests, as well as reduce the growing season. Through the correct use of fertilizers, agricultural businesses can achieve sustainable and environmentally friendly food production, which is an important factor in ensuring global food security. However, in order for fertilizers to fully perform their function, it is necessary to ensure their proper storage.

During the study, various aspects affecting the storage conditions of solid mineral fertilizers in the Republic of Belarus and Western countries were analyzed. The use of advanced packaging and control technologies, ventilation systems, and humidity and temperature control were highlighted as key factors.

Based on the results of the comparative analysis, recommendations were developed for optimizing warehouse conditions in the Republic of Belarus. The use of advanced packaging technologies, such as the use of sealed materials with barrier properties, will prevent the penetration of moisture and air into the fertilizers. Upgrading ventilation systems in fertilizer warehouses will help maintain optimal humidity conditions and prevent mold and condensation. Installing humidity and temperature control systems will allow you to constantly monitor and adjust these parameters to ensure stable storage conditions for fertilizers.

It is also recommended that personnel responsible for storing fertilizers be trained, taking into account the best practices and practices of Western countries. Training should include familiarization with advanced packaging and control technologies, ventilation system principles, and humidity and temperature control methods. Personnel training will allow you to effectively monitor and maintain optimal storage conditions for fertilizers.

Key words: *mineral fertilizers, granulated mineral fertilizers, agriculture, fertilizer storage.*

Введение

Сельское хозяйство играет важную роль в экономике Республики Беларусь, и эффективное использование удобрений является одним из ключевых факторов в достижении высоких урожаев и повышении качества продукции. Однако, проблемы, связанные с хранением твердых минеральных удобрений, могут привести к потере их качества и снижению их эффективности. В связи с этим, необходимо провести сравнительный анализ условий хранения удобрений, чтобы выявить возможные недостатки и предложить рекомендации для их устранения. Для выполнения данного исследования были собраны данные о складских условиях хранения твердых минеральных удобрений в Республике Беларусь и западных странах. Были проанализированы такие параметры, как температура, влажность, вентиляция, освещение и контроль за качеством в различных складских помещениях. По-

лученные данные были сопоставлены и проанализированы с целью выявления отличий и схожих моментов между условиями хранения в Беларуси и западных странах.

Целью данной научной статьи является сравнительный анализ условий хранения твердых минеральных удобрений в Республике Беларусь и западных странах.

Основная часть

В ходе проведенного исследования были проанализированы различные аспекты, влияющие на условия хранения твердых минеральных удобрений в каждой из рассматриваемых стран. Приведем краткое описание уникальных особенностей, выявленных в результате сравнительного анализа:

Германия: Германия славится передовыми технологиями и высокими стандартами упаковки удобрений. В стране широко применяются герметичные упаковочные материалы с барьерными свойствами, которые предотвращают проникновение влаги и воздуха внутрь удобрений. Также в Германии активно используются автоматизированные системы мониторинга и контроля, позволяющие наблюдать за условиями хранения и оперативно реагировать на изменения. Ниже приведен список основных систем и производителей, которые вовлечены в описанные процессы.

Упаковочные материалы:

– Multifol®: Барьерные пленки, предотвращающие проникновение влаги и кислорода.

– Hermetic packaging systems: Герметичные упаковочные системы, которые обеспечивают длительное хранение удобрений в контролируемой атмосфере.

Автоматизированные системы мониторинга и контроля:

– FarmFacts: Системы мониторинга и аналитики для сельскохозяйственных предприятий.

– CropWatch: Автоматическая система мониторинга условий хранения урожая и удобрений.

Технологии управления складами:

– Viastore: Интегрированные системы управления складами и логистики.

– SSI SCHÄFER: Системы хранения и управления складами для различных отраслей, включая сельское хозяйство.

Контролируемая среда хранения:

– Crop-Protector: Технологии для контроля и поддержания оптимальной среды хранения удобрений.

Инновационные материалы и технологии упаковки:

– Smart Packaging Solutions: Инновационные решения для упаковки с контролем условий хранения.

– Sustainable Packaging Solutions: экологически устойчивые упаковочные материалы, способствующие сохранению качества удобрений.

Нидерланды: В Нидерландах основное внимание уделяется системам вентиляции на складах удобрений. Благодаря современным системам вентиляции обеспечивается эффективный контроль влажности и предотвращается образование плесени и конденсации.

В ходе анализа были определены следующие актуальные системы вентиляции:

– Climatex: Система вентиляции с регулировкой влажности и температуры, предотвращающая образование плесени и конденсации на складах удобрений.

– AgroVent: Специальные вентиляционные системы, разработанные для агропромышленности, включая склады удобрений, обеспечивающие оптимальные условия хранения.

– Tube Ventilation: Системы трубчатой вентиляции, которые создают циркуляцию воздуха внутри склада, обеспечивая равномерное распределение температуры и влажности.

– Roof Ventilation Systems: Вентиляционные системы на крыше, способные эффективно выводить отработанный воздух и поддерживать оптимальные условия внутри помещения.

– Mechanical Ventilation: Механические системы вентиляции, оснащенные автоматическими регуляторами, которые адаптировали скорость вентиляции в зависимости от условий внутри склада.

– Natural Ventilation: Системы натуральной вентиляции, использующие естественные воздушные потоки для поддержания оптимальных условий в помещении.

– Heat Recovery Ventilation: Системы с рекуперацией тепла, которые помогают снизить энергопотребление и сохранить оптимальную температуру внутри склада.

Франция: Во Франции особое внимание уделяется системам контроля температуры на складах удобрений. Это позволяет поддерживать оптимальные условия хранения, предотвращая высокие и низкие температуры, которые могут негативно сказываться на качестве удобрений.

Из основных систем отдельно можно выделить:

- TempAlert: Система мониторинга и контроля температуры, которая предупреждает о любых резких изменениях и аномалиях внутри склада удобрений.
- ClimateMaster: Интегрированная система управления климатом, которая регулирует температуру внутри склада согласно заранее заданным параметрам.
- ThermaGuard: Автоматическая система контроля температуры, которая использует сенсоры и термостаты для поддержания стабильных условий на складе.

Дания: В Дании применяются инновационные системы контроля влажности на складах удобрений. Это позволяет поддерживать стабильные условия влажности и предотвращать накопление влаги, что может привести к деградации удобрений.

Примеры применяемых систем:

- HumiControl: Интеллектуальная система управления влажностью, которая контролирует уровень влажности на складе удобрений и принимает соответствующие меры для предотвращения конденсации.
- MoistureGuard: Автоматизированная система мониторинга влажности, которая предупреждает о возможных уровнях влажности, превышающих допустимые значения, и позволяет оперативно реагировать на подобные ситуации.
- HumidityTracker: Система отслеживания уровня влажности, обеспечивающая постоянное наблюдение и контроль за условиями хранения удобрений.

Соединенные Штаты Америки: В Соединенных Штатах Америки основное внимание уделяется системам мониторинга и контроля на складах удобрений. Применение передовых технологий позволяет оперативно обнаруживать и реагировать на изменения условий хранения, включая температуру, влажность и другие параметры. Системы используемые в США в целом схожи с европейскими.

Первым важным аспектом является использование передовых технологий упаковки и контроля в западных странах. Применение многослойных полимерных материалов с барьерными свойствами позволяет создавать герметичную упаковку, предотвращающую проникновение влаги и воздуха. Это существенно снижает риск потери питательных веществ и сохраняет высокую эффективность удобрений на протяжении продолжительного периода хранения [1, 2]. Пример использования герметичных упаковок и размещения их на складах можно наблюдать на рис. 1. Дополнительно, автоматические системы мониторинга и контроля позволяют постоянно отслеживать условия хранения, включая температуру, влажность и другие факторы, которые могут влиять на качество удобрений. Это обеспечивает оперативное реагирование на изменения и принятие соответствующих мер для поддержания оптимальных условий хранения.



Рис. 1. Пример использования герметичных упаковок и размещения их на складах

Однако, в Республике Беларусь наблюдаются проблемы, связанные с неправильной упаковкой твердых минеральных удобрений. Некачественная или недостаточно плотная упаковка может привести к проникновению влаги и воздуха, что в конечном итоге может привести к деградации удобрений и снижению их эффективности. Кроме того, отсутствие соответствия упаковки стандартам и требованиям может вызвать дополнительные потери питательных веществ [3].

Важным аспектом условий хранения является также контроль за влажностью и температурой. Высокая влажность может способствовать конденсации и образованию плесени, что негативно сказывается на качестве удобрений и может привести к их деградации. С другой стороны, низкая влажность может привести к образованию агломератов, затрудняющих дозирование и применение удобрений. Контроль за температурой также является важным аспектом хранения удобрений, поскольку высокие

или низкие температуры могут вызвать изменения в химическом составе удобрений и снижение их эффективности. К сожалению, в Республике Беларусь такой качественный подход к хранению твердых гранулированных минеральных удобрений используется крайне редко и иногда не в полном комплексе, либо же не применяется вовсе. Все это приводит к вышеуказанным проблемам. И если даже не затрагивать вред от неправильного хранения по отношению к самим удобрениям, что также отмечается в статье, большой урон наносится и экономике, так как твердые минеральные удобрения – это довольно дорогостоящий продукт, который обеспечивает значительную часть государственного бюджета за счет экспорта [4]. Поэтому проведение оптимизации условий хранения твердых минеральных удобрений является вполне обоснованной и необходимой процедурой.

Основываясь на сравнительном анализе условий хранения, предлагаются следующие конкретные пути решения проблем, связанных с хранением твердых минеральных удобрений в Республике Беларусь:

Улучшение качества упаковки с использованием передовых технологий: 1) внедрение стандартов и требований к качеству упаковки удобрений, включая многослойные полимерные материалы с барьерными свойствами, позволит гарантировать надежность упаковки, исключить проникновение влаги и воздуха, а также минимизировать потери питательных веществ и сохранить высокую эффективность удобрений;

2) модернизация систем вентиляции: рекомендуется осуществить модернизацию систем вентиляции на складах удобрений в Беларуси. Внедрение эффективных систем вентиляции, как показано на рис. 2, позволит обеспечить циркуляцию воздуха, поддерживать оптимальные уровни влажности и предотвращать образование плесени и конденсации.

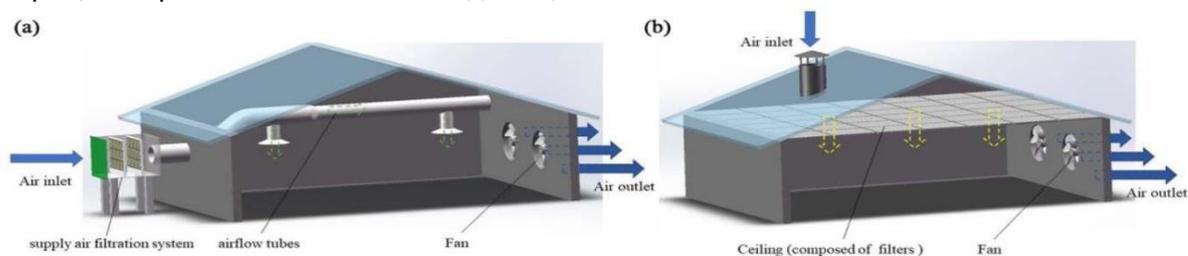


Рис. 2. Принципиальная схема систем фильтрации и вентиляции приточного воздуха.
(а): Система вентиляции приточного воздуха; (б): Потолочная система вентиляции воздуха

Контроль влажности и температуры: рекомендуется внедрить системы контроля влажности и температуры на складах удобрений. Такие системы обеспечат постоянный мониторинг и поддержание оптимальных условий хранения, предотвращая образование агломератов, деградацию удобрений и снижение их эффективности.

Обучение персонала: рекомендуется проводить обучение персонала, ответственного за хранение удобрений, с учетом передового опыта западных стран. Обучение должно включать ознакомление с передовыми технологиями упаковки и контроля, принципами работы с системами вентиляции, а также методами контроля влажности и температуры. Это позволит персоналу эффективно осуществлять контроль и поддерживать оптимальные условия хранения.

Стоит также отметить, что соблюдение оптимальных условий хранения твердых гранулированных минеральных удобрений имеет важное значение для обеспечения их качества и эффективности в Республике Беларусь. Вот несколько примеров, демонстрирующих важность соблюдения этих условий:

1. Сохранение целостности гранул: твердые гранулированные удобрения имеют специальную структуру, в которой питательные вещества равномерно распределены по гранулам. Соблюдение оптимальных условий хранения, таких как низкая влажность и стабильная температура, позволяет предотвратить размягчение и деформацию гранул. Если условия хранения не соблюдаются, гранулы могут стать хрупкими, распадаться или образовывать агломераты, что затруднит их использование и применение на поле.

2. Сохранение питательных веществ: гранулированные удобрения содержат определенные концентрации питательных веществ, таких как азот, фосфор и калий. Соблюдение оптимальных условий хранения позволяет сохранить эти питательные вещества в стабильной форме и предотвратить их потери или деградацию. Высокая влажность может способствовать вымыванию питательных веществ из гранул, а высокая температура может вызвать их разложение. Поэтому контроль влажности и тем-

пературы на протяжении всего процесса хранения является важным фактором для сохранения высокой питательной ценности удобрений.

Предотвращение образования плесени и конденсации: Высокая влажность и неправильные условия вентиляции могут способствовать образованию плесени и конденсации на гранулах удобрений. Плесень может быть источником микроорганизмов, которые могут разрушать гранулы и деградировать питательные вещества. Конденсация, в свою очередь, может вызывать слипание гранул и образование агломератов. Правильная вентиляция и контроль влажности помогут предотвратить эти проблемы и сохранить качество гранулированных удобрений.

Повышение эффективности применения: Гранулированные удобрения имеют удобную форму для дозирования и применения на поле [5]. Однако, если гранулы не хранятся в соответствии с оптимальными условиями, их качество и равномерность распределения питательных веществ могут быть нарушены. Это может привести к неравномерному применению удобрений на поле, что снизит их эффективность и потенциально повлияет на урожайность и качество получаемой продукции.

Заключение

Путем решения данных проблем и внедрения предложенных путей решения на основе приведенного анализа, Республика Беларусь сможет значительно повысить качество и эффективность хранения твердых минеральных удобрений. Это, в свою очередь, приведет к улучшению условий сельскохозяйственного производства и сокращению потерь удобрений как дорогостоящего ресурса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павловский, В. Точное земледелие – умная технология XXI века / В. Павловский, А. Мучинский, Г. Добыш // Белорусское сельское хозяйство. – 2011. – №4. – С. 27–31.

2. Астахов, В. С. Возможный качественный прорыв при дифференцированном внесении гранулированных минеральных удобрений / В. С. Астахов // Вестн. Белорус. Гос. с-х. акад. – 2019. – №1. – С. 158–161.

3. Технично-экономические аспекты дифференцированного внесения удобрений в системе точного земледелия / Л. Я. Степук [и др.] // Вестник БГСХА. – 2012. – №3. – С. 110–116.

4. Астахов, В. С., К вопросу учёта физико-механических свойств твёрдых минеральных удобрений при разработке перспективных машин для их внесения / В. С. Астахов, Г. О. Иванчиков // Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых «Молодежь и инновации – 2022», Горки, 25–27 мая 2022 г., С. 91–94.

5. Астахов, В. С. К вопросу значимости минеральных удобрений в управлении производственным процессом и повышение их эффективности при использовании различных машин и способов внесения / В. С. Астахов, Г. О. Иванчиков // Вестник БГСХА – Горки: 2022 – №2 – С. 192–194.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЕТАЛЕЙ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ КАРДАНЫХ ПЕРЕДАЧ

А. В. ПОПРУКАЙЛО, Г. А. КОСТЮКОВИЧ, М. Е. КИПНИС

ОАО «Белкард»,
г. Гродно, Республика Беларусь, 230026, e-mail: ogt@belcard-grodno.com,
gsktb@belcard-grodno.com, maratkipnis@mail.ru,

Д. С. КАЛЫНОВ

ООО «Викон – Авто»,
г. Чкаловск, Российская Федерация; 606540, e-mail: vikon_v@mail.ru

(Поступила в редакцию 03.10.2023)

Карданные передачи являются неотъемлемой частью подавляющего большинства современных грузовых автомобилей различного назначения, а также специальной техники. Возрастающие требования к автомобильной технике, в первую очередь к повышению качества и надежности узлов транспортных средств, требуют совершенствования их конструкций, применяемых материалов и технологий производства.

Важной особенностью конструкции карданных передач является наличие шлицевого соединения. Шлицевое соединение предназначено для компенсации изменения длины карданной передачи при ее эксплуатации, является элементом, имеющим наибольшие зазоры и нагрузки в паре трения, обусловленные действием крутящего момента и осевых сил, и во многом определяет долговечность карданной передачи. Эти силы в трансмиссиях автомобилей в тяжелых условиях движения достигают 50 кН. Одним из методов повышения долговечности пар трения является применение антифрикционных покрытий. При этом осевые силы уменьшаются в 5 раз, что более чем в 2–3 раза повышает эксплуатационный ресурс подшипников коробок передач и ведущих мостов, а также износостойкость самих подвижных шлицевых соединений. Технология нанесения антифрикционных полимерных покрытий достаточно сложна и требует применения специального оборудования, специальных методов подготовки поверхности и точного соблюдения температурных режимов.

В статье представлен анализ технологии формирования антифрикционного полимерного покрытия на деталях шлицевых соединений карданных передач. Показано, что применение разработанной и внедренной в производство ОАО «Белкард», г. Гродно установки для нанесения полимерного покрытия в псевдоожиженном слое позволяет оптимизировать технологию нанесения полимерного покрытия шлицевых втулок карданных передач, значительно повысить стабильность и производительность процесса, улучшить качество и условия труда.

Ключевые слова: карданная передача, шлицевое соединение, шлицевая втулка, антифрикционное покрытие, псевдоожиженный слой, технология покрытий, установка для нанесения покрытий.

Cardan transmissions are an integral part of the vast majority of modern trucks for various purposes, as well as special equipment. Increasing requirements for automotive technology, primarily for improving the quality and reliability of vehicle components, require improvement of their designs, materials used and production technologies.

An important design feature of cardan gears is the presence of a splined connection. The spline connection is designed to compensate for changes in the length of the cardan transmission during its operation; it is the element that has the largest gaps and loads in the friction pair due to the action of torque and axial forces, and largely determines the durability of the cardan transmission. These forces in vehicle transmissions in difficult driving conditions reach 50 kN. One of the methods for increasing the durability of friction pairs is the use of antifriction coatings. At the same time, axial forces are reduced by 5 times, which increases the service life of gearbox and drive axle bearings by more than 2–3 times, as well as the wear resistance of the movable spline joints themselves. The technology for applying antifriction polymer coatings is quite complex and requires the use of special equipment, special surface preparation methods and precise adherence to temperature conditions.

The article presents an analysis of the technology for forming an antifriction polymer coating on the parts of splined joints of cardan transmissions. It is shown that the use of an installation for applying a polymer coating in a pseudo-fluidized bed, developed and put into production by Belkard OJSC, Grodno, makes it possible to optimize the technology for applying a polymer coating to splined bushings of cardan transmissions, significantly increase the stability and productivity of the process, and improve the quality and working conditions.

Key words: cardan transmission, spline connection, spline bushing, anti-friction coating, pseudo-fluidized bed, coating technology, coating installation.

Введение

Предъявляемые в настоящее время требования к долговечности и конкурентоспособности автотракторной техники вызывают необходимость значительного увеличения долговечности входящих в нее агрегатов, в том числе и карданных передач. Элементом, определяющим срок службы карданной передачи, является шлицевое соединение. Износ шлицевого соединения приводит к нарушению центрирования шлицев, что вызывает вибрацию карданной передачи, отрицательно сказывающуюся на долговечность соединяемых агрегатов и условиях работы водителя. Поэтому применяют различные способы обработки поверхностей шлицевых соединений, чтобы уменьшить осевые усилия, а также обеспечить защиту от коррозии.

В карданных передачах производства ОАО «Белкард», г. Гродно для снижения осевых усилий, возникающих при изменении длины карданной передачи, и увеличения срока службы на рабочие поверхности шлицевой втулки наносится полимерное покрытие на основе Полиамида 11, позволяющее снизить коэффициент трения в сопряжении. Полиамид 11 является одним из наиболее прочных термопластов, имеет хорошие антифрикционные свойства и износостойкость, стоек к воздействию влаги, масел и высоких температур, вызывающих искажение формы. Покрытие устраняет шум, возникающий при работе, и служит до некоторой степени демпфером возникающих колебаний.

Основная часть

Традиционно технологический процесс нанесения на детали шлицевого соединения карданных передач антифрикционного полимерного покрытия в псевдооживленном (кипящем) слое состоит из следующих операций: предварительная подготовка поверхностей шлицевой втулки, грунтовка, предварительный нагрев, погружение в псевдооживленный слой полимера (рис. 1).

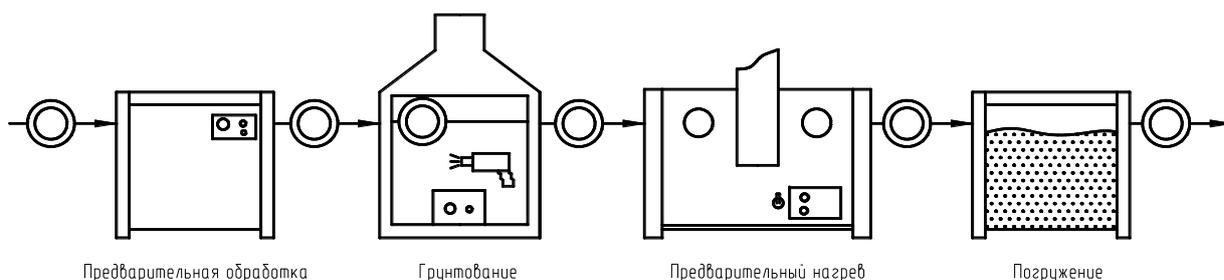


Рис. 1. Схема технологического процесса нанесения полимерного покрытия

При проведении процесса нанесения покрытия в псевдооживленном (кипящем) слое загрунтованную шлицевую втулку предварительно нагревают в течении определенного периода времени, продолжительность которого зависит от формы и массы детали, до температуры, превышающей температуру плавления полимера. Затем нагретую деталь погружают в псевдооживленный (кипящий) слой порошка, который перемешивается или флюидизируется струей воздуха со средним напором, проходящей сквозь пористую мембрану на дне установки.

Суспендированный порошок ведет себя также, как жидкость, поэтому частички порошка распределяются по всей поверхности детали, достигая самых труднодоступных мест. Соприкасаясь с нагретой поверхностью, они плавятся, образуя слой покрытия.

Для нанесения полимерного покрытия на детали в псевдооживленном слое преимущественно применяются одноместные установки для нанесения полимерного покрытия (рис. 2).

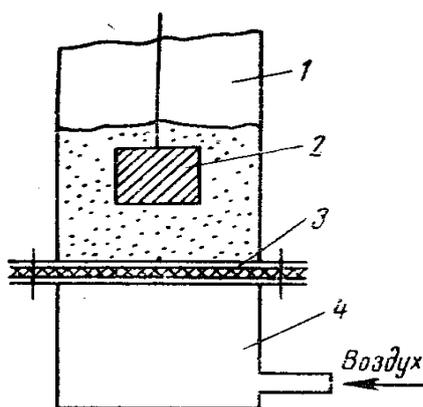


Рис. 2. Схема одноместной установки нанесения полимерного покрытия:
1 – камера рабочая; 2 – изделие; 3 – перегородка пористая; 4 – камера воздушная

Недостатком таких установок является то, что деталь в зону контакта с полимерным порошком индивидуально помещается вручную. При этом позиционирование детали и время её нахождения в псевдооживленном слое контролируется оператором, что не позволяет обеспечить стабильность процесса по точности толщины и равномерности слоя полимерного покрытия. Кроме того, при выполнении операции по нанесению полимерного покрытия оператор, удерживая покрываемую деталь усилием руки, испытывает значительные физические нагрузки. Это приводит к повышенной утомляемо-

сти и ослаблению внимания к контролируемым параметрам процесса в течение смены, а также к снижению производительности выполнения операции.

Так же применяются конвейерные установки для нанесения покрытия (рис. 3), у которых детали подвергаемые полимерному покрытию, располагаются на подвесном конвейере и опускаются в емкость с псевдооживленным полимерным порошком по мере продвижения конвейера.

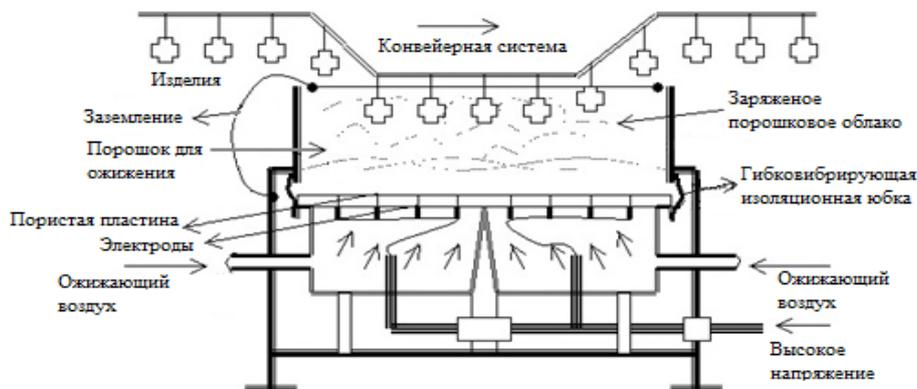


Рис. 3. Схема конвейерной установки для нанесения полимерного покрытия

Недостатком таких установок является то, что для размещения полимерного порошка необходима ёмкость большого объёма, требующая постоянного пополнения для поддержания требуемого уровня псевдооживленного слоя полимерного порошка, установка занимает большие производственные площади и требует значительного количества обслуживающего персонала. Кроме того, навеска деталей на конвейер нетехнологична, поскольку связана с необходимостью применения большой номенклатуры дополнительной оснастки для закрепления и подвески деталей что приводит к увеличению трудоёмкости.

С целью улучшения качества нанесения полимерного покрытия на шлицевую втулку, улучшения условий труда персонала, повышения производительности выполнения операции по нанесению полимерного покрытия, снижения трудоёмкости, исключения операции по закреплению деталей при подвеске и дополнительной оснастки в ОАО «Белкард» г. Гродно была разработана и внедрена автоматизированная установка для нанесения антифрикционного полимерного покрытия на шлицевые втулки карданных передач (рис. 4).

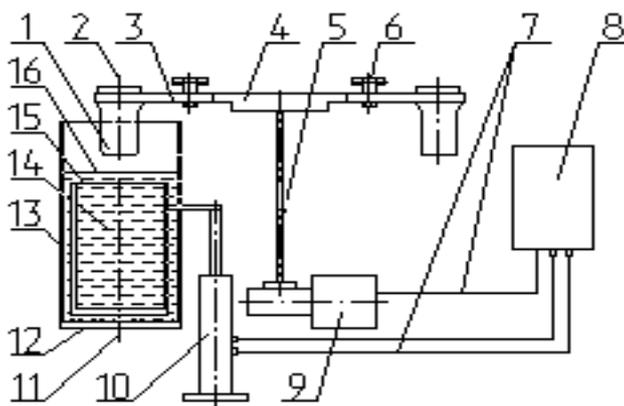


Рис. 4. Схема автоматизированной установки для нанесения антифрикционного полимерного покрытия на шлицевые втулки карданных передач:

1 – шлицевая втулка, подвергаемая полимерному покрытию; 2 – ось шлицевой втулки; 3 – сменный элемент; 4 – многоместная планшайба; 5 – ось; 6 – быстродействующий зажим; 7 – электросеть; 8 – управляющее устройство; 9 – мотор-редуктор; 10 – подающий пневмоцилиндр; 11 – ось рабочей ёмкости; 12 – заправочный резервуар; 13 – рабочая ёмкость; 14 – полимерный порошок; 15 – верхняя кромка рабочей ёмкости; 16 – постоянный уровень полимерного порошка

Установка для нанесения полимерного покрытия в псевдооживленном слое содержит многоместную планшайбу с быстродействующими зажимами и сменными элементами для установки шлицевых втулок, мотор-редуктор привода многоместной планшайбы, рабочую ёмкость и заправочный резервуар с полимерным порошком, подающий пневмоцилиндр, управляющее устройство, коммутацион-

ную пневмо- и электросеть. При этом детали, подвергаемые покрытию, на исходных позициях расположены по кругу на сменных элементах и в зону контакта с полимерным порошком поступают автоматически на заданный промежуток времени, а в рабочей емкости обеспечен постоянный уровень псевдооживленного полимерного порошка.

Детали, подвергаемые покрытию, на исходных позициях расположены по кругу, чем достигается компактность установки, при этом обеспечена возможность переналадки установки за счёт сменных элементов многоместной планшайбы, что позволяет выполнять покрытие шлицевых втулок различной номенклатуры. В зону контакта с полимерным порошком шлицевые втулки поступают автоматически на заданный промежуток времени за счёт чего повышена точность глубины погружения детали в псевдооживленный слой и что обеспечивает стабильность длины поверхностей детали, покрываемых полимером, а также равномерность и точность по толщине слоя полимерного покрытия. Конструкция заправочной ёмкости обеспечивает постоянный уровень псевдооживленного слоя полимерного порошка в рабочей ёмкости. Кроме того, установка улучшает условия труда персонала, повышает стабильность процесса и производительность выполнения операции по нанесению полимерного покрытия.

Шлицевые втулки 1 устанавливаются в сменные элементы 3, которые крепятся на многоместной планшайбе 4. Многоместная планшайба 4 вместе со втулками 1 вращается на оси 5 мотор-редуктором 9. Полимерный порошок 14 в псевдооживленном состоянии находится в рабочей емкости 13, которая соединена с подающим пневмоцилиндром 10. При вращении планшайбы 4 в момент, когда ось 2 шлицевой втулки 1 совпадает с осью 11 рабочей емкости 13 вращение многоместной планшайбы 4 прекращается, подающий пневмоцилиндр 10 поднимает рабочую емкость 13 на заданную высоту. Шлицевая втулка 1 попадает в зону контакта с полимерным порошком 14 на заданный промежуток времени, в течение которого происходит наплавление полимерного порошка 14 на поверхности шлицевой втулки 1, погруженные в псевдооживленный слой. По истечении заданного промежутка времени подающий пневмоцилиндр 10 опускает рабочую емкость 13 в исходное положение, многоместная планшайба 4 поворачивается на заданный угол и цикл нанесения полимерного покрытия повторяется для следующей детали. Коммутационная пневмо- и электросеть 7 обеспечивает связь управляющего устройства 8 с мотор-редуктором 9 и подающим пневмоцилиндром 10. Управляющее устройство 8 позволяет регулировать угол поворота планшайбы 4, высоту подъёма рабочей емкости 13 и время нахождения шлицевой втулки 1 в псевдооживленном слое полимерного порошка 14. Рабочая емкость 13 располагается в заправочном резервуаре 12, в котором поддерживается постоянный уровень 16 полимерного порошка 14. В нижнем положении рабочей емкости 13 её верхняя кромка 15 опускается ниже уровня 16. За счёт этого при каждом цикле происходит пополнение рабочей емкости 13 полимерным порошком 14 из заправочного резервуара 12. В результате в процессе работы установки обеспечивается постоянное количество полимерного порошка 14 в рабочей емкости 13, чем достигается стабильность глубины погружения шлицевых втулок 1 в псевдооживленный слой.

Переналадка установки для нанесения полимерного покрытия на шлицевые втулки различной номенклатуры выполняется за счёт установки на многоместную планшайбу 4 соответствующих сменных элементов 3, которые крепятся быстродействующими зажимами 6. Управляющее устройство 8 обеспечивает точное позиционирование шлицевой втулки 1 при её опускании в псевдооживленный слой полимерного порошка 14 и время нахождения детали в зоне контакта с полимерным порошком.

Заключение

Внедрение автоматизированной установки для нанесения антифрикционного полимерного покрытия на шлицевые втулки карданных передач позволило обеспечить стабильность процесса по длине покрытия поверхностей шлицевых втулок, точность толщины и равномерность наносимого покрытия до 50 мкм. Кроме того, улучшены условия труда персонала и повышена производительность выполнения операции по нанесению полимерного покрытия.

Разработанная конструкция автоматизированной установки для нанесения антифрикционного полимерного покрытия на шлицевые втулки карданных передач защищена патентом №13054 Республики Беларусь и внедрена в производстве ОАО «Белкард», г.Гродно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравченко, В. И. Карданные передачи: конструкции, материалы, применение / В. И. Кравченко, Г. А. Костюкович, В. А. Струк. – Минск: Тэхналогія, 2006. – 409 с.
2. Малаховский, Я. Э. Карданные передачи / Я. Э. Малаховский, А. А. Лапин, Н. К. Веденеев. – М.: Машгиз, 1962. – 156 с.
3. Беркер, А. Х. Проектирование универсальных шарниров и ведущих валов / А. Х. Беркер. – Л.: Машиностроение, 1984. – 464 с.
4. Иванов, С. Н. Трансмиссионные валы нового поколения / С. Н. Иванов // Автомобильная промышленность. – 1998. – № 11. – С. 23–27.
5. Иванов, С. Н. Карданные передачи ведущих валов трансмиссий машин и систем (конструкция, теория, расчёт, испытания, эксплуатация, ремонт) / С. Н. Иванов. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2014. – 232 с.
6. Костюкович, Г. А. Установка для нанесения полимерного покрытия в псевдооживленном слое: полезная модель 13054 Республики Беларусь / Г. А. Костюкович, М. Е. Кипнис, А. В. Попрукайло; дата публ.: 03.10.2022.

МЕЛИОРАЦИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

УДК 631.67:633.34

БИОКЛИМАТИЧЕСКИЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ СОИ И ИХ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Е. А. ВЧЕРАШНИЙ, В. И. ЖЕЛЯЗКО

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407,

(Поступила в редакцию 13.11.2023)

Республика Беларусь, как страна с интенсивно развивающимся животноводством, нуждается в укреплении собственной кормовой базы. Повышение эффективности животноводства достигается множеством факторов, главным из которых является полноценное и сбалансированное кормление сельскохозяйственных животных. На территории Республики Беларусь наблюдается рост среднегодовой температуры воздуха и сельское хозяйство уже сталкивается с проблемой недостаточной влагообеспеченности сельскохозяйственных культур, пересыханием пахотного слоя и другими проявлениями засух.

Оросительные мелиорации в сложившейся ситуации являются гарантом получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. При разработке проектного режима орошения основным фактором является величина декадного и суммарного водопотребления. От точности определения водопотребления зависит величина поливной и оросительной нормы, которые в свою очередь формируют величину производственных затрат на проведение орошения. При расчете водопотребления широко применяется биоклиматический метод. Основным недостатком данного метода является изменчивость биоклиматических коэффициентов не только по регионам, но и в пределах одной климатической зоны по годам в зависимости от погодных условий. В результате проведения исследований установлены декадные биоклиматические коэффициенты водопотребления сои по годам проведения исследований. Средние за период вегетации биоклиматические коэффициенты сои для сухого (2015 г.) и влажного (2017 г.) составляли 0,81 и 0,61 соответственно. Изменчивость биоклиматических коэффициентов существенна и может приводить к погрешностям при расчете режима орошения. Для корректировки биоклиматических коэффициентов водопотребления сои для конкретного года получена расчетная зависимость с коэффициентом детерминации 0,81. Расчеты водопотребления с применением полученной зависимости показывают, что отклонения от фактически полученного водопотребления, в результате проведения опыта, в среднем не превышают 4,45 %.

Ключевые слова: орошение, биоклиматические коэффициенты, соя, режим орошения, суммарное водопотребление.

The Republic of Belarus, as a country with intensively developing livestock farming, needs to strengthen its own feed base. Increasing the efficiency of livestock farming is achieved by many factors, the main one of which is complete and balanced feeding of farm animals. On the territory of the Republic of Belarus, there is an increase in the average annual air temperature and agriculture is already faced with the problem of insufficient moisture supply for crops, drying out of the arable layer and other manifestations of droughts.

Irrigation reclamation in the current situation is a guarantee of obtaining high and stable crop yields. When developing a design irrigation regime, the main factor is the amount of ten-day and total water consumption. The accuracy of determining water consumption determines the value of irrigation and irrigation norms, which in turn form the value of production costs for irrigation. When calculating water consumption, the bioclimatic method is widely used. The main disadvantage of this method is the variability of bioclimatic coefficients not only across regions, but also within one climatic zone over the years depending on weather conditions. As a result of the research, ten-day bioclimatic coefficients of soybean water consumption were established by year of research. The average soybean bioclimatic coefficients for the growing season for dry (2015) and wet (2017) were 0.81 and 0.61, respectively. The variability of bioclimatic coefficients is significant and can lead to errors in calculating the irrigation regime. To adjust the bioclimatic coefficients of soybean water consumption for a specific year, a calculated relationship with a coefficient of determination of 0.81 was obtained. Calculations of water consumption using the obtained dependence show that deviations from the actual water consumption obtained as a result of the experiment do not exceed 4.45 % on average.

Key words: irrigation, bioclimatic coefficients, soybeans, irrigation regime, total water consumption.

Введение

Климат всегда оказывал существенное влияние на человеческую деятельность. Особенно подвержены воздействию климата такие погодозависимые отрасли экономики, как сельское, лесное и водное хозяйство. С 1989 года в Беларуси начался самый продолжительный период потепления за все

время инструментальных наблюдений за температурой воздуха на протяжении последних почти 130 лет. За период с 1989 по 2015 г. среднегодовая температура воздуха в Беларуси на 1,3 °С превысила климатическую норму, принятую Всемирной метеорологической организацией (ВМО). Изменение климата вызывает как отрицательные, так и положительные последствия с точки зрения результатов сельскохозяйственного производства. При этом, поскольку происходят изменения сложившегося уклада, то адаптироваться надо к обоим видам последствий. Рост теплообеспеченности в определенных пределах способствует расширению и улучшению структуры растениеводства, но при значительном росте среднегодовой температуры сельское хозяйство в южных и восточных районах Республики Беларусь уже сталкивается с проблемой недостаточной влагообеспеченности сельскохозяйственных культур, пересыханием пахотного слоя и другими проявлениями засух [1, с. 4].

Повышение температуры воздуха в северо-восточной части Беларуси создает благоприятные условия для возделывания такой ценной белковой культуры как соя. Зерно сои содержит от 40 до 45 % белка, 20–23 % масла, до 30 % углеводов, а также богатый комплекс витаминов и минеральных веществ. Наличие в соевом белке полного набора необходимых для животных незаменимых аминокислот обуславливает особый статус этой культуры в мировом земледелии.

Соя влаголюбивая культура, за вегетационный период соя расходует значительно большее количество воды, чем зерновые колосовые культуры. Общий расход воды за период вегетации в зависимости от места и условий выращивания составляет от 3 до 5,5 тыс. м³. При этом максимальное водопотребление наблюдается на фазу цветения и налива бобов. Недостаток почвенной влаги в данный период наиболее негативно влияет урожайность сои [2, с. 147].

Учитывая вышеперечисленные факты, можно сделать вывод, что получение высоких и стабильных урожаев сои возможно при возделывании ее в условиях орошения. При составлении проектного режима орошения основным фактором является величина декадного и суммарного водопотребления. От точности определения водопотребления зависит величина поливной и оросительной нормы, которые в свою очередь формируют величину производственных затрат на проведение орошения.

Разработка проектного режима орошения основана на выполнении водобалансовых расчетов.

Процесс водобалансового расчета состоит из последовательных операций, направленных на определение почвенных влагозапасов в конце очередного расчетного интервала, начиная от исходной даты (начало расчета) и завершая концом оросительного периода. От точности водобалансового расчета зависит точность определения даты начала очередного полива [3, с. 6].

При выполнении водобалансовых расчетов наиболее сложно определить водопотребление. Расчетные методы определения водопотребления основаны на определении корреляционной зависимости между водопотреблением и одним или группой метеорологических показателей.

В настоящее время широко применяется биоклиматический метод определения водопотребления, теоретически обоснованный А. М. Алпатьевым [4] и внедренный на практике С. М. Алпатьевым [5]. Для условий Республики Беларусь этот метод был доведен до практического применения М. Г. Голченко [6], А. И. Михальцевичем [10]. В качестве метеорологического фактора используется дефицит влажности воздуха как комплексный показатель условий испарения. Основным недостатком данного метода является изменчивость биоклиматических коэффициентов не только по регионам, но и в пределах одной климатической зоны по годам в зависимости от погодных условий.

Данная особенность может внести погрешность в расчеты водопотребления и снизить их качество.

Устранение данного недостатка возможно путем корректировки биоклиматических коэффициентов посредством установления связей их значений с местными метеорологическими показателями.

На территории Республики Беларусь корректировку биоклиматических коэффициентов можно выполнить по формуле, предложенной М. Г. Голченко [6, с. 17]. Формула имеет вид:

$$K_i = \left(-0,46 + 1,46 \frac{\sum d_i}{\sum d_{cp}} \right) K_{cp}, \quad (1)$$

где K_{cp} – среднемноголетнее значение биоклиматического коэффициента характерное для конкретной культуры и расчетного периода при среднемноголетних климатических условиях, мм/мб;

$\sum d_{cp}$ – среднемноголетняя сумма дефицитов влажности воздуха, мб; $\sum d_i$ – сумма дефицитов влажности воздуха для конкретного года, мб.

Формула (1) применима при отношении $\sum d_i / \sum d_{cp} = 0,5 \dots 1,5$. При этом обязательным условием является то, что $\sum d_{cp}$ принимается за тот же расчетный период и осредняется за те же годы, что и K_{cp} .

В свою очередь сезонный ход K_{cp} и $\sum d_{cp}$ отражающий динамику фаз биологического развития культур, вычисляется через сумму среднесуточных температур воздуха, накопленную от начала вегетации к середине расчетного периода используя зависимости:

$$K_{cp} = a_0 + a_1 \sum t_{np} + a_2 \sum t_{np}^2; \quad (2)$$

$$\sum d_{cp} = b_0 + b_1 \sum t_{np} + b_2 \sum t_{np}^2, \quad (3)$$

где $\sum t_{np}$ – сумма среднесуточных температур воздуха, накопленная от посадки (посева) к середине расчетного интервала, уменьшенная в 1000 раз, °С; $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$ – эмпирические коэффициенты, зависящие от вида сельскохозяйственных культур.

Оценка изменчивости биоклиматических коэффициентов для сои при возделывании в северо-восточной части Республики Беларусь в условиях орошения ранее не проводилась, что говорит о актуальности проведения данных исследований.

Основная часть

В 2014–2018 гг. на полях опытно-производственного комплекса «Тушково-1» Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, расположенного в Горечком районе Могилевской области, проводились исследования по определению оптимального водного режима при орошении сои. Почвы опытного участка дерново-палево-подзолистые легкосуглинистые, подстилаемые моренным суглинком с глубины 1 м. На опытном участке высевалась соя сорт «Ясельда», включенный в Государственный реестр в 1998 г. [7, с. 37]. Регулирование водного режима осуществлялось в слое почвы 0–40 см. Мощность расчетного слоя выбрана исходя из гранулометрического состава почвы [8, с. 5] и расположения основной корней. Для сои характерна стержневая корневая система с активно развивающимися многочисленными боковыми корнями, стержневой корень может проникать на глубину до 60 см [2, с. 42]. Технология возделывания сои соответствовала действующим рекомендациям производству [9].

Схема опыта была следующей: вариант 1 – контроль (без орошения); вариант 2 – орошение при снижении предполивной влажности до 60 % НВ; вариант 3 – орошение при снижении предполивной влажности до 70 % НВ; вариант 4 – орошение при снижении предполивной влажности до 80 % НВ. Каждый вариант имеет четырехкратную повторность.

Метеоусловия вегетационного периода фиксировались на метеоплощадке, расположенной в 150 метрах от опытного участка. Контроль за выдаваемой поливной нормой осуществлялся посредством установки дождемеров.

Водопотребление сои по вариантам опыта определялось методом водного баланса. Декадное водопотребление определялось по интегральным кривым, построенным на основании данных полученных методом водного баланса. Биоклиматические коэффициенты определялись расчетным путем по формуле расчета водопотребления, предложенной А. И. Михальцевичем [10], для климатических условий Республики Беларусь:

$$E_i = 1,74 n K_i d_i^{0,4}, \quad (4)$$

где 1,74 – эмпирический коэффициент; n – число суток в расчетном периоде; K_i – биоклиматический коэффициент, вычисленный по дефицитам влажности воздуха, мм/мб; d_i – среднесуточный дефицит влажности воздуха за расчетный период, мб.

Декадные значения биоклиматических коэффициентов для оптимальных условий увлажнения по годам проведения исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1. Декадные значения биоклиматических коэффициентов водопотребления сои

Год	Декада от начала вегетации													Среднее за вегетацию
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
2014	0,35	0,61	0,7	0,86	0,97	0,86	0,89	0,86	0,83	0,97	0,82	0,68	0,35	0,75
2015	0,37	0,65	0,64	0,77	0,85	0,85	1,08	1,02	0,91	0,97	0,85	0,88	0,66	0,81
2016	0,55	0,64	0,71	0,86	0,98	1,07	1,01	0,94	1,07	1,05	0,79	0,64	0,53	0,84
2017	0,39	0,49	0,62	0,65	0,61	0,76	0,73	0,71	0,76	0,66	0,61	0,53	0,46	0,61
2018	0,34	0,58	0,6	0,63	0,68	0,75	0,72	0,74	0,78	0,9	0,78	0,63	0,40	0,66
Среднее за 2014–2018 гг.	0,4	0,59	0,65	0,75	0,82	0,86	0,89	0,85	0,88	0,91	0,77	0,67	0,48	0,73

Анализ полученных биоклиматических коэффициентов показывает, что они возрастают к середине вегетационного периода, достигая наибольших значений в период формирования и налива бобов сои.

В данный период растения сои достигают наибольшей площади листовой поверхности и наиболее требовательны к влаге. Также можно отметить тот факт, что декадные значения биоклиматических коэффициентов водопотребления обладают значительной изменчивостью. Колебания биоклиматических коэффициентов по декадам обусловлены различной тепловлагообеспеченностью, а также характером развития растений и урожайностью. Например, в сухом 2015 г. значения биоклиматических коэффициентов водопотребления сои к середине вегетационного периода достигали 1,02–1,08 мм/мб, а в влажном 2017 г. они не превышали 0,73 – 0,76 мм/мб.

Полученные нами данные хорошо согласуются с исследованиями, проводимыми О. А. Шавлинским при орошении моркови и столовой свеклы [11].

Осредненные за годы исследований биоклиматические коэффициенты могут внести погрешность в расчеты водопотребления сои ввиду значительных их колебаний в зависимости от тепло и влагообеспеченности в условиях одной климатической зоны. В условиях северо-восточной части Республики Беларусь средние за вегетацию биоклиматические коэффициенты водопотребления сои для сухого (2015 г.) и влажного (2017 г.) составляли 0,81 и 0,61 соответственно.

Для определения возможности применения формулы, предложенной М. Г. Голченко для корректировки биоклиматических коэффициентов водопотребления, нами рассчитаны значения параметров B (K_i/K_{cp}) и A (di/d_{cp}). Анализ полученных данных показал, что в отдельные периоды отношение годовых сумм дефицитов влажности воздуха к средним в годы проведения исследований (di/d_{cp}) превышают пределы применимости формулы. По рассчитанным значениям A и B построен график зависимости (рис. 1). Для определения тесноты связи данных показателей использовались: линейная, логарифмическая, степенная и обратная функции.

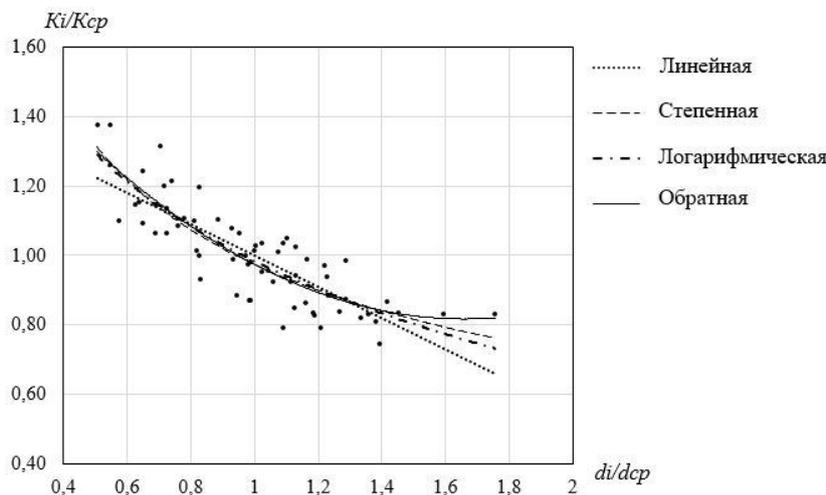


Рис. 1. Изменчивость биоклиматических коэффициентов водопотребления сои

В результате обработки данных методом пошаговой множественной регрессии получены уравнения связи между рассматриваемыми параметрами, позволившие получить расчетные зависимости для расчета значений биоклиматических коэффициентов для конкретного года. Расчетные зависимости и их статистическая оценка полученных зависимостей приведена в табл. 2.

Таблица 2. Зависимости для расчета биоклиматических коэффициентов и их статистическая оценка

Функция	Уравнение связи между параметрами A и B	Расчетная зависимость	Коэффициент корреляции (R)	Коэффициент детерминации (R^2)
Линейная	$B = -0,45A + 1,45$	$K_i = \left(-0,45 + 1,45 \frac{\sum d_i}{\sum d_{cp}} \right) K_{cp}$	0,83	0,69
Степенная	$B = 0,974A^{-0,427}$	$K_i = K_{cp} \left(0,974 \frac{\sum d_i}{\sum d_{cp}} \right)^{-0,436}$	0,85	0,73
Логарифмическая	$B = 0,98 - 0,44 \ln A$	$K_i = \left(0,98 - 0,44 \ln \frac{\sum d_i}{\sum d_{cp}} \right) K_{cp}$	0,86	0,74
Обратная	$B = \left(0,59 + \frac{0,41}{A} \right)$	$K_i = \left(0,59 + 0,41 \frac{\sum d_{cp}}{\sum d_i} \right) K_{cp}$	0,90	0,81

Из табл. 2 видно, что для расчета биоклиматических коэффициентов водопотребления сои следует использовать уравнение полученное по обратной зависимости.

Для определения среднесуточных значений биоклиматических коэффициентов и среднесуточных значений дефицита влажности воздуха на основании экспериментальных данных за годы проведения исследований были получены эмпирические коэффициенты для зависимостей (2) и (3). В результате расчетов для сои полученные уравнения для определения K_{cp} и Σd_{cp} имеют вид:

$$K_{cp} = 0,36 + 0,89\Sigma t_{пр} + 0,36\Sigma t_{пр}^2, \quad (5)$$

$$\Sigma d_{cp} = 53,8 + 45,21\Sigma t_{пр} + 19,52\Sigma t_{пр}^2. \quad (6)$$

Используя полученную обратную зависимость и уравнения (5) и (6), были выполнены расчеты водопотребления, используя формулу (1). После чего было выполнено сравнение расчетного водопотребления с данными полученными в годы проведения исследований методом водного баланса (табл. 3).

Таблица 3. Фактическое и расчетное водопотребление сои

Параметр	Год проведения исследований				
	2014	2015	2016	2017	2018
Расчетное водопотребление (по формуле А. И. Михальцевича), мм	374	374	387	353	360
Фактическое водопотребление (метод водного баланса), мм	357	389	365	341	346

В результате сравнения установлено, что отклонение расчетных значений от полученных методом водного баланса в среднем составляет 4,45 %.

Заключение

В результате проведения исследований установлены декадные биоклиматические коэффициенты водопотребления сои по годам проведения исследований. Анализ полученных биоклиматических коэффициентов показывают, что они возрастают к середине вегетационного периода, достигая наибольших значений в период формирования и налива бобов.

Биоклиматические коэффициенты зависят не только от биологических свойств сои, но и от погодных условий вегетационного периода. Установлено, что для расчета биоклиматических коэффициентов водопотребления сои для конкретного года следует использовать обратную зависимость, при этом величина коэффициента детерминации составляет 0,81.

Расчеты показали, что отклонение величины суммарного водопотребления сои полученного расчетным путем в среднем составляет 4,45 % относительно фактически полученных значений в результате проведения опыта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата / В. Мельник [и др.]. – Минск, 2017. – 84 с.
2. Зернобобовые культуры / Д. Шпаар [и др.]. – Минск: ФУАинформ, 2000. – 262 с.
3. Романов, И. А. Влияние способа определения биотермических коэффициентов водопотребления растений на точность расчета водного баланса почвы / И. А. Романов, А. П. Лихачевич, Г. В. Латушкина // Мелиорация. – 2021. – № 1(95). – С. 5–18.
4. Алпатьев, А. М. Влагооборот культурных растений / А. М. Алпатьев. – Л.: Гидрометеиздат, 1954. – 248 с.
5. Алпатьев, С. М. Поливной режим сельскохозяйственных культур в южной части Украины: докл.-реф. дис. ... д-ра с.-х. наук / С. М. Алпатьев. – Киев, 1965. – 88 л.
6. Голченко, М. Г. Научно-практические основы орошения сельскохозяйственных угодий на минеральных почвах Республики Беларусь: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / М. Г. Голченко. – Минск, 2005. – 49 с.
7. Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Государственное учреждение «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений». – Минск: ИВЦ Минфина, 2022. – 283 с.
8. Оросительные системы. Правила проектирования: ТКП 45-3.04-178-2009 (02250). – Введ. 29.12.2009 г. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2010. – 72 с.
9. Основные приемы возделывания сои в Республике Беларусь: (рекомендации производству) / В. Н. Халецкий [и др.]; рец.: Г. В. Пироговская, Л. А. Булавин; Национальная академия наук Беларуси, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, РУП «Брестская областная сельскохозяйственная опытная станция Национальной академии наук Беларуси». – Минск, 2012. – 23 с.
10. Михальцевич, А. И. О совершенствовании биоклиматического метода расчета испарения с орошаемых полей / А. И. Михальцевич // Мелиорация переувлажненных земель: сб. науч. тр. / Белорус. НИИ мелиорации и вод. хозяйства. – Минск: Ураджай, 1979. – Т. XXVII. – С. 42–46.
11. Шавлинский О. А. Нормирование орошения моркови и столовой свеклы на дерново-подзолистых почвах Беларуси: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / О. А. Шавлинский. – Горки, 1985. – 185 с.

УРОЖАЙНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ АГРОМЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ОРОШЕНИИ

В. В. КОПЫТОВСКИЙ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 15.11.2023)

Удобрительное орошение стоками свиноводческого комплекса на фоне поглощающего дренажа и агромелиоративных мероприятий повышает урожай сухого вещества многолетних трав в среднем на 42,5–69,3 % по сравнению с необработанными и неорошаемыми участками. Наиболее существенные прибавки, полученные в вариантах 7 и 8, составили 30,5–35,4 ц/га сухого вещества трав, или 59,7–69,3 % соответственно. Прибавки от совместного применения орошения и агро-мелиоративной обработки были существенны на 5%-ном уровне значимости, что указывает на их достоверность. Прибавки урожайности сухого вещества многолетних трав от способа агро-мелиоративной обработки были существенны во все годы исследований только в вариантах 7 и 8. Наиболее отзывчивыми на орошение и агро-мелиоративную обработку оказались многолетние травы в маловодные годы, когда во всех вариантах мелиоративной обработки были получены существенные прибавки урожайности сухого вещества многолетних трав. Качество растениеводческой продукции, по данным зоотехнического анализа, соответствует ветеринарным требованиям, в том числе и по содержанию нитратов. Способ обработки не оказывал существенного влияния на показатели кормовой ценности сухой массы трав. Применение удобрительного орошения на фоне поглощающего дренажа в сочетании с агро-мелиоративными мероприятиями позволяет увеличить производство кормов по сравнению с неорошаемым и необработанным вариантом на 1,03–1,68 т. к. е. с 1 гектара в зависимости от технологии обработки. Это дает возможность произвести дополнительную животноводческую продукцию, стоимость которой колеблется от 169 до 303 \$/га, в зависимости от способа обработки. Дополнительный чистый доход (чистая прибыль) с 1 га составит 60–90 руб/га, что эквивалентно 25–36 \$ с каждого орошаемого гектара.

Ключевые слова: удобрительное орошение, агро-мелиоративная обработка почвы, урожайность многолетних трав, эффективность.

Fertilizer irrigation with wastewater from a pig-breeding complex against the background of absorption drainage and agro-reclamation measures increases the yield of dry matter of perennial grasses by an average of 42.5–69.3 % compared to untreated and non-irrigated areas. The most significant increases obtained in options 7 and 8 amounted to 3.05–3.54 t/ha of grass dry matter, or 59.7–69.3 %, respectively. The increases from the combined use of irrigation and agro-reclamation treatment were significant at the 5 % significance level, which indicates their reliability. Increases in the yield of dry matter of perennial grasses from the method of agro-reclamation treatment were significant in all years of research only in options 7 and 8. Perennial grasses turned out to be the most responsive to irrigation and agro-reclamation treatment in low-water years, when significant increases in the yield of dry matter of perennial herbs were obtained in all options of reclamation treatment. The quality of crop products, according to zootechnical analysis, meets veterinary requirements, including nitrate content. The treatment method did not have a significant effect on the feed value of the dry mass of herbs. The use of fertilizing irrigation against the background of absorption drainage in combination with agro-reclamation measures makes it possible to increase the production of feed compared to the non-irrigated and untreated option by 1.03–1.68 t of feed units per 1 hectare, depending on the tillage technology. This makes it possible to produce additional livestock products, the cost of which ranges from 169 to 303 \$/ha, depending on the treatment method. Additional net income (net profit) from 1 hectare will be 60–90 rubles/ha, which is equivalent to 25–36 \$ from each irrigated hectare.

Key words: fertilizing irrigation, agro-reclamation tillage, productivity of perennial grasses, efficiency.

Введение

В настоящее время для утилизации и обезвреживания животноводческих стоков применяют различные технологии. Одной из них является использование их для удобрительного орошения сельскохозяйственных культур. Для реализации этой технологии при животноводческих комплексах построены специализированные водооборотные мелиоративные системы. Опыт их эксплуатации показывает, что даже на совершенных водооборотных системах не обеспечивается экологическая безопасность. Прежде всего, это относится к отдельным элементам осушительной сети, которая должна перехватывать загрязненный поверхностный и внутрипочвенный сток и отводить его в аккумулирующие пруды с последующим использованием для орошения. Для уменьшения объема сбросного стока обычно применяют агро-мелиоративные мероприятия, которые позволяют более эффективно использовать стоки, улучшая водно-воздушный режим почвы и повышая урожайность сельскохозяйственных культур. На основании обобщения практического опыта эксплуатации специализированных мелиоративных систем с использованием животноводческих стоков для орошения отмечается, что конструкции дренажно-сбросной сети водооборотных систем требуют усовершенствования путем применения специальных приемов и устройств, которые позволили бы снизить объем поверхностного и дренажного стока. В связи с этим совершенствование агро-мелиоративных мероприятий и разработка новых технических решений по повышению экологической безопасности агроландшафтов с крупными животноводческими комплексами является актуальной задачей.

В работах О. А. Захаровой (2004), В. С. Брезгунова (2001) показаны пути снижения негативного влияния животноводческих стоков на окружающую среду. В работах В. И. Желязко (2003.), П. Ф. Тиво (2006), М. Г. Голченко (2008) приведены рекомендации по обоснованию режимов удобрительного орошения и технологии увлажнения при использовании животноводческих стоков. Материалы исследований Л. П. Овцова (2002), В. А. Михеева (2003), А. С. Давыдова (2005), Г. Е. Мерзлой (2005) посвящены рациональному использованию стоков свиноводческих комплексов в растениеводстве.

Основная часть

Общеизвестно, что урожай сельскохозяйственных культур является интегрированным показателем плодородия почв. Причем в условиях орошения стоками животноводческих комплексов создаются объективные условия для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур при соблюдении агротехнических мероприятий.

С целью совершенствования агромелиоративных мероприятий, применяемых на специализированных мелиоративных системах и повышения их экологической безопасности были проведены многолетние (2000–2020 гг.) исследования. Одной из задач, которые решались в ходе производственных исследований, было изучение влияния удобрительного орошения на урожай многолетних трав и оценка экономической эффективности удобрительного орошения.

Производственные исследования были проведены на оросительной системе РСУП СГЦ «Заднепровский» Оршанского района Витебской области. Лабораторные опыты, а также аналитические исследования проведены по стандартным методикам. Обработка экспериментальных данных выполнена методом парной и множественной корреляции, дисперсионного анализа с использованием компьютерных технологий.

Схема опытов включала 8 вариантов мелиоративной обработки почвогрунтов, которые представлены в табл. 1. В этой же таблице приведена средняя урожайность сухого вещества многолетних трав за весь период исследований.

Таблица 1. Средняя урожайность сухого вещества многолетних трав в зависимости от способа агро-мелиоративной обработки за 2000–2020 гг., ц/га

№ № вариантов	Вид агро-мелиоративной обработки	Средняя урожайность сухого вещества многолетних трав, ц/га
1	Без орошения стоками и мелиоративных мероприятий	51,1
2	Орошение стоками без мелиоративных мероприятий	72,7
3	Орошение стоками + поглощающий дренаж	76,1
4	Орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с почвоуглублением на 30 см	77,4
5	Орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с рыхлением на глубину 60 см	78,6
6	Орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с внесением соломы в почву в количестве 4 т/га	78,3
7	Орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с почвоуглублением и внесением соломы в почву в количестве 4 т/га	81,6
8	Орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с рыхлением на глубину 60 см и внесением соломы в почву в количестве 4 т/га	86,4

Перечисленные в табл. 1 варианты опыта характеризовались следующими параметрами. В варианте 1 обработка почвы и поливы не проводились. В варианте 2 обработка почвы не проводилась, но осуществлялись поливы стоками. В вариантах опыта 3–8 поглощающие дрены представляли собой траншеи глубиной 0,8 м. На дно траншей укладывался слой соломы или растительных остатков слоем 20 см. После этого траншеи засыпались вынутым грунтом. Расстояние между соседними поглощающими дренами принималось 10 метров. Траншеи устраивались траншейным экскаватором и имели ширину 20 см. Для повышения эффективности перевода поверхностного стока во внутрипочвенный через 5 м по длине поглощающей дрены устраивались фильтрационные окна с использованием для этой цели пожнивных остатков. Уклон дрен составлял в среднем 0,002. В варианте 4, кроме поглощающих дрен, выполнялось почвоуглубление путем припахивания подпахотного горизонта с глубиной почвоуглубления 30 см. Для этого использовали средства механизации, которые имеются в хозяйстве – многокорпусные плуги на базе трактора МТЗ. Вариант 5 представлял собой сочетание поглощающего дренажа с рыхлением на глубину 60 см, чтобы не повредить закрытые дрены. Рыхление осуществлялось рыхлителем-щелевателем РЩ–3,5. В варианте 6 наряду с поглощающим дренажем производилось запахивание соломы в количестве 4 т/га. Предварительно солома измельчалась и по возможности равномерно распределялась по поверхности участка, затем проводился полив стоками свинокомплекса, а после подсыхания поверхности производилось запахивание на глубину 20–25 см.

Урожайность многолетних трав учитывали методом сплошной уборки делянок. Применялся трехкосный режим использования травостоя. Первый укос проводили в фазу начала колошения и заканчивали его в 1 декаде июня, второе скашивание проводили в конце июля, а третье – в середине

сентября. Продолжительность первого межуточного периода составляла в различные годы 40–50 дней, второго – 45–55 дней и третьего 35–45 дней. Данные средней урожайности сухого вещества многолетних трав за весь период исследований приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что орошение стоками существенно повышало урожайность многолетних трав. При этом поглощающий дренаж и агрономелиоративные мероприятия на фоне поливов стоками в большей степени способствовали росту урожайности многолетних трав.

Самая высокая за весь период исследований урожайность сухого вещества многолетних трав была получена во второй год использования травостоя в 2000 и 2010 гг. в варианте 8 при орошении стоками на фоне поглощающего дренажа в сочетании с агрономелиоративными мероприятиями и внесением в почву соломы и составила 96,6 и 97,0 ц/га соответственно.

Таким образом, орошение положительно повлияло на урожайность сухого вещества многолетних трав, обеспечивая в среднем прибавки от 42,5 до 69,3 % по сравнению с неорошаемым контролем. Результаты статистической обработки опытных данных показали, что прибавки урожайности достоверны на 5%-ном уровне значимости. В разрезе лет наблюдений прибавки урожая трав имели свои особенности, обусловленные метеорологическими условиями.

Так, в засушливые годы прибавки от орошения колебались от 29,7–35,2 % без агрономелиоративных мероприятий до 53,3–73,0 % в варианте 8, где орошение стоками было проведено на фоне поглощающего дренажа в сочетании с другими агрономелиоративными приемами. Совместное действие орошения стоками и агрономелиоративных приемов оказало хорошее влияние на урожай трав в условиях недостатка естественного увлажнения.

Таблица 2. Прибавка урожайности сухого вещества многолетних трав от применения орошения (средние данные за 2000–2020 гг.), ц/га

Годы	Варианты опыта								НСР ₀₅
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Среднее по вариантам	–	<u>21,7</u> 42,5	<u>25,1</u> 49,1	<u>26,4</u> 51,7	<u>27,5</u> 53,8	<u>27,2</u> 53,2	<u>30,5</u> 59,7	<u>35,4</u> 69,3	3,1

Примечание. В числителе – прибавки урожайности в ц/га, а в знаменателе – %.

Во влажные годы проводились только удобрительные поливы, приуроченные к укосам трав. Прибавка урожая в среднем составила была (49,7 %) в варианте 2 и наибольшая (69,2 %) в варианте 8.

Практически для всех лет наблюдений в зависимости от величины прибавки урожая технологии обработки можно представить в виде следующего ранжированного ряда: вариант 2 < вариант 3 < вариант 4 < вариант 5 < вариант 7 < вариант 8.

Зависимость прибавок урожая от способа обработки можно проследить, если сравнить данные по урожайности в вариантах с агрономелиоративными приемами и результатами измерения урожайности в варианте 2 без агрономелиоративной обработки, но в условиях орошения (табл. 3).

Таблица 3. Прибавка урожайности сухого вещества многолетних трав при в зависимости от способа обработки при орошении (средние данные за 2000–2020 гг.), ц/га

Годы	Варианты опыта								НСР ₀₅
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Среднее по вариантам	–	–	<u>3,4</u> 4,6	<u>4,7</u> 6,5	<u>5,8</u> 8,1	<u>5,5</u> 7,7	<u>8,8</u> 12,4	<u>13,7</u> 19,2	3,2

Примечание. В числителе – прибавки урожайности в ц/га, а в знаменателе – %.

Анализируя результаты расчетов в табл. 3, можно отметить, что агрономелиоративная обработка почвы обеспечивала прирост урожайности от 1,0 до 29,9 % по сравнению с орошаемыми, но необработанными участками. Наиболее средние существенные прибавки были получены в вариантах 7 и 8, составившие соответственно в среднем 12,4 и 19,2 %.

При сочетании поглощающего дренажа с почвоуглублением (вариант 4) поливы животноводческими стоками способствовали повышению урожайности многолетних трав в среднем на 6,5 %.

Более существенные прибавки урожая многолетних трав достигаются при удобрительных поливах при запахивании в почву соломы (вариант 6). На фоне поглощающего дренажа это мероприятие повышало урожайность трав в среднем на 7,7 % по сравнению с вариантом 2. В варианте 7, где удобрительные поливы проводились на фоне поглощающего дренажа в сочетании с почвоуглублением и внесением соломы, прибавка урожая многолетних трав по сравнению с контролем достигла 12,4 %.

Максимальные прибавки урожая в исследованиях были получены на фоне поглощающего дренажа в сочетании с глубоким рыхлением и внесением соломы в разрыхленные верхние слои почвы (вариант 8). Здесь урожайность была выше, чем в варианте 2, она достигла 19,2 %.

Внесение значительного количества питательных элементов в почву с животноводческими стоками способствует не только повышению урожайности многолетних трав, но и существенному изменению ее качественных показателей. Это обусловлено биологическими особенностями многолетних

трав, а также создаваемым при внесении стоков питательным режимом. Показатели качества кормовой массы сена приведены в табл. 4.

Таблица 4. Качество сухой массы многолетних трав (среднее за 2000–2020 гг.)

Показатели, %	Варианты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Сырой протеин	9,5	13,9	14,1	14,1	13,7	14,0	13,8	14,2
Сырой жир	3,1	3,4	3,5	3,3	3,4	3,6	3,8	3,8
Сырая клетчатка	28,0	27,2	27,3	27,6	27,4	27,4	27,0	26,5
Сахар	9,9	9,0	9,3	9,1	9,0	9,1	9,0	8,9
Каротин	45,1	58,0	58,5	57,4	57,9	59,5	58,8	59,4
Фосфор (Р)	0,31	0,35	0,34	0,36	0,35	0,34	0,36	0,37
Кальций (Са)	0,57	0,50	0,52	0,51	0,52	0,51	0,50	0,51
Калий (К)	1,50	1,83	1,80	1,71	1,68	1,72	1,68	1,67

Из табл. 4 видно, что показатели качества сухой массы трав по вариантам опыта колеблются. Так перевариваемый сырой протеин составил 9,5–14,2, сырая клетчатка – 26,5–28,0, сырой жир – 3,1–3,8, сахар – 8,9–9,9, а каротина – 45,1–59,5. В корме содержалось фосфора 0,31–0,37 %, кальция – 0,51–0,57 %, калия – 1,50–1,83 %.

Для подтверждения достоверности влияния удобрительного орошения на качество сухой массы сена была проведена статистическая обработка данных (табл. 5).

Таким образом, следует отметить положительное влияние удобрительных поливов многолетних трав на содержание в их сухой массе протеина, жира, каротина, клетчатки и фосфора.

Таблица 5. Изменение качества сухой массы многолетних трав от удобрительного орошения (среднее за 2000–2020 гг.)

Показатели, %	Варианты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Сырой протеин	–	5,4	4,6	5,3	5,5	5,4	6,2	6,5
Сырой жир	–	0,3	0,4	0,2	0,3	0,5	0,7	0,7
Каротин	–	12,9	13,4	12,3	12,8	14,4	13,7	14,3
Фосфор (Р)	–	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03	0,05	0,06
Кальций (Са)	–	–	–	–	–	–	–	–
Калий (К)	–	0,33	0,30	0,21	0,18	0,22	0,18	0,17

В вариантах 2, 3, 4, 5 и 6 изменения показателей кормовой ценности были несущественными для протеина и содержания кальция. Исключением являлся вариант 8, в котором изменения качественных показателей сухой массы трав были существенны по сравнению с неорошаемым контрольным вариантом.

Для оценки влияния способа мелиоративной обработки на качественные показатели сухой массы трав была выполнена статическая обработка данных опыта, которая показала, что способ обработки не оказывал существенного влияния на кормовую ценность сухой массы трав.

Кроме изложенного выше, на основании опытных данных были выполнены расчеты экономической эффективности агро-мелиоративных мероприятий, представленные в табл. 6.

Таблица 6. Экономическая эффективность агро-мелиоративных мероприятий при использовании стоков свиноводческого комплекса РСУП СГЦ «Заднепровский» для орошения

Показатели, ед. измерения	Варианты опыта							
	2	3	4	5	6	7	8	
Прибавка производства кормов с орошаемых земель, т. к. е./га	1,03	1,19	1,25	1,31	1,29	1,45	1,68	
Производство животноводческой продукции за счет дополнительных кормов, тонн/га								
молоко	0,13	0,16	0,17	0,18	0,20	0,23	0,24	
говядина	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	
Стоимость животноводческой продукции, полученной за счет дополнительных кормов, всего, руб./га	423	513	537	570	636	747	759	
молоко	248	302	317	336	375	441	450	
говядина	175	211	220	234	261	306	309	
Себестоимость дополнительной продукции, руб./га	364	442	462	488	549	645	654	
молоко	219	263	276	292	325	382	388	
говядина	145	179	186	196	224	263	266	
Чистая прибыль, руб./га	60	68	73	76	81	85	90	

В данном расчете были использованы прибавки урожайности от совместного влияния удобрительного орошения и различных вариантов агро-мелиоративной обработки, включая поглощающий дренаж.

Они показали, что за счет агро-мелиоративной обработки и поглощающего дренажа на фоне удобрительного орошения производство кормов возросло и составило 1,03–1,68 т. к. е. с 1 гектара. Это позволило получить дополнительную животноводческую продукцию, стоимость которой составила в

варианте орошения 2 в сопоставимых ценах 423 руб/га, а в вариантах с агромелиоративными мероприятиями колебалась от 513 до 759 руб/га ежегодно в зависимости от технологии обработки, что эквивалентно 169–303 \$. Следует также отметить, что проводимые мероприятия способствовали повышению себестоимости продукции. Однако за счет совместного действия агромелиораций и орошения был получен дополнительный чистый доход 60–90 руб/га, что эквивалентно 25–36 \$ с каждого орошаемого гектара.

Заключение

Удобрительное орошение стоками свиноводческого комплекса на фоне поглощающего дренажа и агромелиоративных мероприятий повышает урожай сухого вещества многолетних трав в среднем на 42,5–69,3 % по сравнению с необработанным и неорошаемым вариантом 1. Наиболее существенные прибавки, составившие 30,5–35,4 ц/га сухого вещества трав, или 59,7–69,3 % соответственно получены в вариантах 7 и 8. Прибавки от совместного применения орошения и агромелиоративной обработки были существенны на 5%-ном уровне значимости, что указывает на их достоверность. Прибавки урожайности сухого вещества многолетних трав от способа агромелиоративной обработки были существенны во все годы исследований только в вариантах 7 и 8. Существенных прибавок от способа обработки на фоне орошения не получено в вариантах 3 (поглощающий дренаж) и 4 (поглощающий дренаж + почвоуглубление). Прибавки урожайности сухого вещества многолетних трав колебались и по годам исследований. Наиболее отзывчивыми на орошение и агромелиоративную обработку оказались травы в 2010 годах, во всех вариантах были получены существенные прибавки урожайности сухого вещества многолетних трав.

2. Качество растениеводческой продукции, по данным зоотехнического анализа, соответствует ветеринарным требованиям, в том числе и по содержанию нитратов. Вместе с тем анализ результатов статистической обработки показал, что полученные качественные изменения показателей сухой массы за счет удобрительного орошения колеблются. Так, перевариваемый сырой протеин в процентах на 1 кг корма составил 9,5–16,0, сырая клетчатка 26,5–28,0, сырой жир 3,1–3,8, сахар 8,9–9,9, а каротина 45,1–59,5. В корме содержалось: фосфора 0,31–0,37 %, кальция 0,51–0,57 %, калия 1,50–1,83 %.

В вариантах 2, 3, 4, 5 и 6 изменения показателей кормовой ценности были несущественными для протеина и содержания кальция. Исключением являлся вариант 8, в котором изменения качественных показателей сухой массы трав были существенны по сравнению с неорошаемым контрольным вариантом. Способ обработки не оказывал существенного влияния на показатели кормовой ценности сухой массы трав.

3. Применение удобрительного орошения на фоне поглощающего дренажа в сочетании с агромелиоративными мероприятиями позволяет увеличить производство кормов по сравнению с неорошаемым и необработанным вариантом на 1,03–1,68 т. к. е. с 1 гектара в зависимости от технологии обработки. Это дает возможность произвести дополнительную животноводческую продукцию, стоимость которой колеблется от 169 \$/га в варианте 2 до 303 \$/га в варианте 8. Дополнительный чистый доход (чистая прибыль) с 1 га составит 60–90 руб/га, что эквивалентно 25–36 \$ с каждого орошаемого гектара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брезгунов, В. С. Гидрохимический режим на водосборах с полями орошения животноводческими стоками / В. С. Брезгунов, А. Л. Жуховицкая, И. К. Талерчик // *Весті АН БССР*. – 2001. – № 3. – С. 3–48.
2. Голченко, М. Г. Использование животноводческих стоков для орошения сельскохозяйственных культур в Белоруссии / М. Г. Голченко, В. И. Желязко, Н. Н. Михальченко // *Сточные воды и их использование в сельском хозяйстве: научные труды межвузовского координационного совета по использованию сточных вод*. Вып. 2. – Алма-Ата, 2008. – С. 69–75.
3. Давыдов, А. С. Применение бесподстильного навоза для орошения сельскохозяйственных культур / А. С. Давыдов, Р. П. Воробьева // *Природообустройство и рациональное природопользование – необходимые условия социально-экономического развития России: сборник научных трудов*. Ч. 2. – Москва, 2005. – С. 173–176.
4. Желязко, В. И. Использование бесподстильного навоза на мелиорируемых агроландшафтах Нечерноземья: монография / В. И. Желязко, П. Ф. Тиво, Ю. А. Мажайский. – Рязань: Мещерский филиал Всероссийского НИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, 2006. – 304 с.
5. Желязко, В. И. Эколого-мелиоративные основы орошения земель стоками свиноводческих комплексов / В. И. Желязко. – Горки, 2003. – 168 с.
6. Захарова, О. А. Микробиоценоз почвы при разных уровнях антропогенного воздействия: монография / О. А. Захарова, Л. В. Кирейчева, Ю. А. Мажайский. – Рязань, 2004. – 162 с.
7. Мерзлая, Г. Е. Агроэкологические основы и технологии использования бесподстильного навоза / Г. Е. Мерзлая. – Москва: Россельхозакадемия, 2005. – 463 с.
8. Михеев, В. А. Ресурсосберегающая технология создания устойчивых агроценозов многолетних трав при использовании животноводческих стоков: специальность 06.01.12: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / В. А. Михеев. – М., 2003. – 51 с.
9. Овцов, Л. П. Плодородие дерново-подзолистых почв при длительном орошении животноводческими стоками / Л. П. Овцов, В. А. Михеев // *Мелиорация и водное хозяйство*. – 2002. – № 5. – С. 16–18.
10. Тиво, П. Ф. Удобрение злаковых пастбищ жидким / П. Ф. Тиво, Л. А. Зиновенко, Л. А. Саскевич // *Мелиорация переувлажненных земель*. – 2006. – № 1 (50). – С. 156–161.

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ КРУГОЗОР

УДК 631.47

СОВРЕМЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРНО-ЛЕСНЫХ БУРЫХ ПОЧВ В ЛЕНКОРАНСКОЙ ОБЛАСТИ

М. Э. САДЫХОВА

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Баку, Азербайджан, АЗ 1073, e-mail: leyla.sadixova@gmail.com*

(Поступила в редакцию 14.06.2023)

Изучаемые горно-лесные бурые почвы Ленкоранской области, относятся к зоне мезофильных лесов, которые распространены на высоте от 600–800 м до 1600–1800 м. Климат этой зоны умеренно-теплый, влажный. Среднегодовая температура и количество выпадающих осадков составляет соответственно 12–20 °С и 800–1400 мм. Растительность состоит из древесных пород дуба, граба, бука. Травянистый подлесок представлен слабо, однако растительный опад образуется в значительном количестве. В изучаемых горно-лесных почвах емкость поглощения по отдельным горизонтам изменяется между 38,6–40,9 мг/экв. на 100 г почвы. Определение поглощенных оснований показало, что в почвенном поглощенном комплексе преобладают в основном катионы кальция (Ca) и магния (Mg), которые изменяются между 42,72–45,80–57,50 % и 42,50–54,28–57,30 %. Разложение растительных остатков проходит крайне медленно и в почву поступают продукты неполного распада, которые изменяют pH почвенной среды. Результаты определения pH в почвенных пробах отдельных горизонтов показали на их кислую и слабокислую реакцию, хотя в некоторых пробах отмечается подщелачивание почвы с изменением pH до нейтральных значений. При такой изменчивости реакции почвенной среды отмечается существенное изменение биологических процессов. Активизируется деятельность актиномицет, спорообразующих бацилл и грибной флоры. Из беспозвоночных активизируются только подстилочные виды. Проведенные комплексные исследования биотических и абиотических показателей в горно-лесных бурых почвах позволили сравнительно оценить направленность почвообразовательного процесса в субтропической зоне Ленкоранской области и в аналогичных почвах, распространенных во влажной зоне Большого Кавказа.

Ключевые слова: катионы, емкость поглощения, гумификация, агроэкологические показатели.

The studied mountain-forest brown soils of the Lenkoran region belong to the zone of mesophilic forests, which are distributed at altitudes from 600–800 m to 1600–1800 m. The climate of this zone is moderately warm and humid. The average annual temperature and amount of precipitation are 12–20 °C and 800–1400 mm, respectively. The vegetation consists of oak, hornbeam, and beech tree species. The herbaceous undergrowth is poorly represented, but plant litter is formed in significant quantities. In the studied mountain forest soils, the absorption capacity for individual horizons varies between 38.6–40.9 mg/eq. per 100 g of soil. Determination of absorbed bases showed that the soil absorbed complex is dominated mainly by calcium (Ca) and magnesium (Mg) cations, which vary between 42.72–45.80–57.50 % and 42.50–54.28–57.30 %. The decomposition of plant residues is extremely slow and products of incomplete decomposition enter the soil, which change the pH of the soil environment. The results of determining pH in soil samples of individual horizons showed their acidic and slightly acidic reactions, although in some samples alkalization of the soil was noted with a change in pH to neutral values. With such variability in the reaction of the soil environment, a significant change in biological processes is observed. The activity of actinomycetes, spore-forming bacilli and fungal flora is activated. Of the invertebrates, only litter species are activated. The complex studies of biotic and abiotic indicators in mountain-forest brown soils made it possible to comparatively assess the direction of the soil-forming process in the subtropical zone of the Lenkoran region and in similar soils common in the humid zone of the Greater Caucasus.

Key words: cations, absorption capacity, humification, agroecological indicators.

Введение

В настоящее время в большинстве стран мира уменьшается площадь сельскохозяйственных угодий, снижается плодородие почвы, ухудшается ее состояние. Управление процессами деградации и воспроизводства почв требует комплексного почвенно-экологического мониторинга, представляющего собой систему наблюдений за экологическим состоянием почв с целью рационального использования и охраны почв. Защита почвенного покрова стала глобальной проблемой, выходящей за пределы национальных границ каждой страны. Неожиданное антропогенное воздействие и нарушение естественного экологического баланса сельского хозяйства приводят к деградации природных биогеоценозов, минерализации гумуса в почве, накоплению солей по профилю. Горно-лесные бурые почвы, относящиеся к зоне мезофильных лесов, занимают южные и северо-восточные склоны Большого и Малого Кавказа,

северо-западные склоны Муровдагского и Карабахского хребтов и Талыша в пределах высот 800–2200 м над уровнем моря. В Ленкоранской области горно-лесные бурые почвы распространены на высоте от 600–800 м до 1600–1800 м. Для этой зоны характерен эрозионный рельеф, достаточно сильно изрезанный горными реками. Климат этой зоны умеренно-теплый, влажный. Среднегодовая температура теплого месяца держится в пределах 12–20 °С. Среднегодовое количество выпадающих осадков изменяется между 800–1400 мм. При этом испаряемость составляет 500–700 мм [2, 7].

За последние 35 лет интенсивная вырубка лесов, расположенных в бассейне реки Ленкорань, быстрое освоение территорий для ведения сельского хозяйства и проживания, усилили эрозионные процессы. На одной части вырубленных территорий развились группы кустарников и травянистых растений, а на другой части распространились сельскохозяйственные растения, снижающие плодородие этих почв. Растительность, под которой развиваются указанные почвы, представлены преимущественно буковыми, буково-грабовыми, дубово-грабовыми лесами. Как мертвопокровные леса, для них характерно слабое развитие подлеска и травянистого покрова с обилием накопления лесного опада. В условиях горного рельефа значительное влияние на характер формирования горно-лесных бурых почв оказывают металогический состав почвообразующих пород [8, 9]. Развиваются эти почвы как на плотных породах (базальт, порфирит, глинистые сланцы, известняки), так и на рыхлых элювиальных и делювиальных щебнистых глинистых продуктах выветривания коренных пород. Для этой зоны характерны высокая интенсивность процесса почвообразования, который способствует высокому оглинению, за счет илестых частиц и образования большого количества подвижного железа. Важным диагностическим показателем горно-лесных бурых почв является распределение глинистых частиц и физической глины в иллювиальном (Bs) горизонте, что морфологически выражается уплотненностью и оглиненностью средней части профиля. В составе илестой фракции преобладают минералы монтмориллонитовой группы: каолинит, гетит, лимонит [3, 4, 6].

С понижением местности создаются более благоприятные условия для произрастания высших растений, что накладывает существенный отпечаток на почвообразовательный процесс. Происходит постепенное усиление и активизация биологических процессов, приводящая к повышению интенсивности внутрипочвенного выветривания и формированию более мощного почвенного профиля с полным набором генетических горизонтов. В заключение следует отметить, что реальную угрозу существования почвенно-растительного покрова горных экосистем в настоящее время представляет - пастбищная дигрессия.

Основная часть

Объектами наших исследований были горно-лесные почвы Ленкоранской области. В качестве биотопа изучения был выбран лесной ценоз, состоящий из дубово-грабовых и буковых древесных пород. Лесной биотоп представлен также хорошо развитым травяным подлеском.

Для проведения некоторых физико-химических анализов нами с данного биотопа из отдельных почвенных горизонтов (0–10 см; 10–20 см; 20–30 см) отбирались пробы. Анализы проводились по общепринятой в почвоведении методикам [1, 11].

Опад древесных пород характеризуется высокой зольностью, где преобладают катионы Co, Mg, Si. Сравнительно низкая биологическая активность почвы земледельное разложение растительного опада, обуславливает развитие на поверхности грубого гумуса типа «мадер». Для этих почв характерен относительно мощный текстурный горизонт. Структура почвы зернисто-ореховая, механический состав сушлинисто-щебневый.

Подстилочный опадный горизонт, состоит из недеформированного, но побуревшего опада и древесных остатков. Учитывая, что на этих почвах проводятся комплексные почвенно-биологические исследования, нашей целью было изучение некоторых физико-химических свойств почв естественного лесного биотопа [10]. Полученные образцы почвы в лабораторных условиях исследовали с последующим их физико-химическим анализом и обработкой методами вариационной статистики.

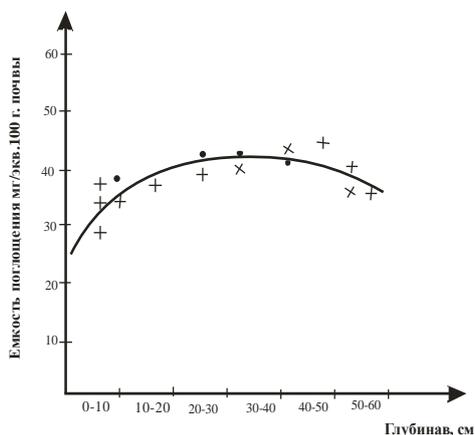
В изучаемых горно-лесных бурых почвах емкость поглощения по отдельным горизонтам изменяется между 38.6–40.5–40.9 мг/экв. на 100 г. почвы. Полученные нами данные полностью согласуются с результатами, приведенными в литературных источниках, где этот показатель изменяется между 37–42 мг/экв.

Определение поглощенных оснований показали, что почвенно-поглощающем комплексе почвенного раствора преобладают в основном катионы кальция (Ca) и магния (Mg). По горизонтам содержание катиона кальция изменяется между 42.72–45.80–57.50 %, соответственно в этих горизонтах количество катиона магния варьирует от 42.50 % до 54.28–57.30 (рис. 1). В литературных источниках также

отмечается увеличение количества катионов кальция и магния и возможное присутствие в их составе алюминия (Al) и водорода (H).

Как было отмечено выше, разложение растительного опада приходит крайне медленно и в почву поступают продукты неполного распада остатков фитомассы, которые в свою очередь влияют на реакцию рН почвенной среды. Слабое разложение органических остатков растительного происхождения подтверждает отношение C/N, которое достаточно широкое 8–12 [4, 5].

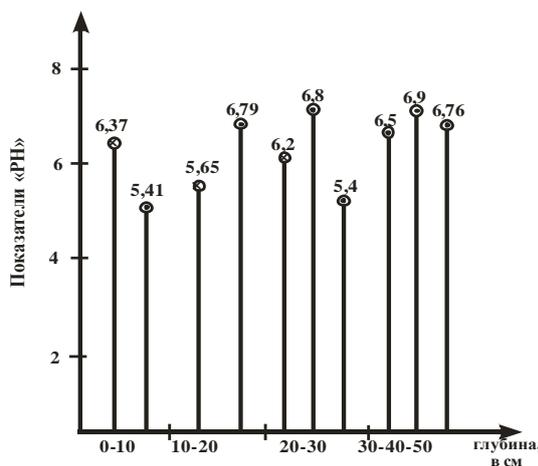
Определение рН в почвенных пробах отдельных горизонтов указывает на их кислую и слабокислую реакцию, которая варьирует между 5.41–5.65 и 6.37. Однако в некоторых случаях, в связи с усилением процессов гумификации растительных остатков сапротрофной микробиотой, отмечается подщелачивание почвы с изменением рН до нейтральных значений. Аналогично на некоторую изменчивость реакции почвенной среды указывается и в литературных источниках. При этом показатели рН изменяются между 5.1–5.4–6.8 (рис. 2).



Условные обозначения

- - Данные автора
- +x - Литературные данные (М.Э.Салаев, М.П.Бабаев.,2004; С.З.Мамедова,2006)

Рис. 1. Динамика изменения ёмкости поглощения в горно-лесных бурых почвах Ленкоранской области



- -Данные автора
- -Литературные данные (М.Э.Салаев, М.П.Бабаев и др. 2004; С.З.Мамедова, 2006)

Рис. 2. Изменения показателей рН по отдельным слоям горно-лесных бурых почв Ленкоранской области

Такая реакция почвенной среды ограничивает деятельность биологических агентов почвообразования (таблица). В этих почвах значительно активизируются микробиологические процессы в основном актиномицет, спорообразующих бактерий и грибной флоры (рис.1). Что касается деятельности беспозвоночных, то она сильно замедлена и ограничивается активностью только некоторых групп-диплопод и подстилочных представителей люмбрицид, более приспособленных к этим условиям [5].

Комплексное изучение биологических и некоторых физико-химических показателей горно-лесных бурых почв позволит правильно оценить направленность почвообразовательного процесса в субтропической зоне Ленкоранской области, но и сравнительно сопоставить характерные особенности почвообразования аналогичных горно-лесных бурых почв, распространенных во влажной зоне Большого Кавказа.

Наши наблюдения последних лет показывают, что во время весенне-осенних паводков количество взвешенных наносов в речных водах возрастает до 4,1–8,1 г/л. Эти отложения достаточно обеспечены гумусом (0.89–1.30 %) и азотом (0.067–0.120 %). Речные воды имеют слабощелочную среду, количество солей 0.29–0.40 г/л. За счет смешения вод количество солей в реке Вилашчай несколько увеличилось, а рН составил 7.5–7.9.

Биологическая активность горно-лесных бурых почв

Генетические горизонты и глубина, см	Органический углерод %	Водорастворимый гумус %	Скорость разложения целлюлозы, %	Влажность %
AI'a 0-20	2.11	0.04	14.0	8.6–22.2
AI" 20-50	1.21	0.03	7.81	12.5–27.4

Атмосферные осадки являются основным источником подземных вод в Ленкоранском районе и оказывают большое влияние на процесс почвообразования. В зависимости от микрорельефа местности уровень грунтовых вод колеблется от 0.5–1.20 м до 2.0–3.1 метра. В дождливую весну и особенно осень уровень грунтовых вод поднимается и выходит на поверхность вызывая заболачивание земельных

участков. В Ленкоранской области минерализация подземных вод колеблется в широких пределах и составляет 0.55–9.88. В почвах по берегам рек грунтовые воды имеют слабую минерализацию и гидрокарбонатное (HCO_3 0.15–0.30) содержание. Почвы Ленкоранской области, сформировавшиеся во влажных субтропических биоклиматических условиях, количество физической глины в аллювиальном слое увеличивается до 76.9 %, а илистая фракция – до 38.3 %. Верхние слои отличаются значительно более легким гранулометрическим составом (0.01 мм 58.1 %; 0.001 мм 20.2 %) (рис. 3).

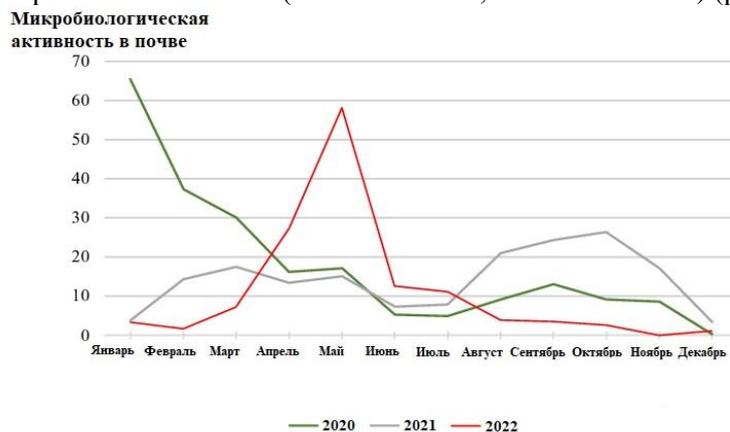


Рис. 3. Динамика изменения микробиологической активности в разные месяцы

Заключение

Корнеплоды овощей и злаков определяют высокую продуктивность надземной массы. Применение тех или иных химических средств для защиты растений, выращиваемых в агроценозах, от вредителей не должно оказывать негативного влияния на почву. Используя в хозяйствах современные, передовые, агротехнические, поливные технологии, можно поддерживать стабильную биологическую активность и плодородие почвы. Определение поглощенных оснований показали, что в почвенно-поглощающем комплексе изучаемых почв преобладают катионы кальция (Ca) и магния (Mg), количественные показатели которых изменяются соответственно между 42.72–50.00 % и 42.80–57.30 %. Реакция почвенной среды характеризуется как кислая и слабокислая (показатели 5.4–5.65, хотя в некоторых пробах отмечаются значения, близкие нейтральным). На основе полученных данных составлены графики по изменению емкости поглощения и pH среды по отдельным почвенным слоям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: «Наука», 1970. – 48 с.
2. Бабаев, М. П., Гасанов В. Г., Джафарова Ч. М., Гусейнова С. М. Морфогенетическая диагностика номенклатура и систематика почв Азербайджана. – Баку, «Элм», 2011. – 448 с.
3. Буссе, М. Кристиан П. Глобальные изменения и лесные почвы. Развитие почвоведения. Книжная серия Elsevier Volume 36. – 2019. – С. 120–150.
4. Гасанова, Т. А., Аскерова Г. Ф. Формирование фитомассы серо-бурых почв в аридных экосистемах Азербайджана. Вестник науки и практики Научный журнал Издательский центр «Наука и практика». Издательский центр «Наука и практика», 2021 г. – Нижневартовск, 2021. – Том 7, Выпуск 9. – С. 110–115.
5. Гасанова, Т. А., Гасанов А. Б. Почвенно-мелиоративные особенности бассейна р. Киш // Летопись аграрных наук. – Грузия, 2021. – Том 2, № 2. – С. 126–135.
6. Гасанова, Т. А., Насирова А. И. Современные методы изучения биологических особенностей серо-коричневых почв Гянджа Казахского массива Азербайджана. Охрана окружающей среды – основа безопасности страны: сб. статей по материалам Междунар. науч. экол. конф. / отв. за вып. А. Г. Коцаев. Кубанский Государственный Аграрный Университет имени и. Т. Трубилина. – Краснодар, 2022. – С. 56–61.
7. Мамедова, С. З. Экологическая оценка и мониторинг почв Ленкоранской области Азербайджана. – Баку, Элм, 2006. – 368 с.
8. Напрасникова, Е. В., Макарова Л. П. Экологическая, микробиологическая и биохимическая характеристика почвенного покрова в условиях агротехногенного загрязнения // Известия Иркутского государственного университета. «Биология, экология». 2012. – Вып. 5, №2. – С. 19–26.
9. Салаев, М. Э., Бабаев М. П., Джафарова Ч. М., Гасанов В. Г. Морфогенетические профили почв Азербайджана. – Баку, «Элм», 2004. – 201 с.
10. Самедов, П. А. Экогруппы беспозвоночных животных и их биодиагностическое значение. Труды общества почвоведов Азербайджана, т. XIV. – Баку, Элм, 2016. – С. 60–63.
11. World Reference Base For Soil Resources (2014) International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps Update 2015, 2017. Translated by I. A. Spiridonova; Ed. M. I. Gerasimova and P. V. Krasilnikov. FAO / Moscow State University named after M. V. Lomonosov, Moscow. 203 p.

БИОЦЕНОТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ СЕРО-БУРЫХ И СЕРОЗЕМНО-ЛУГОВЫХ ПОЧВ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ОКУЛЬТУРЕННЫХ ЦЕНОЗОВ

П. А. САМЕДОВ

*Институт почвоведение и агрохимии,
г. Баку. Азербайджан, e-mail: samed-bio@yandex.ru*

(Поступила в редакцию 12.07.2023)

Используя количественные и качественные показатели беспозвоночных животных, были рассмотрены характерные особенности биоценотической структуры естественных и окультуренных ценозов серо-бурых и сероземно-луговых почв. В качестве объектов исследования были выбраны биотопы под галофитной и полынно-эфемерной растительностью и их окультуренные варианты под овощными культурами, лесополосой и зерновыми. Беспозвоночные животные серо-бурых почв под галофитной и полынно-эфемерной растительностью формируют общую пирамиду чисел – 2.8 экз/м², пирамиду биомассы – 0.6133 г/м² и пирамиду энергии – 2,7573 ккал/м².

На агроценозах под овощными культурами и лесополосой общая пирамида чисел составляет 44 экз/м², пирамида биомассы – 1.98142 г/м² и пирамида энергии – 10.10 ккал/м². Беспозвоночные животные сероземно-луговых почв под галофитной растительностью формируют общую пирамиду чисел – 26.4 экз/м², пирамиду биомассы – 0.7981 г/м² и пирамиду энергии – 3.4125 ккал/м².

Под посевами зерновых показатели пирамиды чисел, биомассы и энергии составляют соответственно 20.0 экз/м², 0.2972 г/м² и 1.4395 ккал/м². На естественных ценозах пирамиду чисел, биомассы и энергии формируют ксерофильные группы, на агроценозах доминирующими являются мезофильные представители. Все три правила пирамид в конечном итоге отражают сложные энергетические отношения в биоценозах.

Ключевые слова: беспозвоночные, пирамида чисел, пирамида биомассы, пирамида энергии.

Using quantitative and qualitative indicators of invertebrate animals, the characteristic features of the biocenotic structure of natural and cultivated cenoses of gray-brown and gray-meadow soils were examined. The objects of study were biotopes under halophytic and wormwood-ephemeral vegetation and their cultivated variants under vegetable crops, shelterbelts and grain crops. Invertebrate animals of gray-brown soils under halophytic and wormwood-ephemeral vegetation form a general pyramid of numbers – 2.8 ind./m², a pyramid of biomass – 0.6133 g/m² and a pyramid of energy – 2.7573 kcal/m².

In agrocenoses under vegetable crops and shelterbelts, the total pyramid of numbers is 44 units/m², the pyramid of biomass is 1.98142 g/m² and the pyramid of energy is 10.10 kcal/m². Invertebrate animals of gray-meadow soils under halophytic vegetation form a general pyramid of numbers – 26.4 ind./m², a pyramid of biomass – 0.7981 g/m² and a pyramid of energy – 3.4125 kcal/m².

Under grain crops, the indicators of pyramids of numbers, biomass and energy are respectively 20.0 units/m², 0.2972 g/m² and 1.4395 kcal/m². In natural cenoses, the pyramid of numbers, biomass and energy is formed by xerophilic groups; in agrocenoses, mesophilic representatives are dominant. All three pyramid rules ultimately reflect complex energy relationships in biocenoses.

Key words: invertebrates, pyramid of numbers, pyramid of biomass, pyramid of energy.

Введение

В различных экоклиматических условиях формируются характерные типы почв, которые отличаются специфическими соотношениями экологических групп беспозвоночных животных составляющих основу биоценотической структуры сообщества. Поскольку каждый тип почв, кроме природных ландшафтов, включает также и окультуренные почвы, т. е. агроландшафты, то естественно изменяются также не только количественные и качественные показатели беспозвоночных, но и соотношение между отдельными экологическими группами. Таким образом, можно сказать, что экологическая структура биогеоценоза, формирующаяся в определенных климатических и ландшафтных условиях, строго закономерна, в так как в ней принимают участие адаптированные к этим условиям конкретные виды беспозвоночных животных. В литературных источниках мы находим теоретическое обоснование и научный анализ результатов многолетних комплексных исследований, связанных с экологической структурой биогеоценоза, приспособительными возможностями беспозвоночных к характерным почвенно-растительным ландшафтам и абиотическим факторам среды [2, 6].

В засоленных ландшафтах, характерных для почв аридных экоклиматических условий, где основными эдификаторами являются галофитная растительность, а также солевой состав и степень засоления почв, биоценотическая структура беспозвоночных формируется из ограниченных, эдафических групп галофильных педобионтов. Следовательно, изменение растительных эдификаторов неизбежно ведет к изменению и комплексов беспозвоночных животных.

Основная часть

Исследования проводились на примере серо-бурых почв (Сиязань-Сумгаитский массив) с хлоридно-сульфатным, хлоридным типом засоления и сероземно-луговых почв (Сальянская степень) с сульфатно-хлоридным, сульфатным типом засоления.

В качестве объектов исследования были выбраны биотопы под галофитной и полынно-эфемеровой растительностью и их окультуренные варианты под овощными культурами, лесополосой и зерновыми. Учет почвенной мезофауны проводился по методике М. С. Гилярова [14]. Энергию, аккумулированную в биомассе беспозвоночных животных, определяли с учетом энергических показателей отдельных групп [6].

Целью наших исследований было сравнительное изучение формирования биоценотической структуры беспозвоночных животных в серо-бурых и сероземно-луговых целинных почвах под галофитной и полынно-эфемеровой растительностью, а также в их окультуренных вариантах под овощными культурами, лесополосой и зерновыми.

Прежде всего, следует отметить, что развитие механизмов популяционного гомеостаза в природных и антропогенных ландшафтах происходит в результате сложных межвидовых и внутривидовых взаимоотношений. В частности, регуляция численности и биомассы популяций отдельных групп возможна только при определенной количественной нагрузке близких по экологической потребности видов, между которыми формируются устойчивые трофические связи, обеспечивающие стабильность гомеостаза в сообществе.

Поэтому, детальный анализ количественной и качественной структуры беспозвоночных в естественных и окультуренных ценозах способен предоставить достаточную информацию для полной и целостной характеристики сообщества почвенных педобионтов.

Значение биологических факторов в процессах почвообразования, с точки зрения энергетики, почвообразования и энергетики характерных биологических процессов в системе: почва растения – биота всесторонне исследовалась на примере различных типов почв Азербайджана [1, 3].

Наши исследования предусматривают изучение на основе системного анализа биоценотической структуры беспозвоночных животных в естественных и окультуренных ценозах серо-бурых и сероземно-луговых почв. Учитывая, что в биоценозе сообщества организмов связаны с неорганической средой неразрывными материально-энергетическими связями, мы попытались объединить основные показатели беспозвоночных животных – численность, биомассу, калорийность в единую эко-энергетическую систему, в форме пирамиды чисел, пирамиды биомассы и пирамиды энергии.

Сравнительный анализ полученных результатов выявил определенные биоценотические различия между естественными и окультуренными ценозами изучаемых почв. Рассмотрим вначале природные биотопы под галофитной и полынно-эфемеровой растительностью серо-бурых почв (Сиязань-Сумгаитский массив) с общими количественными показателями беспозвоночных обоих ценозов, образующих пирамиду чисел 28 экз/м², пирамиду биомассы 0,6133 г/м² и пирамиду энергии 2.7573 ккал/м². В засоленных биотопах под галофитной растительностью пирамида чисел беспозвоночных животных представлена общим числом особей, участвующих в цепях питания, которая равна 11,2 экз/м². Основную часть пирамиды формируют насекомые (Insecta-Coleoptera: Lepidoptera) 10.8 экз/м² и лишь небольшое количество 0.4 экз/м² изоподы (Isopoda-Oniscoidea).

Под полынно-эфемеровой растительностью количественные показатели пирамиды чисел отдельных особей педобионтов с более широкой пищевой специализацией возрастают до 16.8 экз/м² с преобладанием насекомых (Insecta-Coleoptera) до 14.8 экз/м². незначительно (Lumbricidae) до 1,6 экз/м² и при минимальной численности мокриц (Isopoda-Oniscoidea) 0.4 экз/м². Пирамида биомассы беспозвоночных естественных биотопов, равная 0.6133 г/м, формируется в основном из особей доминирующих групп. Так, под галофитной растительностью при общей биомассе 0.1030 г/м² на долю насекомых (Insecta) и изопод (Isopoda) приходится соответственно 0,09489 г/м² и 0,0081 г/м². Полученные данные показывают, что биотоп, представленный фитоценозом из солянковой растительности, заселяется преимущественно органической группой галофильных беспозвоночных, адаптированных к потреблению остатков галофитной фитомассы.

На естественном ценозе под полынно-эфемеровым сообществом при общей биомассе 0.5103 г/м², основными экологическими группами беспозвоночных являются изоподы (Isopoda) с биомассой 0.4682 г/м², насекомые (Insecta) с биомассой 0.0340 г/м² и дождевые черви (Lumbricidae) с биомассой 0.0081 г/м². В данном случае, изменение растительного покрова, т. е. растительных эдификаторов существенным образом отражается на групповом многообразии беспозвоночных животных, т. е. видах с универсальным спектром питания, которые включаются в пищевые цепи на разных трофических уровнях.

Пирамида энергии беспозвоночных животных, равная 2.7573 ккал/м², формируется из суммарной энергии, аккумулированной в биомассе педобионтов под галофитной растительностью 0.4665 ккал/м²

и полынно-эфемеровым сообществом 2. 2908 ккал/м² (рис. 1). В окультуренных ландшафтах основными эдификаторами почв являются сельскохозяйственные культуры, или растения, используемые при закладке лесополос. Окультуренные серо-бурые почвы по количественным показателям численности, биомассы и энергии значительно превосходят почвы естественных ценозов. Было установлено, что пирамиду чисел окультуренных ценозов, равную 44 экз/м², формируют беспозвоночные агроценозы под овощными культурами 19.2 экз/м² и лесополосой – 24.8 экз/м².

На агроценозах под овощными культурами доминирующими группами являются дождевые черви (*Lumbricidae*), изоподы (*Isopoda*) и насекомые (*Insecta*) с численностью соответственно 13.6 экз/м² : 4.0 экз/м² и 1.6 экз/м². В почве под искусственно заложённой лесополосой из широколиственных деревьев общую численность педобионтов формируют беспозвоночные, активно участвующие в цепях разложения люмбрициды (*Lumbricidae*) с численностью 21.2 экз/м² и мокрицы (*Isopoda*) с численностью 3.6 экз/м².

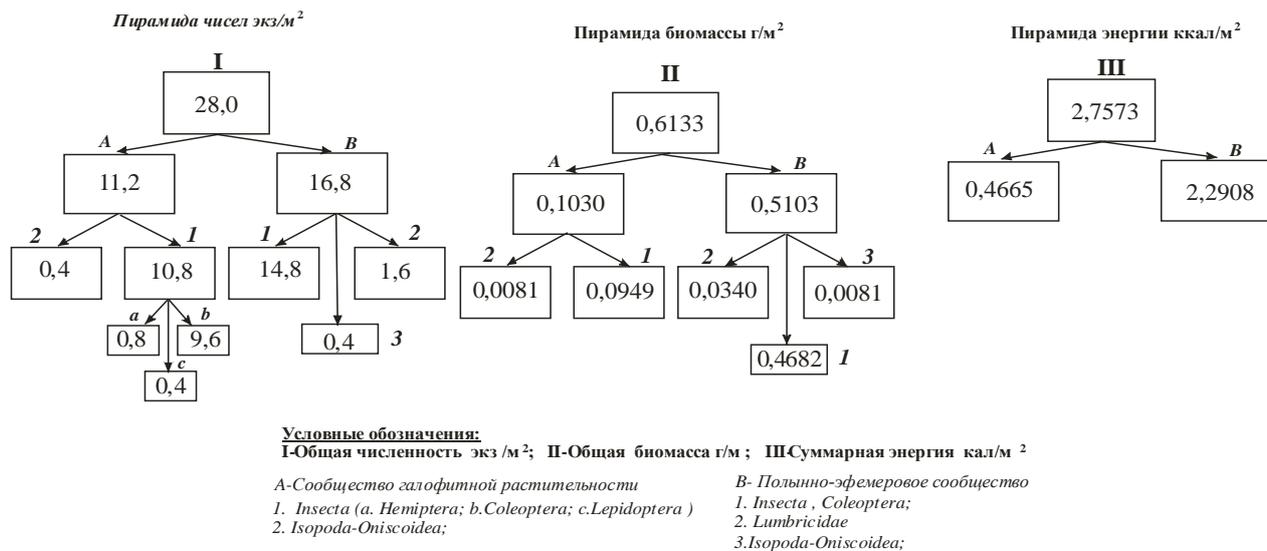


Рис. 1. Пирамида чисел, биомассы и энергии беспозвоночных животных серо-бурых почв (Сиязнь-Сумгаитский массив) естественных ценозов под галофитной растительностью и полынно-эфемеровым сообществом

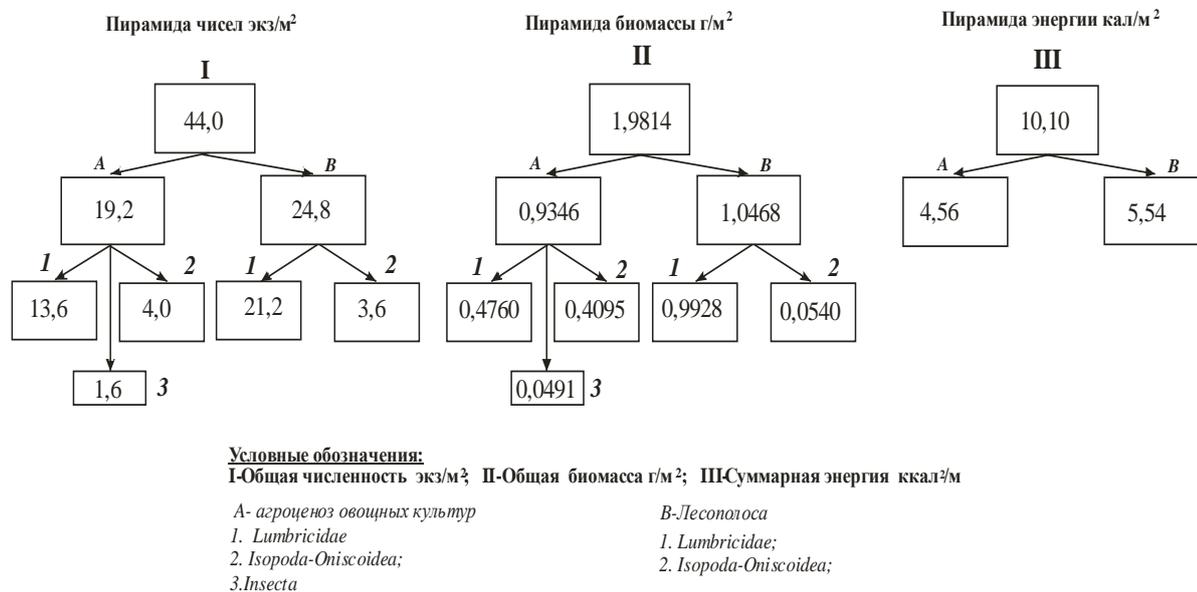


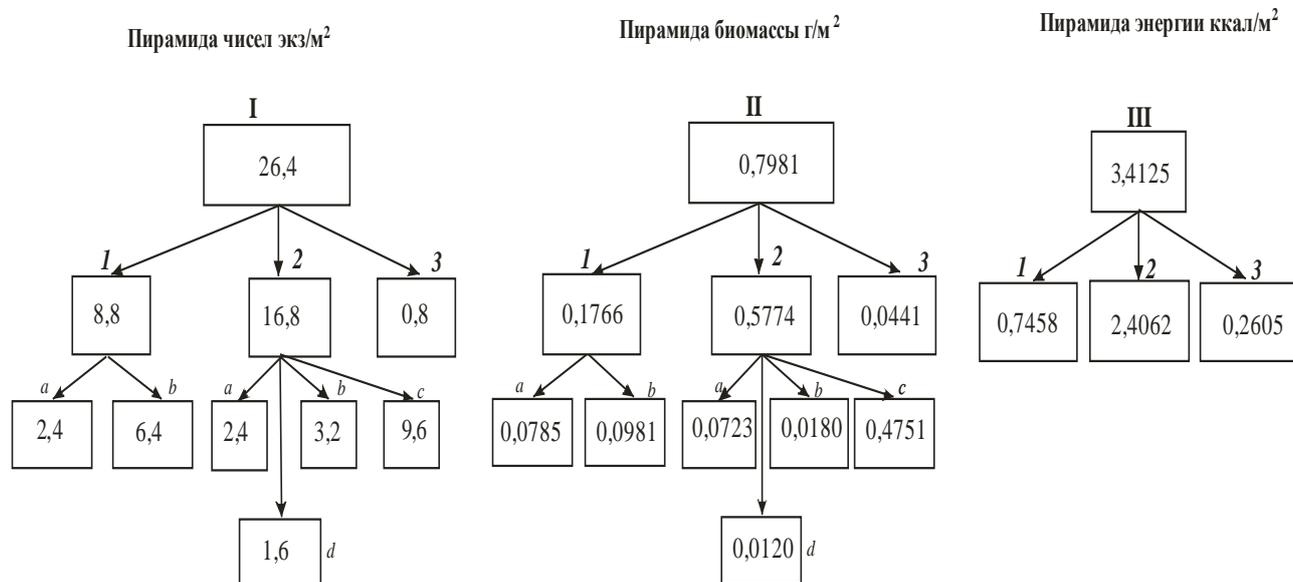
Рис. 2. Пирамида чисел, биомассы и энергии беспозвоночных животных серо-бурых почв (Сиязнь-Сумгаитский массив) в окультуренных ценозах под овощными культурами и лесополосой

Пирамида биомассы беспозвоночных агроценозов по сравнению с естественными ценозами значительно выше. При общей биомассе 1.9814 г/м² на агроценозе под овощными культурами беспозвоночные создают биомассу 0.9.146 г/м², а под лесополосой их биомасса достигает 1.0468 г/м². Основными эдификаторами беспозвоночных под овощными культурами являются люмбрициды (*Lumbricidae*) с биомассой 0.4760 г/м², изоподы (*Isopoda*) с биомассой 0.4095 г/м² и насекомые (*Insecta*) с биомассой

0.0491 г/м². Почва лесополосы отличается доминированием сапрофагов, люмбрицид (*Lumbricidae*) с биомассой 0.9928 г/м² и мокриц (*Isopoda*) с биомассой 0,0540 г/м². Пирамида энергии беспозвоночных, равная 10.10 ккал/м², включает суммарную энергию, аккумулированную в биомассе беспозвоночных агроценоза под овощными культурами 4.56 ккал/м² и лесополосы 5.54 ккал/м² (рис. 2).

Сероземно-луговые почвы (Сальянская степь) имеют совершенно иные количественные и энергетические показатели беспозвоночных животных. В естественных и окультуренных ценозах встречаются беспозвоночные различных систематических групп, участвующих как в целях выедания, так и в целях разложения. Биотоп под галофитной растительностью заселен адаптированными к этим условиям беспозвоночными: изоподами (*Isopoda*), насекомыми (*Insecta*) и хищными многоножками (*Scolopendromorpha*), совокупная численность которых достигает 26.4 экз/м². Вклад каждой из этих групп, образующих пирамиду чисел, составляет соответственно 8.8 экз/м²: 16.8 экз/м² и 0.8 экз/м².

Общая численность изопод включает показатели характерных семейств: *Parcellionide* 2.4 экз/м²: *Armadillidae* 6.4 экз/м². Класс насекомых самый многочисленный, состоящий из семейств: *Pentatomidae* 2.4 экз/м². *Coccinellidae* 3.2 экз/м²: *Tenebrionidae* 9.6 экз/м² и *Carabidae* 1.6 экз/м². Пирамида общей биомассы, равная 0.7981 экз/м² формируется из биомассы изопод (*Isopoda*) – 0.1766 г/м²: насекомых (*Insecta*) 0.5774 г/м² и многоножек (*Scolopendromorpha*) – 0.0441 г/м. Биомасса мокриц, как фитосапрофагов образуется из биомассы доминирующих семейств: *Parcellionidae* – 0.0785 г/м² и *Armadillidae* – 0.0981 г/м². Биомасса насекомых создается из совокупной биомассы нескольких семейств: *Pentatomidae*-0.0723: г/м² : *Coccinellidae* 0.0180 г/м²; *Tenebrionidae* 0.4751 г/м² и *Carabidae* – 0.0120 г/м². В системе трофических связей биомасса животных является основным источником энергии для образования вторичной продукции консументов. Пирамида энергии, равная 3.4125 ккал/м², представлена в виде суммарной энергии изопод (*Isopoda*) 0.7458 ккал/м², насекомых (*Insecta*) 2.4062 ккал/м² и многоножек (*Scolopendromorpha*) – 0.2605 ккал/м² (рис. 3). Агроценоз зерновых хотя и уступает по своим количественным параметрам агроценозам серо-бурой почвы, тем не менее по групповому многообразию беспозвоночных он значительно богаче. Пирамида чисел, которая включает 20 экз/м², состоит из общей численности насекомых (*Insecta*) 9.6 экз/м², изопод (*Isopoda*) 8 экз/м², люмбрицид (*Lumbricidae*) 2.4 экз/м².



Условные обозначения:

I-Общая численность экз/м²; II-Общая биомасса г/м²; III-Суммарная энергия ккал/м² беспозвоночных животных

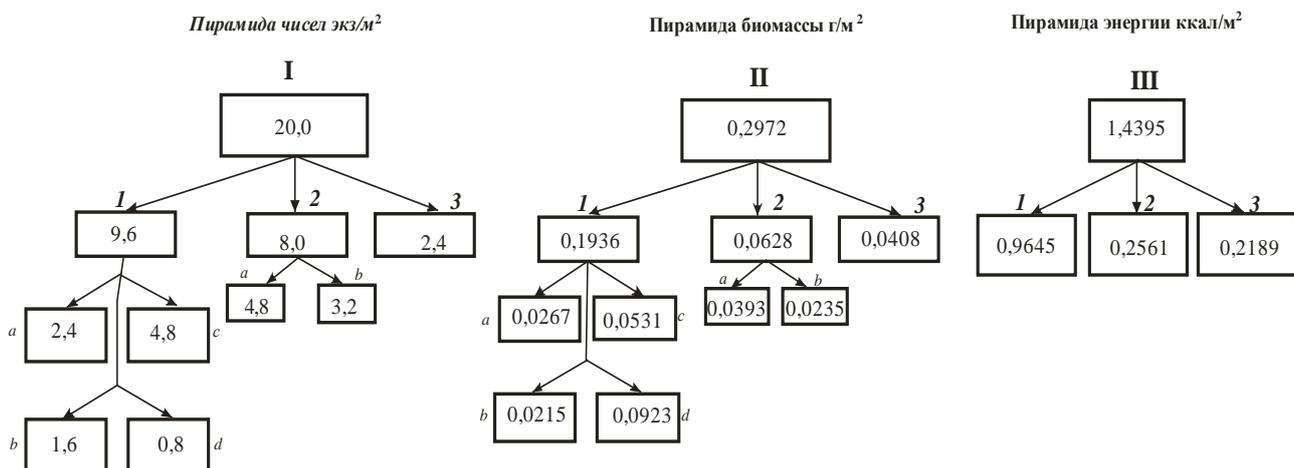
1. *Isopoda*: a- *Hemilepistus*; b-*Armadillidium*

2. *Insecta*: a- *Pentatomidae*; b-*Coccinellidae*

c-*Tenebrionidae*; d-*Carabidae*

3. *Scolopendromorpha*-*Cryptoers* sp.

Рис. 3. Пирамида чисел, биомассы и энергии беспозвоночных животных сероземно-луговых почв (Сальянская степь) естественного ценоза под голофитной растительностью



Условные обозначения:

I-Общая численность экз/м²; II-Общая биомасса г/м²; III-Суммарная энергия ккал/м² беспозвоночных животных

1. Insecta: a- *Coccinellidae*; ; b-*Carabidae*; c-*Elateridae*; d- *Lepidoptera*

2. *Isopoda*: a- *Protracheoniscus*; b-*Desertilio*

3. *Lumbricidae*: -Неполовозрелые дождевые черви

Рис. 4. Пирамида чисел, биомассы и энергии беспозвоночных животных сероземно-луговых почв (Сальянская степь) агроценоза зерновых

Класс насекомых, как основной, в блоке численности объединяет несколько семейств: *Coccinellidae* – 2.4 экз/м². *Scarabaidae* – 1.6 экз/м². *Elateridae* – 4.8 экз/м² и отряда *Lepidoptera* – 0.8 экз/м².

Отряд изопод (*Isopoda*) представлен двумя родами: *Protracheoniscus* – 3,2 экз/м² и *Desertilio* – 4.8 экз/м². Семейство люмбрицид (*Lumbricidae*) в количестве – 2.4 экз/м² состоит в основном из неподозделых особей.

Пирамида биомассы, равная в сумме 0.2972 г/м², формируется из биомассы насекомых (*Insecta*) 0.1936 г/м², биомассы изопод (*Isopoda*) 0.0628 г/м² и биомассы люмбрицид (*Lumbricidae*) 0.0408 г/м². Каждая из этих блоков объединяет биомассу беспозвоночных отдельных семейств и родов.

Пирамида энергии в количестве 1.4395 ккал/м² представлена суммарной энергией, аккумулированной в биомассе (*Lumbricidae*) 0.2189 ккал/м² (рис. 4).

В конце обзора следует отметить, что рассмотренные нами все три правила пирамид в конечном итоге отражают сложные энергетические отношения в биогеоценозах.

Заключение

Было установлено, что в серо-бурых и сероземно-луговых почвах, распространенных в аридных эко-климатических условиях, формирование пирамиды чисел, пирамиды биомассы и пирамиды энергии естественных ценозов осуществляется за счет адаптированных к характерным почвенно-растительным ландшафтам беспозвоночных животных использующих в качестве энергетического материала фитомассу галофитной и полынно-эфемеровоной растительности.

Хлоридно-сульфатный и хлоридный тип засоления, свойственный серо-бурым почвам, по сравнению с сульфатным и сульфатно-хлоридным типом засоления, характерным для сероземно-луговых почв, оказали на беспозвоночных животных, более токсическое влияние, что в конечном итоге отразилось на показателях пирамиды чисел, пирамиды биомассы и пирамиды энергии. На агроценозах под культурными растительными эдификаторами и формируются совершенно новые эдафические группы беспозвоночных животных, пирамида чисел, пирамида биомассы и пирамида энергии которых по количественным показателям значительно отличаются от естественных биотопов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев С. А. Энергетика почвообразования (лекции). Редакционно-полиграфическое объединение СО ВАСХНИЛ. – Новосибирск, 1985. – С. 26.
2. Бабабекова Л. А. Состав и структура сообществ почвенных беспозвоночных в районах Большого Кавказа // Исследования по почвоведению и агрохимии сб. трудов. т. XV. – Баку, 1999. – С. 192–197.
3. Волобуев В. Р. Введение в энергетику почвообразования. – М.: Наука, 1974. – 128 с.
4. Гиляров М. С. Учет крупных почвенных беспозвоночных (мезофауны) // Методы почвенно-зоологических исследований. – М.: Наука, 1975. – С. 12–29.
5. Самедов П. А. Физические факторы среды и биологическая активность почв // Фундаментальные физические исследования в почвоведении и мелиорации. – М.: Изд. МГУ, 2003. – С. 194–198.
6. Самедов, П. А. Энергетические показатели различных биогеоценозов // Матер. II (XII) Всероссийского совещания по почвенной зоологии. – М.: Изд. КМК, 1999. – С. 242.

ВЛИЯНИЕ ЧИСЛА ПОЛИВОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМГО ОВСА В ЗАПАДНОЙ ЗОНЕ АЗЕРБАЙДЖАНА

Г. А. АСЛАНОВ, Т. Д. БАДАЛОВА

*Азербайджанский государственный аграрный университет,
г. Гянджа, Республика Азербайджан, e-mail: azhas@rambler.ru; badalova_turkan@mail.ru*

(Поступила в редакцию 04.09.2023)

В статье даны результаты исследований влияния числа поливов и внесения минеральных удобрений на урожайность озимого овса в условиях Западной зоны Азербайджана. На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что для получения высокого и качественного урожая зерна озимого овса и восстановления плодородия почвы на серо-коричневых орошаемых почвах Гянджа-Казахской экономической зоны Азербайджана рекомендуется фермерским хозяйствам использовать ежегодно 3 раза вегетационный полив и минеральные удобрения в норме N₁₂₀P₁₂₀K₉₀.

Ключевые слова: *серо-коричневых, озимая овёс, урожайность, полив, минеральных удобрений, азот, фосфор, калий.*

The article presents the results of studies of the effect of irrigation and mineral fertilizers on the yield of winter oats in the conditions of the western zone of Azerbaijan. Based on the conducted studies, it can be concluded that in order to obtain a high and high-quality harvest of winter oats and restore the fertility of the gray-brown irrigated soils of the Ganja-Gazakh economic zone of Azerbaijan, it is recommended that farms annually use 3 times vegetative irrigation and mineral fertilizers at a rate of N₁₂₀P₁₂₀K₉₀.

Key words: *gray-brown soils, winter oats, productivity, irrigation, mineral fertilizers, nitrogen, phosphorus, potassium.*

Введение

В 2021 г. общая площадь посевов овса в Республике составила 6365 га, общее производство – 11736,5 тон, средняя урожайность – 18,4 ц/га, в Гянджа-Казахской экономической зоне соответственно – 233 га, 595 тон и 25,5 ц/га [15].

Овес менее требователен к почве, чем другие ранние яровые зерновые культуры благодаря развитой корневой системе с высокой усвояющей способностью. Корни овса проникают на глубину до 120 см и распространяются в ширину до 80 см. Корневая система обладает способностью извлекать питательные вещества их труднодоступных соединений. Овес способен произрастать на супесчаных, суглинистых, глинистых, торфяных почвах. Для него подходят связные почвы с высоким содержанием питательных веществ, в том числе в плохо растворимой форме.

В зерне овса в среднем содержится 10–13 % белка, 40–45 % крахмала, 4,5–6,0 % жира. Благодаря этим показателям овес имеет пищевое и кормовое значение. Зерно овса является незаменимым концентрированным кормом для лошадей и молодняка других видов животных, птицы. Овес в качестве корма способствует увеличению яйценоскости кур и повышению надоев молока. Питательная ценность 1 кг зерна овса среднего по качеству принят за 1 кормовую единицу.

Овес относится к растениям умеренного климата. Температура прорастания семян +1...+2 °С. Оптимальная температура в период всходов и кущения +15...+18 °С. Всходы переносят кратковременные весенние заморозки -3...-9 °С. По мере развития растений устойчивость к низким температурам уменьшается: в период цветения заморозки ниже -2 °С губительны. К фазе налива зерна чувствительность к холоду несколько восстанавливается, его зерно переносит заморозки до -4...-5 °С. Сумма активных температур за вегетацию для раннеспелых сортов составляет 1000–1500 °С, для среднеспелых – 1350–1650 °С, для позднеспелых – 1500–1800 °С. В результате быстрого развития корневой системы растения меньше страдают от весенних засух, чем яровая пшеница и ячмень. Напротив, к высоким температурам и летним воздушным засухам он менее устойчив. При температуре 38–40 °С и сухости воздуха паралич устьиц наступает через 4–5 ч.

Овес относится к влаголюбивым растениям. Пленчатое зерно для набухания требует больше воды, чем зерно голозерных разновидностей, при этом поглощается 60–65 % воды от массы зерна, тогда как ячмень – 50 %, пшеница – 45 %. Согласно данным НИИСХ Юго-Востока, транспирационный коэффициент равен 474, по другим данным – 400–665. Критический период потребления влаги – от выхода в трубку до выметывания. Особенно губителен дефицит почвенной влаги за 10–15 дней до выметывания, который приводит к резкому снижению урожая. Наибольшие урожаи овес дает в годы с достаточным количеством осадков в первой половине лета. Дождливая погода во второй половине лета в северных районах приводит к образованию подгона (отрастания из узла кущения новых побегов) и затягивает период вегетации, что приводит к тому, что овес не успевает вызреть до наступления морозов.

Основным средством, обеспечивающим высокую урожайность сельскохозяйственных культур при своевременном и качественном выполнении других агротехнических приемов, является применение

удобрений. На долю удобрений приходится 30–50 % дополнительного урожая. Удобрения представляют собой важнейшее средство регулирования биологического круговорота, предотвращающее истощение почв, деградацию агроландшафтов. Это характерно для дерново-подзолистых почв Кировской области, которые содержат небольшое количество легкодоступных элементов питания и отличаются низким естественным плодородием [11, 7, 9].

На черноземе слитом выщелоченном малогумусом в южно-предгорной зоне Адыгеи максимальная урожайность (4,32 т/га) ярового овса была получена по вспашке на фоне применения минеральных и органических удобрений [6].

В полевых опытах, по данным А. И. Петелько, внесение минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{40}K_{30}$, $N_{90}P_{60}K_{45}$, $N_{120}P_{80}K_{60}$ повышало урожайность овса на 1,04–1,82 т/га и способствовало росту рентабельности производства зерна [13].

По мнению В. Д. Абашева и др., с увеличением доз удобрений урожайность голозерного овса возрастала, однако прибавки урожая от каждой последующей их дозы снижались. Урожайность зерна в основном определялась применением азотных и фосфорных, в меньшей степени калийных удобрений. Наибольшая урожайность получена при внесении полного минерального удобрения в дозе $(NPK)_{60}$, которая обеспечила урожайность 2,41 т/га, что в 1,6 раза больше, чем без удобрений, а также в дозе $N_{90}P_{30}K_{30}$ – 2,52 т/га [1].

Так, по данным Белорусской зональной опытной станции, оптимальными, или близкими к ним, нормами удобрений, позволяющими поддерживать высокое плодородие почвы и получать с гектара не менее 3,5–4,0 т зерна ячменя, являются $N_{60-90}P_{45}K_{60}$ [5].

Борин А. А., Лощинина А. Э. отмечают, что при переходе на ресурсосберегающие технологии есть необходимость в определении целесообразности применения различных приемов механической обработки в комплексе с удобрениями и другими средствами химизации, а также в оценке их влияния на урожайность сельскохозяйственных культур. При внесении под овес $(NPK)_{30}$ урожайность на фоне комбинированной обработки больше на 0,06 т/га по сравнению с отвальной вспашкой (2,52 т/га) [4].

Г. А. Баталов отмечает, что средними нормами внесения удобрений под овес следует считать 150–200 кг/га до посева азотных удобрений и 50–100 кг/га двойного гранулированного суперфосфата при посеве комбинированной сеялкой [3].

В исследованиях А. В. Кубасова под посевы пленчатого овса вносили азотно-фосфорные удобрения из расчета $N_{45}P_{45}$. При сочетании с другими средствами химизации удавалось увеличить урожайность зерна на 0,23–0,68 т/га [8].

В Мордовии увеличение нормы азота с N_{30} до N_{60} на фоне $P_{50}K_{80}$ обеспечивало прибавку в 0,11 т зерна овса с 1 га [14].

Имеются сведения (Артюков А. И.) об усилении влияния минеральных удобрений на урожайность и качество зерна овса при сочетании предпосевного внесения минеральных удобрений в сочетании с подкормками в период вегетации [2].

В исследованиях Е. Н. Пасынкова, А. В. Пасынков, С. А. Баландина (2012) от подобного уровня удобрений $(NPK)_{30}$ с каждым увеличением на 30 кг д.в./га для сорта голозерного овса Вятский отмечалось постепенное увеличение, и без того высоких прибавок урожая с 1,58 до 2,91 т/га. Однако и здесь наблюдалось заметное снижение окупаемости 1 кг д.в. NPK с 17,5 до 6,5 кг зерна [12].

В исследовании О. В. Мурзовой и И. Р. Вильдфлуша без применения удобрений урожайность голозерного овса составляла 21,7 ц/га. При внесении $N_{90}+P_{60} K_{90}+N_{30}$ в подкормку +нутривант плюс получено 40,5 ц/га. Окупаемость 1 кг д.в. удобрений 7,8 кг зерна [10].

Применение минеральных удобрений – один из важнейших элементов в технологии возделывания озимого овса, обеспечивающих повышение урожайности и качества зерна. Правильное определение доз внесения – главное условие их успешного использования. В связи с этим мы попытались определить влияние возрастающих доз минеральных удобрений на урожайность озимого овса первый раз в Гянджа-Казахской зоне Азербайджана.

Исследования проведены 2020–2022 гг. на экспериментальной базе Гянджинский региональный аграрный научный центр информация при Министерстве сельского хозяйства Азербайджана. Почва опытного участка карбонатная, серо-коричневая, орошаемая (каштановая), легко суглинистая. Содержание питательных элементов уменьшается сверху вниз в метровом горизонте. Согласно принятой градации, в республике агрохимический анализ показывает, что эти почвы мало обеспечены питательными элементами и нуждаются в применении минеральных удобрений.

Агротехника выращивания озимого овса сорта «Азербайджан-60» традиционная для зоны. Общая площадь делянки 56,0 м², учетная 50,4 м², повторность 4-кратная, расположение делянок рендомизированное. Ежегодно фосфор и калий вносили осенью под вспашку, азотные удобрения применяли весной 2 раза в качестве подкормки. Опыт закладывался по методическим указаниям (М.: ВИУА, 1975) обычным рядовым способом посева при норме 220 кг/га (4,5 миллион штук всхожих семян). В качестве минеральных удобрений использованы: азотно-аммиачная селитра, фосфорно-простой суперфосфат, калийно-сульфатный калий.

В среднем за годы исследований сбор зерна (2 раза вегетационный полив) в контроле (б/у) составил 23,7 ц/га (табл.), в хозяйственном N₆₀ варианте 26,8 ц/га, прибавка 3,1 ц/га, или 13,1 %. Применение полной дозы минеральных удобрений существенно влияли на урожайность озимой овса. Прибавка от их применения достигла по сравнению с неудобренным вариантом 9,1–18,1 ц/га или 38,4–76,4 %. В варианте N₆₀P₆₀K₃₀ урожайность составила 32,8 ц/га, прибавка 9,1 ц/га (38,4 %). Самый высокой урожайности получено в варианте N₉₀P₉₀K₆₀, урожайность зерна достигла 41,8 ц/га, прибавка – 18,1 ц/га, или 76,4 %. При дальнейшем повышении доз минеральных удобрений (N₁₂₀P₁₂₀K₉₀ и N₁₅₀P₁₅₀K₁₂₀) сбор зерна увеличивался незначительно соответственно 39,9 ц/га, прибавка составила 16,2 ц/га (68,4 %) и 37,4 ц/га (57,8 %). Математическая обработка полученных данных показала их достоверность по методу В. Н. Перегудова: E=0,71-0,87 ц/га, P=2,03–2,72 %.

В среднем за годы исследований (на фоне 3 раз полива за вегетационный период (таблица) всех вариантов) структура урожая повышалась. Так, в среднем за годы исследований сбор зерна после 3 раз полива в контроле (б/у) составил 26,8 ц/га (табл.), в хозяйственном N₆₀ варианте – 30,4 ц/га, прибавка 3,6 ц/га, или 13,4 %. Применение полной дозы минеральных удобрений существенно влияло на урожайность озимого овса. Прибавка от их применения достигла по сравнению с неудобренным вариантом 9,2–20,3 ц/га, или 34,3–75,8 %. В варианте N₆₀P₆₀K₃₀ урожайность составила 36,0 ц/га, прибавка 9,2 ц/га (34,3 %), N₉₀P₉₀K₆₀ соответственно 40,6 ц/га; 13,8 ц/га или 51,5 %. Самая высокая урожайность получена в варианте N₁₂₀P₁₂₀K₉₀, урожайность зерна достигла 47,1 ц/га, прибавка 20,3 ц/га, или 75,8 %. При дальнейшем повышении доз минеральных удобрений N₁₅₀P₁₅₀K₁₂₀ сбор зерна увеличивался незначительно, соответственно 43,2 ц/га; прибавка составила 16,4 ц/га (61,2 %). Математическая обработка полученных данных показала их достоверность по методу В. Н. Перегудова: E=0,50-0,71 ц/га. P=1,30–2,00 %.

Влияние числа поливов и минеральных удобрений на урожайность озимого овса (среднее 2020–2022 гг.)

№	Варианты опыта	2 раз полив			3 раз полив		
		Урожай зерно, ц/га	Прибавка		Урожай зерно, ц/га	Прибавка	
			ц/га	%		ц/га	ц/га, %
1	Без удобрений	23,7	–	–	26,8	–	–
2	Хозяйственный N ₆₀	26,8	3,1	13,1	30,4	3,6	13,4
3	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	32,8	9,1	38,4	36,0	9,2	34,3
4	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	41,8	18,1	76,4	40,6	13,8	51,5
5	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀	39,9	16,2	68,4	47,1	20,3	75,8
6	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	37,4	13,7	57,8	43,2	16,4	61,2

E=0,71–0,87 ц/га

P=2,03–2,72 %

E= 0,50–0,71 ц/га

P=1,30–2,00 %

Таким образом, результаты опытов свидетельствуют о весьма высокой эффективности использования числа поливов и минеральных удобрений под озимый овес.

Заключение

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что для получения высокого и качественного урожая зерна озимого овса и восстановления плодородия почвы на серо-коричневых орошаемых почвах Гянджа-Казахской экономической зоны Азербайджана рекомендуется в фермерских хозяйствах использовать ежегодно 3 раза вегетационный полив и минеральные удобрения в норме N₁₂₀P₁₂₀K₉₀.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абашев, В. Д., Попов Ф. А., Носкова Е. Н., Жук С. Н. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество голозерного овса сорта Першерон Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – Том 62, №1. – С. 52–57.
2. Артюхов, А. И. Продуктивность овса в зависимости от предшественников и удобрений / А. И. Артюхов, Г. Л. Яговенко. – Кормопроизводство. – 2009. – № 4. – С. 11.
3. Баталова, Г. А. Овес как продовольственная культура / Интродукция сельскохозяйственных растений и ее значение для сельского хозяйства Северо-Востока России. – Киров, 1999. – С. 101–108.
4. Борин, А. А., Лощина А. Э. Влияние обработки почвы в комплексе с применением удобрений и гербицидов на урожайность культур севооборота. – Земледелие. – 2015. – № 7. – С. 17–20.

5. Вострухин, Н. П. Длительные стационарные полевые опыты – неотъемлемая составляющая фундаментально-прикладных исследований в земледелии // Вести национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. – 2014. – №4. – С. 38–45.
6. Девтерова, Н. И., Тугуз Р. К. Урожайность ярового овса на слитых выщелоченных черноземах Адыгеи // Земледелие. – 2012. – № 8. – С. 23–25.
7. Кирюшин, В. И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, №3. – С. 19–25.
8. Кубасов, А. В. Влияние минимизации обработки почвы и комплексной химизации на основные элементы плодородия чернозема и урожайность овса в южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Омск, 2004. – 16 с.
9. Молодкин, В. Н., Бусьгин А. С. Плодородие пахотных почв Кировской области // Земледелие. – 2016. – №8. – С. 16–18.
10. Мурзова, О. В. Влияние макро, микроудобрений и регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность и продуктивность посевов пленчатого и голозерного овса на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве северо-восточной части Беларуси / О. В. Мурзова, И. Р. Вильдфлуш // Вестник Белорусской ГСХА. – 2017. – № 2. – С. 100–104.
11. Пасынков, А. В., Светлакова Е. В., Пасынкова Е. Н. Изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы и продуктивность севооборота при длительном применении удобрений // Результаты длительных исследований в системе Геосети опытов с удобрениями РФ. Вып. 2. – М.: ВНИИА, 2012. – С. 267–288.
12. Пасынкова, Е. Н. Эффективность минеральных удобрений при возделывании пленчатого и голозерного овса / Е. Н. Пасынкова, А. В. Пасынков, С. А. Баландина // Агро XXI. – 2012. – № 10–12. – С. 36–39.
13. Петелько, А. И. Влияние окультуривания эродированных почв на урожайность сельскохозяйственных культур / А. И. Петелько // Агро XXI. – 2008. – №10–12. – С. 34 – 35.
14. Прокина, Л. Н. Влияние минеральных удобрений и препарата ЖУСС-2 на урожайность и качество зерна овса на черноземе выщелоченном / Л. Н. Прокина, Н. В. Зорькин // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 6. – С. 23–25.

COMPARATIVE EVALUATION OF THE SOILS OF THE NORTHEASTERN SLOPE OF THE LESSER CAUCASUS (IN THE EXAMPLE OF DASHKASAN, GADABEY AND GOYGOL REGIONS)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО СКЛОНА МАЛОГО КАВКАЗА (НА ПРИМЕРЕ ДАШКЕСАНСКОГО, КЕДАБЕКСКОГО И ГЕЙГЁЛЬСКОГО РАЙОНОВ)

L. Sh. KHALILOVA

*Азербайджанский Технологический Университет,
г. Гянджа, Республика Азербайджан, AZ2011, e-mail: lamiyex@list.ru*

(Поступила в редакцию 12.09.2023)

The administrative regions included in the north-eastern slope of the Lesser Caucasus are considered to be an important industrial, primarily mining and agricultural area of Azerbaijan. The comparative evaluation (bonitirovka) of lands is important for a number of measures of state importance, including the protection of lands and natural landscape complexes, the calculation of damage caused to them due to these and other reasons, the distribution of lands by category within the borders of the Republic on scientific grounds, as well as the internal transformation of the category and the implementation of other works. is considered a tool. The comparative assessment of soils and landscape complexes on the north-eastern slope of the Lesser Caucasus consisted of the following stages: establishment of the main credit rating scale based on potential fertility indicators; establishment of an open credit rating scale with the application of correction coefficients. Within the research object, the following landscape complexes and reference soils were separated, their main bonity scales were established, and the bonity scores of individual soils were found in comparison with the reference soil: alpine and subalpine meadow and meadow-steppe belt (reference soil: washed black soil-like mountain-meadow); mesophilic forest belt (reference soil: washed mountain black); xerophytic forests, scrub and steppe belt (reference soil: steppe mountain brown).

Key words: soil, alpine, subalpine, landscape zone, bonitirovka, soil evaluation.

Административные районы, входящие в состав северо-восточного склона Малого Кавказа, считаются важным промышленным, прежде всего горнодобывающим и сельскохозяйственным регионом Азербайджана. Сравнительная оценка (бонитировка) земель важна для проведения ряда мероприятий государственного значения, в том числе для охраны земель и природно-ландшафтных комплексов, подсчета ущерба, причиненного этими и другими причинами, распределения земель по категориям в пределах границы республики на научной основе, а также внутренней трансформации категорий и выполнения других работ. Сравнительная оценка почвенно-ландшафтных комплексов северо-восточного склона Малого Кавказа состояла из следующих этапов: составление основной шкалы баллов бонитета на основе показателей потенциального плодородия; составление открытой шкалы баллов бонитета с применением поправочных коэффициентов. В рамках исследования выделены следующие ландшафтные комплексы и эталонные почвы, установлены их основные шкалы бонитета, а также установлены показатели качества отдельных почв в сравнении с эталонной почвой: пояс альпийских и субальпийских лугов и луговых степей (эталонная почва: горно-луговая черноземовидная выщелоченная); пояс мезофильных лесов (эталонная почва: горно-черноземная выщелоченная); пояс ксерофитных лесов и кустарниковых степей (эталонная почва: горно-коричневая остепненная).

Ключевые слова: почвы, высокогорная альпийская и субальпийская ландшафтная зона, мелиорация, оценка почв.

Introduction

Land cover always has a unique role in the life of human society, landscape and ecosystems. The protection of these systems is relevant in our modern times. In this regard, the protection of land and landscape complexes is of scientific-theoretical and practical importance.

In developed and developing countries of the world, regardless of the social structure and the nature of management, modern land evaluation works are carried out. According to the theory of genetic soil science of lands benchmarking is carried out on the basis of the potential indicators of the soil. In order to determine the potential fertility of the soil, other factors besides its quality are taken into account [23].

Land valuation is a comparative characteristic of the quality of agricultural and forest land expressed in points

of land areas (crops, perennial crops, mowing and grazing areas), determination of economic indicators, calculation of land taxes and other cadastre-of land in the implementation of works benchmarking is the primary basis.

Lands comparative evaluation (bonitirovka) reveals the comparison of the quality of soils, which determines how many times any soil is better or worse than another. Through this approach, ecological assessment of soils is carried out in a number of research works.

Thus, in different periods and societies, regardless of the socio-political structure, the assessment of land from various aspects, primarily for fiscal purposes (calculation of land taxes, compensations and compulsory

purchase prices of land, etc.), has always been relevant, scientific-theoretical and practical importance. obtained [20].

Research object and methodology

The object of research. Part of the northeastern slope of the Lesser Caucasus was taken as the object of the study. Its total area is 283,273.33 ha and covers Gadabay and Dashkasan administrative regions. This area has a complex geomorphological structure [1]. The research facility covers areas whose height varies from 1000 to 2000 meters above sea level.

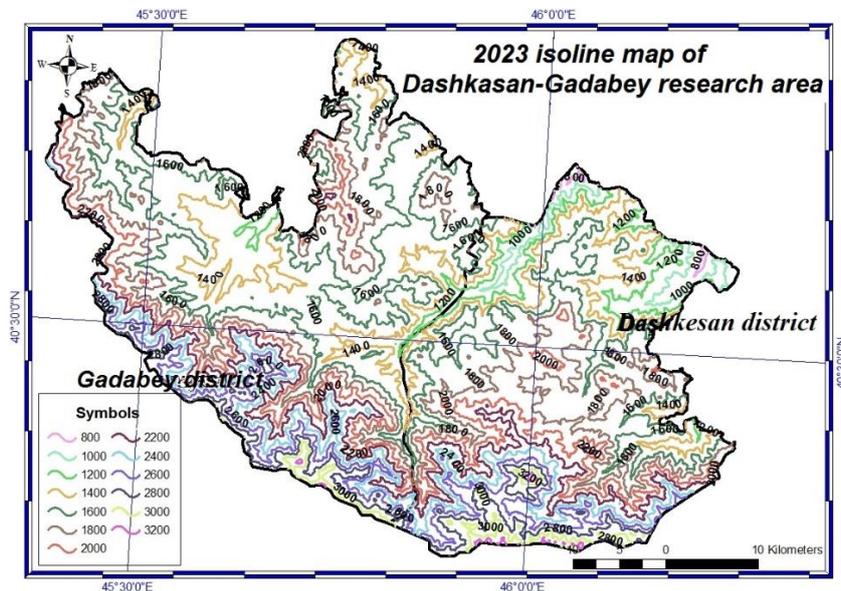


Figure 1. Hypsometric map of the study area

The north-eastern part of the Lesser Caucasus belongs to the types of temperate-hot climate with dry summer and cold climate with dry winter. The average monthly temperature of January is 0.6 ° C, the temperature of July is 25.1 ° C, the annual air temperature is 13.1 ° C. The amount of precipitation varies between 600–800 mm. The hydrographic network of the area includes Goygol (Zivlan village), Ganja river (Canagchi-Dastafur villages) , Ballicali (Garagollar) , Shamkirchay (Astaf village) , Goshgarchay (Khoshbulag) . includes the rivers of the village – Dashka and cities) .

In the area, the broad-leaved mountain – forest landscape covers the slopes with a height of up to 1900 meters . The high border of the mountains is completed with oak forests. Subalpine and alpine meadows are located on the upper border of the forests . Subalpine vegetation of the area covers the altitudes of 1800–2600 m. 39.3 % of the territory is covered with broad-leaved mountain forests and 32.8 % with re-established vegetation instead of shrubs.

On the northeastern slope of the Lesser Caucasus grassy mountain-meadow, brown mountain-forest and brown mountain-forest soils are spread, while brown mountain-forest, black soil, grassy mountain-meadow, etc. are found in Gadabay district. lands are spread. The main part of the study area is grassy mountain-meadow (35 %), brown mountain-forest (36 %) and brown mountain-forest (19 %) soils.

Research methodology. In Azerbaijan [2, 3, 4, 5, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 24, 25] and near abroad [8, 10, 17, 19, 22] in the basis of genetic soil science the comparative assessment of land was started in the 60s of the 20th century. A number of valuable works have been done in this field by various researchers. On the basis of these studies, credit scores of lands of different regions of the Republic were found and their price maps (credit rating, agro-production grouping, etc.) were compiled.

Studies on the comparative assessment of soils on the north-eastern slope of the Lesser Caucasus were carried out in three stages: camera preparation, field-laboratory, final.

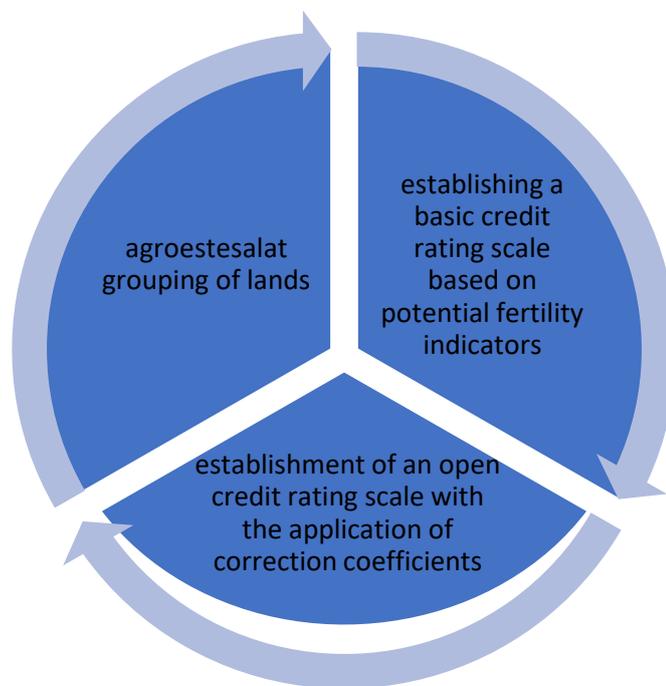
In accordance with the methodology, the soil-climate conditions of the area were analyzed at the stage of camera preparation, and the main soil quality scale was compiled.

Proceeding from the purpose of our research, we made a survey of the soils and landscape complexes on the north-eastern slope of the Lesser Caucasus. comparative evaluation was carried out. Evaluation works were carried out according to the following scheme (Scheme 1).

As can be seen from the diagram, the comparative assessment of lands and landscape complexes affected by the mining industry consisted of the following stages:

- establishment of the main credit rating scale based on potential fertility indicators;
- establishment of an open credit rating scale with the application of correction coefficients;
- agroestosalat grouping of lands.

The assessment of mining-impacted soils under this scheme allowed us to compare the pre- and post-impact conditions of normal soils, and estimate the extent and cost of damage and remediation. At that time, the main credit rating scale was established based on the potential indicators of the soil (humus, nitrogen, phosphorus, potassium, UAC), an open credit rating scale of soil diversity was drawn up with the application of correction coefficients, and agro-production grouping of soils was carried out. average scores are determined.



Scheme 1. The scheme for the assessment of lands affected by the mining industry in stages

As a result of the research, the assessment and agro-production grouping maps of the soils of the northeastern slope of the Lesser Caucasus were drawn up.

Analysis and discussion

The most important operation in the comparative evaluation of lands is the establishment of the basic credit rating scale. Regardless of its purpose and destination, land credit rating within territorial units begins with the compilation of the main credit rating scale according to existing methodical approaches. It is built on the basis of the following principles: selection of reference soil within the area to be evaluated; taking soil potential indicators (humus, nitrogen, phosphorus, potassium, UAC) as a price criterion. Starting from VVDokuchayev and up to the researchers of the modern era, taking fixed diagnostic properties and signs, which are an indicator of soil potential fertility, was accepted as a price criterion.

According to the rules adopted in production, the main credit rating scales are drawn up by cadastral (price) regions. At this time, the location of one or more administrative districts within the cadastral (price) district is not important. The cadastral (price) district unites homogeneous (similar) areas in terms of relief, climate, soil cover. This is considered a very important condition for ensuring the objectivity of the research

After studying the real condition of the lands of the research object on the basis of fund and field-laboratory research materials, and determining the degree of changes that have occurred in them, the evaluation works were started.

Taking separate landscape complexes as a territorial unit and evaluating the land within them and deriving the average score for landscape zones was first proposed by B. A. Budagov and G. Sh. Mammadov [13]. This approach was used by us when establishing the main scale of the soils of the north-eastern slope of the Lesser Caucasus. At this time, within the research object, the following landscape complexes and standard soils were separated, their main credit rating scales were established, and the credit scores of individual soils were found in comparison with the standard soil (Table 1):

- Alpine and subalpine meadows and meadows – steppe belt (standard soil : washed black soil-like mountain-meadow);

- Mesophilic forest belt (standard soil_: washed mountain black);
- Xerophytic forests, thickets and steppe zone (reference soil : steppe brown).

When establishing the main credit scale of the soils of the northeastern slopes of the Lesser Caucasus, total humus, nitrogen, phosphorus and UAC (sum of absorbed bases) were taken as price criteria.

Table 1. The north-eastern slope of the Lesser Caucasus soil and landscape complexes the main credit rating scale

Landscape types	The name of the lands	Basic credit scores of lands	Area	
			Yes	%
Alpine and subalpine meadow and meadow-steppe belt	Primitive mountain-meadow	68	4129.3	1.46
	Residual carbonate mountain-meadow	74	3694.35	1.30
	Grassy mountain-meadow	90	37901,1	13,38
	A mountain-meadow like washed black soil	100	18826.56	6.65
	Washed mountain grass steppe	95	9750.9	3.44
	On the alpine and subalpine meadow and meadow-steppe belt:	91	74302,21	26,23
Mesophilic forest belt	Steppe brown mountain forest	85	3627.5	1.28
	Washed brown mountain forest	81	4413.65	1.55
	Typical brown mountain forest	71	40138.19	14,17
	Washed mountain black	100	31511.71	11,12
	Typical mountain black	95	3323.92	1.17
	Carbonated mountain black	90	6120.09	2.16
	On the belt of mesophilic forests:	83	89135.06	31,47
Xerophytic forests, shrubland and steppe belt	Steppe mountain forest brown	64	2708.7	0.96
	Carbonate mountain forest brown	72	5204.46	1.84
	Typical mountain forest brown	66	300	0.11
	Washed mountain forest brown	90	7613.4	2.69
	Steppe mountain brown	100	35133.3	12,40
	Dark mountain gray-brown	95	17878.35	6.31
	Common mountain gray brown	85	8817.35	3.11
	Light mountain gray-brown	80	12770.82	4.51
	Late light mountain grey-brown	72	7032.03	2.48
	Light gray-brown	68	22250.65	7.85
	The grass is gray-brown	82	127	0.04
	Xerophytic forests in the shrubland and steppe zone:	85	119836.06	42,30
On the North-East slope of the Lesser Caucasus (Dashkasan, Gadabey, Goygol administrative regions):	86	283273.33	100	

As can be seen from Table 1, the credit scores of the land on the main scale for the landscape zones were as follows:

On the alpine and subalpine meadow, meadow-steppe belt : Grassy mountain-meadow, mountain meadow-steppe and shale-like mountain-meadow soils are typical for this zone in the northeastern slopes of the Lesser Caucasus.

The total area of alpine and subalpine meadow and meadow-steppe belt is 74,302.21 ha, primitive mountain-meadow land is 4129.3 ha (1.46 %), carbonate residual mountain-meadow – 694.35 ha (1.30 %), grassy mountain-meadow – 37901.1 ha (13.38 %), washed-out black-soil-like mountain-meadow – 18826.56 ha (6.65 %), and washed-out mountain grass steppes – 9750.9 ha (3.44 %).

distributed within this zone were as follows: primitive mountain-meadow – 68 points, carbonate-residual mountain-meadow – 74 points, grassy mountain-meadow – 90 points, washed-out black soil-like mountain-meadow – 100 points, washed-out mountain grass steppe – 95 points. The average score for alpine and subalpine meadow and meadow-steppe zone was 91 points.

On the mesophilic forest belt : on the northeastern slope of the Lesser Caucasus, the mesophyll forest belt is represented by different subtypes of brown mountain forest soils and black soils, depending on the composition of soil-forming rocks, the slope and slope of the terrain. This belt covers heights of 1600–1800 m above sea level. Soil-forming rocks consist of sedimentary rocks of volcanic and eruptive origin, typical for the Lesser Caucasus.

The total area of this zone was 89135.06 ha, grayed brown mountain forest – 3627.5 ha (1.28 %), washed brown mountain forest – 4413.65 ha (1.55 %), typical brown mountain forest – 40138.19 ha (14.17 %), washed mountain black – 31511.71 ha (11.12 %), typical mountain black – 3323.92 ha (1.17 %), carbonated mountain black – 6120.09 ha (2.16 is %).

The average score and area of soil subtypes within this zone are distributed as follows: greyish brown mountain forest – 85 points, washed brown mountain forest – 81 points, typical brown mountain forest –

71 points, washed mountain black – 100 points, typical mountain black – 95 honey, carbonated mountain black – 90 points. The average score of mesophilic forests was 83 points.

Xerophytic forests, thickets and steppes . The xerophytic forest belt was formed in areas with hot and dry summers and humid and mild winters. The average annual temperature here is 8.5–110 °C, the amount of precipitation varies between 400–600 mm.

In the northeastern part of the Lesser Caucasus, the lowest layer of the vegetation of this zone consists of light oak and oak-beech mixtures composed of grasses and shrubs. As a result of deforestation, in some parts of the territory, the process of steppe has gone or the land has been involved in agricultural circulation. Soil-forming rocks consist of carbonate sedimentary rocks and rocks of volcanic origin. For the xerophilic forest zone, the typical subtypes of brown soils, leached and carbonated and their species diversity are relevant. Below is a description of some of the soil subtypes common within this belt.

(0.96 %) in gray mountain forest brown soils , carbonate mountain forest brown – 5204.46 ha (1.84 %) , typical mountain forest brown – 300 ha (0.11 %) , washed mountain forest brown – 7613.4 ha (2.69 %) , gray mountain brown – 35133.3 ha (12.40 %) , dark mountain gray-brown – 17878.35 ha (6, 31 %) , ordinary mountain gray-brown – 8817.35 ha (3.11 %) , light mountain gray-brown – 12770.82 ha (4.51 %) , late light mountain gray-brown – 7032.03 ha (2 ,48 %) , light gray-brown – 22250.65 ha (7.85 %) , grass gray-brown – 127 ha (0.04 %) .

This belt covers both low mountain and foothill areas. The average score and area of the soil subtypes distributed within this zone were as follows: grazed mountain forest brown – 64 points; carbonate mountain forest brown – 72 points, typical mountain forest brown – 66 points, washed mountain forest brown – 90 points, grayed mountain brown – 100 points, dark mountain gray-brown – 95 points, ordinary mountain gray brown – 85 points, light mountain gray-brown – 80 points, late light mountain gray-brown – 72 points, light gray-brown – 68 points, meadow gray-brown – 82 points. The average score of xerophytic forests, shrubs and steppes zone was 85 points.

Potential and effective soil fertility is influenced not only by humus and other soil constituent properties, but also by other factors. This includes the granulometric composition of the soil, salinization and salinization of the soil, the thickness of the soil profile, stony, sclerotized, irrigation and other factors. Due to the fact that these properties and compositions of the soil are of a local and special nature (for example, signs of salinization and salinization, erosion and the height of the soil profile are typical for stony areas), it is impossible to use them as a price criterion. However, finding the bonity scores of soil types and sub-types, taking into account other properties and composition of the soil, is both scientific and theoretical. it is also of practical importance.

In accordance with the adopted methodology, correction coefficients are used when finding the final credit scores of soil diversity. Starting from the 60s and 70s of the 20th century, the development of correction coefficients for these and other properties and compositions of soils under various agricultural crops in different regions of Azerbaijan was started. Some of the correction coefficients are general (for all soils), and the other is special (taking into account the agro-ecological requirements of individual plants). These correction coefficients were used when finding the final credit scores of the soil diversity included in the open credit rating scale of the Lesser Caucasus (table 2).

Table 2. Correction coefficients of soil properties and composition

Lands	Granulometric composition				
	Clay	Heavy gilly	Medium grainy	Light gilly	Beach
For all lands	0.80	0.90	1.00	0.89	0.70
	Thick	Medium thickness	Sleep		
	1.0	0.80	0.60		
	Partnership				
	Unaffiliated	Weak	Moderate and severe		
1.00	0.90	0.60			

Credit scores of soil types spread within soil subtypes were determined using the following formula.

$$B_n = B_x T_s x T_{shr} x T_q x T_{gl}$$

Here, B_n – the final credit score of soil diversity; B_x – the main credit score of the land; T_{sh} – correction coefficient of salinization; T_{shr} – coefficient of correction of participation; T_q – correction coefficient of granulometric composition; T_{gl} - correction coefficient of soil profile thickness.

Using the correction coefficients, the final rating scale of the administrative regions of the north-eastern slopes of the Lesser Caucasus and landscape complexes was established (table 3). After applying correction coefficients, the final rating within the landscape complexes of soil subtypes took the following form:

Alpine and subalpine meadow and meadow-steppe zone: The average score of soil subtypes distributed within this zone was as follows: primitive mountain-meadow – 37 points; mountain-meadow with carbonate remains – 47 points; Cimli mountain-meadow – 62 points; washed black soil-like mountain-meadow – 74 points; washed mountain grass steppe – 63 points. The average score for alpine and subalpine meadow and meadow-steppe belt was 63.

On the zone of mesophilic forests: the average score and area of soil subtypes within this zone are distributed as follows: grayish brown mountain forest – 70 points; washed brown mountain forest – 65 points; typical brown mountain forest – 51 points; washed mountain black – 68 points; typical mountain black – 70 points; carbonated mountain black – 73 points. The average score of mesophilic forests was 58 points.

Xerophytic forests, thickets and steppes. The average score and area of soil subtypes distributed within this zone were as follows: barren mountain forest brown – 47 points; carbonate mountain forest brown – 56 points; typical mountain forest brown – 35 points; washed mountain forest brown – 62 points; steppe mountain brown – 62 points; dark mountain gray-brown – 67 points; ordinary mountain gray brown – 60 points; light mountain gray-brown – 55 points; late light mountain gray-brown – 54 points; light gray-brown – 62 points; grass gray-brown – 76 points. The average score of xerophytic forests, shrubs and steppes zone was 55 points. For the northeastern slope of the Lesser Caucasus, this indicator was 60 points. Based on the comparison of the final credit scores of the lands, the comparative value coefficients of the lands of the northeastern slope of the Lesser Caucasus were determined (table 3).

Table 3. The final rating scale of the soils of the north-eastern slope of the Lesser Caucasus

The name of the lands	Basic credit scores of lands	Final credit score	In TM	Area	
				Yes	%
<i>Alpine and subalpine meadows and meadows – steppes Belt</i>					
Primitive mountain-meadow	68	37	0.59	4129.3	1.46
Residual carbonate mountain-meadow	74	47	0.75	3694.35	1.30
Grassy mountain-meadow	90	62	0.98	37901.1	13.38
A mountain-meadow like washed black soil	100	74	1.17	18826.56	6.65
Washed mountain grass steppe	95	63	1.00	9750.9	3.44
On the alpine and subalpine meadow and meadow-steppe belt :	91	63	1.00	74302.21	26,23
<i>Mesophilic forest belt</i>					
Steppe brown mountain forest	85	70	1.11	3627.5	1.28
Washed brown mountain forest	81	65	1.03	4413.65	1.55
Typical brown mountain forest	71	51	0.81	40138.19	14,17
Washed mountain black	100	68	1.08	31511.71	11,12
Typical mountain black	95	70	1.11	3323.92	1.17
Carbonated mountain black	90	73	1.16	6120.09	2.16
On the belt of mesophilic forests:	83	63	1.00	89135.06	31.47
<i>Xerophytic forests, thickets and steppes Belt</i>					
Steppe mountain forest brown	64	47	0.85	2708.7	0.96
Carbonate mountain forest brown	72	56	1.02	5204.46	1.84
Typical mountain forest brown	66	35	0.63	300.0	0.11
Washed mountain forest brown	90	62	1.13	7613.4	2.69
Steppe mountain brown	100	62	1.13	35133.3	12.40
Dark mountain gray-brown	95	67	1.22	17878.35	6.31
Common mountain gray brown	85	60	1.09	8817.35	3.11
Light mountain gray-brown	80	55	1.00	12770.82	4.51
Late light mountain grey-brown	72	54	0.98	7032.03	2.48
Light gray-brown	68	62	1.13	22250.65	7.85
The grass is gray-brown	82	76	1.38	127.0	0.04
Xerophytic forests on the shrub and steppe belt :	85	55	1.00	119836.06	42.30
On the North-East slope of the Lesser Caucasus (Dashkasan, Gadabey, Goygol administrative regions):	86	60		283273.33	

As can be seen from the table, within the alpine and subalpine meadow and meadow-steppe zone, the TMD is 0.59–1.17, within the mesophilic forest zone 0.81–1.16, and in the xerophyte forest, shrubland and steppe zone between 0.85–1.38 hesitated.

Conclusion

1. Based on the results of large-scale soil surveys on the north-eastern slope of the Lesser Caucasus and the potential indicators of the soils affected by the mining industry (humus, nitrogen, phosphorus, potassium, UAC), a basic credit rating scale was established, an open credit rating scale of soil species diversity was drawn up with the application of correction coefficients, and (comparative value coefficients of lands) were found and the average scores of landscape complexes were determined.

2. Within the research object, the following landscape complexes and reference soils were separated, their main bonity scales were established, and the bonity scores of individual soils were found in comparison with the reference soil: alpine and subalpine meadow and meadow-steppe belt (reference soil: washed black soil-like mountain-meadow); mesophilic forest belt (reference soil: washed mountain black); xerophytic forests, scrub and steppe belt (reference soil: steppe mountain brown).

LITERATURE

1. Ecological atlas of the Republic of Azerbaijan / Mammadov G.Sh., Khalilov MY, Mammadova SZ. Baku: Baku Cartography Factory, 2009, 156 p.
2. Evaluation of the soils under perennial crops of the Azerbaijan SSR and their efficient use. Baku, 1980, 39 p.
3. Recommendations on the valuation of the lands of the Azerbaijan SSR and their effective use. Baku, 1978, 37 p.
4. Babayev MP, Jafarov AB, Orujova N., Mirzazadeh R., Bayramov E. Scientific recommendations on the study, use and evaluation of small farm lands. Baku, 2008, 88 p.
5. Jafarov A. B., Yusifov M. A., Sultanova N. A. Evaluation of small agricultural lands // Works of the Society of Soil Scientists of Azerbaijan, volume VIII, 2001, p. 133–134.
6. Mammadov G.S. State land cadastre of the Republic of Azerbaijan: legal, scientific and practical issues. Baku: Elm, 2003, 448 p.
7. Aivazov F. D. Agroecological features and soil improvement in winter pastures of the Adzhinour steppe for the purposes of their rational use: Author's Ref. dis. ... cand. s.-x. Science Baku, 1989, 23 p.
8. Akbirov R. A. Бонитировка почв и качественная оценка земель лесостепной зона Республики Башкортостан на агроэкологической основе // Vestnik OGU, No. 9, 2005, p. 134–17.
9. Aliyeva R. A. Качественная харанистрация и бонитировка почв Salyanskogo district of the Azerbaijan SSR: Author's reference. dis. ... kand.s.-kh.nauk. Baku, 1971, 23 p.
10. Aparin B. F., Bulgakov D. S., Rusakov A. V. Бонитировка почв и основы государство земельного кадастра. SPB: СбпГУ, 2002, 88 p.
11. Akhadov D. R. Agroecological features and bonitirovka of tea-friendly soils of moist subtropics in the southern part of the Lankaran region: Author's Ref. dis. ... канд.с.-х. Science Baku, 1979, 22 p.
12. Badalov Sh. A. Agroecological characteristics and bonitirovka of grape-friendly soils of mountain Shirvani with the goal of their rational use: Author's Ref. dis. ... kand.s.-kh.nauk. Baku, 1981, 22 p.
13. Budagov B. A., Mamedov G. Sh. Бонитировка типов ландставтов Азербазерской SSR // Доклады AN Азерб.ССР, т.XVIII, 1987, №7, С.67–71.
14. Велиев А. Г. dis. ... kand.s.-kh.nauk. Baku, 1981, 20 p.
15. Hasanov Sh. G. Natural and genetic features and improvement of soil in south-western Azerbaijan. Baku, 1972, 220 p.
16. Huseynov S. M. Bonitirovka vyvogoprogodnyh soils on the basis of agroecology in the Nagorno-Karabakh autonomous region of the Azerbaijan SSR. Autoref. dis. ..канд.с.-х. Science Baku, 1985, 20 p.
17. Ivanov V. F., Ivanova A. S. Methodology of soil remediation under multi-year plantations // Pochvovedenie, 2001, No. 11, pp. 1377–1382.
18. Kasumova T. T. Soil-ecological conditions and evaluation of the fertility of soil and fruit plantations in the Kuba-Khachmas zone of Azerbaijan. Autoref., Baku, 1992.
19. Kuprichenkov M. T. Бонитировка почв. Stavropol: АГРУС, 2005, 284 с.
20. Mamedov G. Sh. Agroecological characteristics and improvement of pasture lands in the western part of the Milskoy Plain: Author's Ref. dis. ... cand. s.-x. Science Baku, 1978, 28 p.
21. Mamedov G. Sh. Agroecological features and soil improvement in Azerbaijan. Baku: Elm, 1990, 172 p.
22. Medvedev V. V., Plisko I. V. Bonitirovka and quality assessment of arable lands of Ukraine. Kiev, 2006, 386 с.
23. Methodical guidelines for soil bonification of fodder fields of the Azerbaijan SSR. Baku: Elm, 1978, 38 p.
24. Methodological recommendations for soil bonification of grape and tea crops of the Azerbaijan SSR. Baku, 1979, 22 p.
25. Methodological guidelines for soil testing for the purpose of the land cadastre of the Azerbaijan SSR. Baku, 1979, 20 p.
26. Salaev M. E. Diagnosis and classification of soil in Azerbaijan. Baku: Elm, 1991, 240 p.

ОБЗОРЫ. ФРАГМЕНТЫ. РЕЦЕНЗИИ

РЕЦЕНЗИЯ НА МОНОГРАФИЮ ПРОФЕССОРА Ф. В. ЗИНОВЬЕВА «УПРАВЛЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ КАФЕДРЫ»

(Издание второе, переработанное и дополненное. Симферополь, ИП Бровко А. А., 2023, 192 с.)

В. В. ВАСИЛЬЕВ

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407*

(Поступила в редакцию 21.09.2023)

Профильные кафедры вузов являются центральным звеном в подготовке специалистов. В этой связи, исследование деятельности зав. кафедрами не может не вызывать неподдельный интерес у научной общественности. Изучению деятельности кафедры уделено немало внимания в отечественной литературе. Исследованием деятельности заведующих кафедрами занимались: Г. Б. Клейнер, С. Д. Резник, С. А. Прокопенко, А. Г. Суслов, О. В. Григораш и др.

Каждый из них внёс значительный вклад в исследование проблем управления в сфере высшего образования. Но эти исследования охватывают период стабильно функционирующей высшей школы. В настоящее время усиление значимости цифровизации и неопределённость внешних факторов, влияющих на деятельность высшей школы, требуют существенных изменений в деятельности зав. кафедрой.

Автор данного исследования имеет огромный опыт работы в высшей школе, так как работает в этой сфере более пятидесяти лет, знаком с опытом работы преподавателей в разных странах и во многих уголках России. За этот период видел хорошее и плохое, пережил не один период трансформационных процессов в системе высшего образования, изменения в учебных планах, методах преподавания, критериях деятельности кафедр и их руководителей. Опираясь на свой опыт, автор затрагивает широкий круг проблем, рассматривая как теоретические, так и методические, и практические аспекты деятельности зав. кафедрами в современных условиях.

Содержание монографии включает 18 глав, охватывающих широкий круг вопросов в деятельности зав. кафедры. Первые три главы предваряют исследование, так как характеризуют современное состояние высшей школы и условия, в которых действуют преподаватели. Здесь же представлен авторский подход к генезису инновационности в подготовке специалистов, к развитию кадрового потенциала будущих специалистов. Фактически, впервые, предложен комплексный подход к исследованию деятельности кафедр и её заведующего.

Влияние личности зав. кафедрой на деятельность коллектива в том, что его основные убеждения, мировоззрение, идеалы, ценности и цели деятельности передадутся его сотрудникам, и впоследствии будут транслироваться через поколения. Основатель кафедры или его продолжатель «навязывают» коллективу свои представления о целях, средствах их достижения, ценностях, обусловленных его собственной культурой.

Студенты и сотрудники ждут от руководителя не столько правды о реальном положении дел, а чувствительных изменений к лучшему. Но такие изменения не могут быть мгновенными. Им должна предшествовать необязательно всегда публичная, но очень чёткая и честная оценка текущего момента, перестройка сознания членов кафедры в духе. Не замалчивать проблемы, а искать и находить пути их преодоления, находить взаимопонимание с членами коллектива, администрацией, внешними организациями.

К сожалению, в литературе по затрагиваемой тематике, авторы ограничиваются чисто академическими аспектами: роль зав. кафедры, его функции и методы работы. В этом отношении автор обращает внимание читателей на методические аспекты: методика оценки потенциала кафедры и её руководителя, оценки содержания труда преподавателей различного уровня квалификации, оценки поглотителей рабочего времени, затрат на подготовку личности специалиста, ограничителей личности специалистов, методов влияния зав. кафедрой на деятельность преподавателей и студентов, методику оценки инвестиций в формирование и развитие преподавателей и зав. кафедры, критерии оценки учебно-методической и научно-исследовательской деятельности кафедры, методика оценки имиджа кафедры и её руководителя.

Особую ценность, по нашему мнению, представляют главы, в которых автор делится опытом инновационности в технологии обучения, искусстве чтения лекций, активных методах аудиторной и вне аудиторной работы со студентами, практическим опытом подготовки кадров, поиску претендентов на профильную кафедру, формированием компетентности личности специалистов и практике воспитания последователей научной школы.

В заключительной части монографии предлагаются возможные сценарии развития кафедры, а также конкретные меры по совершенствованию деятельности как кафедры, так и её руководителя. Несомненный интерес у читателей вызовут размышления автора по поводу критериев оценки учебно-методической и научно-исследовательской работы коллектива кафедры. Особую ценность мы видим в практических советах начинающим руководителям, которые помогут им избавиться от ошибок во взаимодействии с сотрудниками.

Особое внимание автор уделяет методическим аспектам преподавательской деятельности: генезис инновационности в обучении, искусство преподавания, методам воспитания личности, формированию компетентности, поиску и воспитанию последователей.

Несомненно, оригинальный подход авторской школы «Непрерывное развитие человеческого потенциала» в совершенствовании деятельности кафедры и её руководителя, в различии деятельности зав. кафедрой и руководителя научной школы, в формировании тайм-менеджмента в работе преподавателей, в опыте поиска претендентов на профильную кафедру, в советах начинающим зав. кафедрами.

Представленный в монографии материал будет с интересом воспринят не только преподавателями и начинающими зав. кафедрами, но и опытными руководителями, а также административными работниками вузов.

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

ОСНОВОПОЛОЖНИК ДИНАСТИИ АГРОНОМОВ – ГРИГОРИЙ ИВАНОВИЧ ТАРАНУХО

Г. И. ВИТКО

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и
Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407*

(Поступила в редакцию 26.10.2023)



Об учёном, известном в области селекции, генетики, семеноводства и технологии возделывания сельскохозяйственных культур, заслуженном деятеле науки БССР, члене-корреспонденте НАН Беларуси, докторе сельскохозяйственных наук, профессоре Григории Ивановиче Таранухе в Республике Беларусь и за ее пределами знают многие.

Родился Григорий Иванович 25 сентября 1933 года в п. Вознесенск Климовского района Брянской области в крестьянской семье. О своих родителях, братьях и сестрах всегда вспоминает с теплотой, любовью, нежностью. В семье он получил первые жизненные уроки, с ранних лет был приучен к крестьянскому и домашнему труду. Его отец, Иван Петрович, участник Великой Отечественной войны, погиб в 1943 году, мать, Матрена Афанасьевна, растила четверых оставшихся без отца детей и работала в местном колхозе.

В 1953 г. он с отличием окончил агрономическое отделение Новозыбковского сельскохозяйственного техникума. Затем была служба в рядах Советской Армии, а с 1955 г. началась его профессиональная деятельность в должности главного агронома, заместителя председателя семеноводческого хозяйства «Искра» Климовского района Брянской области. И везде Григорий Тарануха работает ответственно. Но у Григория Ивановича есть жизненный принцип «Учиться, учиться и ещё раз учиться!». Мечта о продолжении учебы не покидает его, и в 1956 году он поступает в Белорусскую сельскохозяйственную академию и без отрыва от производства успешно ее окончил.

Любознательного студента, интересующегося вопросами селекции и семеноводства, заметил и пригласил в аспирантуру заведующий кафедрой селекции и семеноводства В. Н. Ковалев, при кото-

ром была развернута большая работа по селекции люпина, кормовых бобов, гороха, вики яровой и фасоли. Так, с 1963 года вся дальнейшая жизнь Григория Ивановича связана с Горками и академией.

Как только Григория Иванович обустроился в Горках, он забрал жену и двоих сыновей Николая и Владимира к себе. Жили скромно, в маленькой комнатке, но как бы ни было сложно, всегда следовал принципу, что семья должна быть вместе.

Григорий Иванович в 1966 г. успешно защищает кандидатскую диссертацию и остается на кафедре генетики БСХА, где прошел путь от ассистента до доцента. Ученый, который никогда не останавливается на достигнутом, двигается дальше, которого не устраивают поверхностные знания, в 1976 г. Григорий Иванович Таранухо был избран заведующим кафедрой селекции и семеноводства, которую успешно возглавлял 33 года. Под его руководством кафедра стала ведущим центром по подготовке высококвалифицированных агрономов по специальности «Селекция и семеноводство». Г. И. Таранухо за период своей деятельности провел большую работу по созданию селекционного опытного поля, добился получения Государственного акта на право постоянного владения (пользования) землей, провел реконструкцию и строительство зданий селекционно-генетической полевой лаборатории и пункта очистки, сушки и хранения оригинальных семян, разработал проект реконструкции и завершения строительства селекционно-биотехнологического тепличного центра, провел работу по приобретению необходимой селекционной техники, приборов и оборудования, продолжает обширную научную работу.

Многолетний экспериментальный материал, представляющий большой научный интерес и весомую практическую значимость для дальнейшей селекции люпина, повышения его урожайности, увеличения сбора растительного кормового белка и расширения посевных площадей, лег в основу диссертации «Селекция люпина в Белорусской ССР» на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук, которую в 1978 г. Г. И. Таранухо успешно защитил. В 1980 г. ему было присвоено ученое звание профессора.

Григорий Иванович вспоминает, что начало его научной деятельности просматривается еще с детства. Он выкапывал и сажал дома самые красивые травы с интересными необычными цветками. А во время учебы в техникуме появилось пристрастие к селекции. Уже работая в колхозе, на собственной усадьбе занимался созданием скороспелого сорта желтого люпина, отбирая на производственных посевах раннеспелые формы, проверяя их по потомству и используя в скрещиваниях. И действительно, новый сорт желтого люпина Академический 1, автором которого является Г. И. Таранухо, стал мировым стандартом по скороспелости у сортов желтого люпина.

Григорий Иванович внес весомый вклад в пополнение мирового генофонда люпина по таким важнейшим хозяйственно ценным признакам, как скороспелость, устойчивость к наиболее вредоносным болезням, повышенная продуктивность, безалкалоидность, нерастрескиваемость бобов и др.

Создание ценного генофонда на основе внутривидовой и отдаленной гибридизации и целенаправленное использование результатов генетических исследований в селекционных программах дали возможность Г. И. Таранухо после защиты докторской диссертации совместно со своими учениками создать еще 8 ценных сортов желтого и узколистного люпина. За относительно короткий период времени (1988–1997) были созданы сорта БСХА-382, Мотив 369, Сидерат 892, Резерв 884, Пружанский, Бисер 347, Синий 16, чуть позже Росбел, который в настоящее время является контролем по белому люпину в Государственном сортоиспытании. Селекционно-генетические исследования по люпину желтому и узколистному, озимой ржи и пшенице, яровому ячменю и льну долгунцу, клеверу луговому и галеге восточной выполнялись под его руководством более 50 лет в рамках государственных научно-технических программ, Республиканского фонда фундаментальных проектов, ориентированных фундаментальных и отраслевых научных направлений. Ученым получено 12 авторских свидетельств и патентов на сорта и изобретения, в том числе 8 в Республике Беларусь, 5 в России и 2 в Украине. На опытном поле Григория Ивановича можно было увидеть и рано утром, и поздно вечером с блокнотом в руках. Кстати, и сейчас он часто использует дачный участок для научных исследований.

Г. И. Таранухо создана научно-педагогическая школа, основными направлениями которой являются: селекция, генетика, семеноводство и технология возделывания сельскохозяйственных культур, подготовка научно-педагогических кадров – кандидатов и докторов наук.

Григорий Иванович считает, что говорить о многих из своих учеников можно много интересного. Под его руководством защищены 1 докторская и 19 кандидатских диссертаций. У всех удачно сложилась карьера. Они работают в различных научных, учебных, управленческих и производственных

учреждениях и организациях. О. А. Порхунцова и Г. И. Витко возглавляют кафедры в БГСХА, В. И. Бушуева – профессор, Е. В. Равков – заведующий кафедрой, затем доцент кафедры селекции и генетики. Многие выпускники работают доцентами в академии и других вузах. М. И. Лукашевич – заместитель директора по науке филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В. Р. Вильямса» (Брянск). Т. П. Шедко – начальник главного управления экономики Совета Министров Республики Беларусь. Над созданием новых сортов различных сельскохозяйственных культур успешно работают ученики Е. В. Равков, В. И. Бушуева, Г. И. Витко, О. И. Нехай, О. А. Порхунцова, Н. Г. Тарануха, О. А. Цыркунова, В. Г. Тарануха, А. В. Дробыш и другие. Есть и два иностранных гражданина, защитивших кандидатские диссертации под руководством ученого: Адель Хатаб из Египта и Алкали Салех из Чада. И нужно отметить, что школа работает плодотворно!

Г. И. Тарануха имеет значительные достижения в учебно-методической и научно-исследовательской работе. Им опубликовано более 450 трудов, в том числе более 70 учебно-методических пособий. Более 10 крупных научных работ опубликовано в журналах и сборниках в Польше, Венгрии, Германии, России, Украине и других странах. Особой популярностью пользуется учебник «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур» (2009 г.). Сегодня селекционная наука, преподавание на кафедре селекции и семеноводства базируется на трудах ученого.

Признанием значимости трудов Г. И. Тарануха для развития биологической и аграрной науки является избрание его членом-корреспондентом НАН Беларуси и присвоение почетного звания «Заслуженный деятель науки БССР». Решением Международного биографического центра в Кембридже (Великобритания) номинирован на звание «Международный ученый 2003 года». За личный выдающийся вклад в развитие науки и подготовку специалистов высшей квалификации избран академиком Международной академии аграрного образования (МАО).

Все эти успехи и достижения являются результатом не только природной одаренности, но и каждодневного целенаправленного труда, ответственного отношения к порученному делу, которые всегда поощрялись. Поэтому у Г. И. Тарануха имеются поощрения различного ранга: орден Дружбы народов, орден «Знак Почета», медаль «Ветеран труда», Почетная грамота Верховного Совета БССР, знак «Изобретатель СССР», «Отличник образования Республики Беларусь», Почетная грамота НАН Беларуси и Почетная грамота Совета Министров Республики Беларусь, Почетные грамоты Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь и др.

Профессор Г. И. Тарануха активно ведет общественную деятельность. Является членом совета по защите докторских и кандидатских диссертаций, член Общего собрания Национальной академии наук Беларуси, член редколлегии журнала «Вестник БГСХА», член Белорусского общества генетиков и селекционеров.

Сам Григорий Иванович отмечает, что фактор его успеха – семья. «Галина Андреевна – мой надежный тыл. Помощниками в делах семейных и не только являются сыновья Николай и Владимир, их семьи». Отец не диктовал детям, в каком направлении двигаться. Сам посвятивший себя любимому делу, он дал им полную свободу выбора. И сейчас очень рад, что оба сына пошли по его стопам. Целенаправленно поступили на агрономический факультет БГСХА и после его успешного окончания отправились на работу в колхозы, чтобы получить производственный опыт.

Николай Григорьевич семь лет посвятил сельхозпроизводству, затем совмещал обучение в аспирантуре с работой на опытной станции. Это позволило ему после успешной защиты кандидатской диссертации (1992), стать высококвалифицированным доцентом кафедры селекции и генетики БГСХА, где он работает более 30 лет. Сегодня сфера его научных интересов – яровой ячмень и соя, создание генофонда растений в БГСХА.

Владимир Григорьевич с красным дипломом агрономического факультета по специальности «Селекция и семеноводство» отправился работать в колхоз «17-й партсъезд». После окончания аспирантуры и успешной защиты кандидатской диссертации (1990) на протяжении 33 лет занимается педагогической работой, является доцентом, а с 2012 года заведующим кафедрой растениеводства. В центре его внимания – совершенствование технологии возделывания люпина и сои.

Ольга и Александр – внуки Григория Ивановича, также связали свою профессиональную деятельность с сельскохозяйственным производством и преподавательской деятельностью. Ольга окончила магистратуру и аспирантуру по экономической специальности и летом 2022 года защитила кандидатскую диссертацию. Сейчас она работает старшим преподавателем кафедры маркетинга БГСХА. Александр вместе с супругой Анастасией после окончания агрономического факультета по специ-

альности «Селекция и семеноводство» и магистратуры в БГСХА работают в Жодино, в отделе зерновых колосовых культур РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Александр поступил в аспирантуру без отрыва от производства и проводит научные исследования по селекции озимой ржи.

В династии Таранухо – четверо агрономов, а в общей сложности – более 150 лет работы в сельском хозяйстве, науке и образовании Республики Беларусь. 25 сентября 2023 года основатель этой династии Григорий Иванович – выдающийся селекционер и семеновод Беларуси, пример для подражания, ориентир для последующих поколений – отметил 90-летний юбилей!

Дорогой Григорий Иванович! Примите наши самые искренние поздравления с Вашим юбилеем! Крепкого Вам здоровья, творческого долголетия и жизненных сил!

ЛИТЕРАТУРА

1. Саскевич, П. А. Григорий Иванович Таранухо (к 85-летию со дня рождения) / П. А. Саскевич, С. И. Трапков, Е. В. Равков // Вестник Белорус. с.-х. акад., 2018. – № 3. – С. 196–198.

2. Целенаправленный труд – основа успехов / А. М. Пугач // Зямля і людзі (от 26 сент. 2018 г.) [Электронный ресурс]. – Адрес доступа: <https://zilmogilev.by/2018/09/26/celenapravlennyj-trud-osnova-uspehov/>. – Дата доступа: 09.09.2023.

3. Профессора и доктора наук академии (к 180-летию академии) / сост.: А. Н. Карташевич, С. В. Рудашко. – Горки: БГСХА, 2020. – 219 с.

4. Три поколения в науке. Рассказываем о династии ученых Таранухо / Е. Агейчик // Горецкий вестник (от 30 янв. 2023 г.) [Электронный ресурс]. – Адрес доступа: <https://www.gorkiv.by/tri-pokoleniya-v-nauke-rasskazyvaem-o-dinastii-uchenyh-taranuho/>. – Дата доступа: 10.09.2023.

ТВОРЧЕСКОЕ НАСЛЕДИЕ ПРОФЕССОРА А.И. ГОРБЫЛЕВОЙ
(к 95-летию со дня рождения)

**Т. Ф. ПЕРСИКОВА, С. Д. КУРГАНСКАЯ, О. В. МУРЗОВА,
Е. Ф. ВАЛЕЙША, М. В. ЦАРЕВА, О. А. ПОДДУБНЫЙ**

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: pochva_bgsha@mail.ru*

(Поступила в редакцию 10.11.2023)

18 декабря 2023 года исполнилось 95 лет со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, академика Международной академии аграрного образования, лауреата премии имени академика Д. Н. Прянишникова, заслуженного работника высшей школы БССР, известного ученого в области почвоведения и агрохимии Анны Ивановны Горбылевой.



Вспоминая в юбилейные дни имя Анны Ивановны Горбылевой, хотелось бы напомнить, что лучшим памятником для ученого является почитание и развитие его учения, призывающего беречь и умножать плодородие родной земли.

А. И. Горбылева родилась в мордовском селе Старая Горяша Краснослободского района в семье русских крестьян. Рано познав нелегкий крестьянский труд, в ее душу проникла любовь к земле, желание сделать ее более красивой и плодородной. И ей это удалось!

Вся ее долгая жизнь – беззаветное служение любимому делу.

Осенью 1946 года, после успешной сдачи экзаменов, сбывается мечта Анны Ивановны Горбылевой: она становится студенткой Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева. И уже тогда она проявила себя с лучшей стороны, получая за отличную учебу и активную общественную работу именную стипендию им. М. И. Калинина. Закончив с отличием академию, а затем аспирантуру, в 1955 году она с блеском защищает кандидатскую диссертацию на тему: «Динамика некоторых свойств почвы и урожай

растений при трех вариантах системы удобрений в девятипольном севообороте».

По распределению и совету известного ученого О. Кедрова-Зихмана, Анна Ивановна приехала в маленький белорусский городок Горки. Да так и осталась здесь на всю жизнь. Тогда молоденькая Анна и не задумывалась о том, что Горецкая земля станет для нее второй родиной. Здесь, в Белорусской сельскохозяйственной академии, она пройдет путь от ассистента до доктора сельскохозяйственных наук, профессора, академика Международной академии аграрного образования, заведующей кафедрой почвоведения, здесь вырастут ее дети, здесь она обретет настоящих друзей и станет Почетным гражданином г. Горки. Но это будет потом, а впереди дорога, длиною в жизнь.

В 1958 году молодой ученый организовала и до 1964 года заведовала, на общественных началах, радиоизотопной лабораторией, которая позднее была преобразована в кафедру сельскохозяйственной радиологии. С мая 1981 по август 1998 года заведовала кафедрой почвоведения БСХА, где ярко проявились ее руководящие и организаторские качества.

Одновременно с основной деятельностью, в 1972–1990 гг. А. И. Горбылева руководила отделами опытов и проблемной лабораторией питания растений и гумуса БСХА, а с 1990 г. руководила исследованиями по одному из разделов республиканских программ «Плодородие» и «Агрокомплекс».

Докторскую диссертацию на тему «Совершенствование системы и технологии внесения удобрений на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах» защитила в 1979 году. Причем, среди академических ученых-агрономов она была первой женщиной – доктором наук. Звание профессора ей было присвоено в 1981 году, а в 1997 году А. И. Горбылева избрана членом-корреспондентом Международной академии аграрного образования, а в 2008 году становится действительным членом (академиком) этой академии.

Основные научные исследования А. И. Горбылевой посвящены установлению закономерностей в системе «почва – растения – удобрения» в условиях интенсивной химизации почв. На их основе разрабатываются принципы планирования системы удобрения в севообороте с включением различных технологий внесения удобрений и в зависимости от способов обработки почвы, обеспечивающей целенаправленное регулирование плодородия почвы и охрану окружающей среды.

Анна Ивановна Горбылева имела особое чутье на способных к научно-исследовательской работе учеников, всегда их поддерживала и приглашала в аспирантуру. Она создала научную школу. Благодаря ее педагогическому таланту, высокой профессиональной эрудиции и трудолюбию, подготовлено 17 кандидатов наук, в том числе 3 гражданина России, 1 – Египта, 1 – Вьетнама. Она являлась автором более 260 научных, учебных и методических разработок и рекомендаций, в том числе 2 справочников по минеральным удобрениям, 2 – по известкованию и 5 учебных пособий, в том числе 3 – с грифом Министерства образования Республики Беларусь.

Результаты ее исследований нашли отражение при разработке научных основ применения удобрений как у нас в стране, так и за рубежом, многие из них вошли в качестве нормативов в модели почвенного плодородия и использованы при подготовке рекомендаций для сельскохозяйственного производства.

А. И. Горбылева всегда поддерживала тесные связи со многими ведущими отечественными и зарубежными учеными (России, Украины, Молдовы, Литвы, Латвии, Польши и др. стран). Творческие контакты, встречи на конгрессах, съездах, конференциях, обмен корреспонденцией позволяли ей и ее сотрудникам быть всегда информированными о проводимых в мире исследованиях и способствовали признанию школы белорусских агрохимиков-почвоведов.

В 2002 году за выдающийся вклад в развитие высшего образования Анна Ивановна являлась стипендиатом Президента Республики Беларусь.

Научно-исследовательскую и руководящую работу Анна Ивановна успешно сочетала с общественной научной деятельностью, являясь членом редколлегии журнала «Почвоведение и агрохимия», специализированного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций, научно-технического экспертного совета по агрономии и экологии БГСХА, Белорусского общества почвоведов и Международной ассоциации агроэкологов «Агроэкологос», участником международных, республиканских съездов, конференций, научно-производственных семинаров.

За цикл исследований, посвященных вопросам эволюции почвенного плодородия и комплексным проблемам охраны почв, оптимизации минерального питания растений и почвенных процессов с целью создания высокопродуктивных и чистых агроценозов на дерново-подзолистых почвах, в 2004 году, на конкурсной основе, А. И. Горбылевой была присуждена престижная премия имени академика Д. Н. Прянишникова, учрежденная Правительством России для ученых в области агрохимии. Не это ли высокий уровень международного признания научной работы профессора А. И. Горбылевой!

Анна Ивановна награждена знаками «Отличник сельского хозяйства СССР», «За отличные успехи в высшей школе», медалями «За доблестный труд», «За трудовую доблесть», Почетной Грамотой Верховного совета БССР, Почетными грамотами Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь, Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Президиума Академии аграрных наук, Могилевского и Брестского облисполкомов, Горецкого райисполкома и ректората УО БГСХА, а также многочисленными благодарностями.

Глубокие знания, порядочность, принципиальность и требовательность, сочетающаяся с отзывчивостью, добротой и скромностью, позволили Анне Ивановне заслужить огромный авторитет и признание среди ученых аграрной науки, а также специалистов и руководителей сельскохозяйственных предприятий [1, 2]. 60 лет Анна Ивановна Горбылева отдала любимой профессии.

Оглядываясь назад и оценивая свой жизненный путь, Анна Ивановна не раз восклицала:

Судьбу мне нечего корить,

Она мне отвела немало!

И если бы пришлось жизнь повторить,
Я повторила б все сначала...

Жизненный путь Анны Ивановны завершился 16 июня 2015 года на 87-м году жизни. Но школа А. И. Горбылевой, тот научный задел, созданный под ее руководством и при ее непосредственном участии, явились прочным фундаментом для последующих исследований в области агрохимии и почвоведения. Развитие ее идей и принципов продолжается и поныне и будут еще долго служить не одному поколению ученых и специалистов, а образ ученого, преданного своему делу, навсегда сохранится в наших сердцах!

ЛИТЕРАТУРА

1. Персикова Т. Ф., Курганская С. Д., Валейша Е. Ф., Поддубный О. А. Жизненный путь, достойный уважения (к 90-летию со дня рождения А. И. Горбылевой) // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – №4 – С. 169–171.
2. Персикова Т. Ф., Курганская С. Д., Мурзова О. В., Валейша Е. Ф., О. А. Поддубный, М. В. Царева. Настоящее – есть ключ к пониманию прошлого (к 100-летию кафедры почвоведения БГСХА) // Земледелие и растениеводство – 2021. – № 6 (139). – С. 58–60.

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 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). Если статья написана коллективом авторов, сведения должны подаваться по каждому из них отдельно.

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, абзацный 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** 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** 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);

название должно отражать основную идею выполненных исследований, быть по возможности кратким;

инициалы и фамилия автора (авторов);

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 ссылаться на оригинальные публикации последних лет, включая и зарубежные; **а также учитывать опыт ученых БГСХА, что должно быть отражено при оформлении пристатейного списка литературы;** 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 редколлгией.

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.

Подавая статью в редакцию журнала, автор подтверждает, что редакции передается бессрочное 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» (Беларусь).

Папаскири Т. В., доктор экономических наук, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, врио ректора Государственного университета по землеустройству (Россия).

Казарян Э. С., доктор экономических наук, профессор, президент Центра аграрной науки, образования и инноваций (Армения).

Титова В. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой агрохимии и агроэкологии биоэкологического факультета Нижегородского государственного агротехнологического университета (Россия).

Адилов М. М., доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры плодоовощеводства и виноградарства Ташкентского государственного аграрного университета (Узбекистан).

Завалин А. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Российской академии наук, академик-секретарь отделения сельскохозяйственных наук РАН (Россия).

Джафаров И. Г., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ректор Азербайджанского государственного аграрного университета, член-корреспондент НАН Азербайджана (Азербайджан).

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, профессор кафедры 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, заведующий кафедрой 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.

Лихаевич 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.

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 технический Серакова 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, 2023**

Подписано в печать 08.12.2023 Формат 60/84^{1/8}

Усл. печ. л. 19,53 Уч.-изд. л. 15,74 Заказ Тираж 50 экз.

*Отпечатано с оригинал-макета в отделении ризографии и художественно-оформительских работ
центра научно-методического обеспечения учебного процесса УО БГСА*

213407, Могилевская область, г. Горки, ул. Мичурина, 5