

ВЕСТНИК

БЕЛОРУССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ

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

2025 № 3

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

В. В. Великанов. Мы уверенно смотрим в будущее..... 5

АГРАРНАЯ ЭКОНОМИКА

Е. Л. Путникова, К. Н. Филипчук. Методологические аспекты учетного обеспечения затрат и исчисления себестоимости продукции растениеводства..... 9

Н. В. Киреенко. Эволюция и трансформация категории «агробизнес» в мировой и отечественной науке и практике 14

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

Т. И. Никонович, О. А. Порхунцова. Определение биологической эффективности современных форм удобрений на примере культуры *Rosa L.* 19

Н. В. Улахович, В. Н. Босак, Т. В. Сачивко. Биологическая ценность и аминокислотный состав зернобобовых культур в зависимости от применения минеральных удобрений..... 24

Т. В. Курлович, В. Л. Филипня, С. Г. Азизбекян. Влияние некорневых обработок микроудобрением «Наноплант-S. Сера» на продуктивность голубики (*Vaccinium corymbosum L.*) 29

В. В. Скорина, Дэн Жуцзе. Селекция интродуцированных сортов дайкона на урожайность и экологическую стабильность 34

А. Л. Исакова. Сроки посева нигеллы (*Nigella L.*) в условиях Республики Беларусь..... 39

Ж. А. Рупасова, С. Н. Авраменко, А. В. Ушакова, Е. В. Спиридович, К. С. Шанбанович, И. Г. Бруй, Ю. А. Карапетян. Влияние фунгицидных препаратов на формирование пигментного фонда ассимилирующих органов люпина узколистного в фазы цветения и бобообразования... 44

И. Г. Бруй, Е. И. Лужинская, В. В. Холодинский. Эффективность применения протравителей на ячмене озимом при посеве в ранние и поздние оптимальные сроки сева..... 51

А. Г. Хмарский, М. М. Добродькин, Т. В. Никонович, Н. Ю. Лещина, А. М. Добродькин, А. В. Кильчевский. Экономическая эффективность использования стерильных форм в селекции томата черри и возделывание созданных на их основе районированных гибридов 57

О. В. Новикова, М. М. Добродькин, И. Г. Пугачева, Н. А. Невестенко, А. В. Кильчевский. Селекция перца сладкого (<i>Capsicum annuum</i> L.) на хозяйственную полезность для защищенного грунта.....	61
А. А. Блохин, Т. В. Сачивко. Способы размножения душицы обыкновенной.....	66
Хань Цзяфань, Ван Цзилун, Ли Юйчэнь, Хуан Синтянь, Ду Цзиньюй, Чжао Янь, Лю Ялин. Разработка и универсальный анализ молекулярных маркеров EST-SSR житняка монгольского (<i>Agropyron Mongolicum</i> Keng.) на основе секвенирования транскриптома.....	71

МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

С. В. Курзенков, Цзюньянь Лу. Анализ физико-технических основ микроволновой активации семенного материала сельскохозяйственных культур.....	80
В. Г. Костенич, В. А. Белоусов, А. В. Гордеенко, А. В. Захаров. Определение тонкости отсева тканых фильтровальных материалов из синтетических волокон расчётным методом.....	84
С. В. Курзенков, Чжан Сяньлэй. Методы очистки и селективной сортировки семян, их преимущества и недостатки.....	89
И. И. Бондаренко, В. Г. Костенич, А. Ф. Безручко, В. Н. Еднач, В. А. Белоусов, А. В. Захаров. Определение и контроль расхода топлива транспорта, диагностика режимов работы автотракторной техники с помощью системы GPS мониторинга.....	93
В. А. Шаршунов, М. В. Цайц, В. И. Коцуба, В. А. Левчук, И. А. Савченко. Определение параметра кратности воздействия бичей роторно-бильного аппарата на стебли льна.....	99
З. В. Ловкис, М. А. Кулага. Исследование потерь давления в трубопроводном транспорте ...	105
Мэн Фаньчжао, И. И. Гаврилов, В. И. Клименко. Исследование механизма генерации мелкодисперсных капель тумана на основе газожидкостного двухфазного потока и технологии обнаружения с применением глубокого обучения.....	109

МЕЛИОРАЦИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

Е. С. Курзенков, М. С. Курзенков, В. А. Сипач, О. А. Семёнов, Б. В. Адамович. Автоматизированное выявление и мониторинг «цветения» фитопланктона на водных объектах с применением данных дистанционного зондирования земли и ГИС-технологий.....	114
С. В. Набздорев, В. В. Васильев. Влияние различных факторов на производство сахарной свеклы в Республики Беларусь.....	122
А. С. Коробкин, С. М. Комлева. Анализ сельскохозяйственного землепользования в схеме землеустройства Дзержинского района.....	128
А. А. Константинов, В. М. Лукашевич. Проектный режим орошения овощных культур при капельном поливе.....	135

ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

О. А. Мерзлова. Приоритеты аграрного образования в Республике Беларусь.....	141
А. С. Чечеткин, С. Г. Рубец. Перспективы развития агропромышленного комплекса через непрерывное образование взрослых.....	148

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

Н. Н. Обломуратов, С. И. Дусмуратова, М. М. Адилов, С. А. Юнусов. Ученому овощеводу Владимиру Ильичу Зуеву – 95 лет.....	154
В. В. Великанов, А. В. Колмыков, И. В. Шафранская, С. А. Каган. Оставил добрый след на земле.....	158

BULLETIN

OF THE BELARUSSIAN STATE AGRICULTURAL ACADEMY

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

2025 № 3

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

V. V. Velikanov. We look confidently into the future..... 5

AGRICULTURAL ECONOMICS

E. L. Putnikova, K. N. Pilipchuk. Methodological aspects of costs accounting and plant products cost calculation 9

N. V. Kireenko. Evolution and transformation of category “agribusiness” in world and domestic science and practice..... 14

FARMING AND PLANT-GROWING

T. I. Nikonovich, O. A. Porkhuntsova. Determination of biological efficiency of modern forms of fertilizers on the example of Rosa L. crop..... 19

N. V. Ulakhovich, V. N. Bosak, T. V. Sachivko. Biological value and amino acid composition of grain-legume crops depending on mineral fertilizers application 24

T. V. Kurlovich, V. L. Filipenia, S. G. Azibekian. The influence of non-root dressing with micro-fertilizer “Nanoplant-S. Sulphur” on productivity of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.)..... 29

V. V. Skorina, Den Zhutse. Selection of introduced varieties of daikon on productivity and ecological stability 34

A. L. Isakova. Time of sowing of *Nigella* L. in the conditions of the Republic of Belarus..... 39

Zh. A. Rupasova, S. N. Avramenko, A. V. Ushakova, E. V. Spiridovich, K. S. Shanbanovich, I. G. Brui, Iu. A. Karapetian. The influence of fungicide preparations on the formation of pigment fund of assimilating organs of narrow-leaf lupine in the phases of flowering and bean formation 44

I. G. Bruy, E. I. Luzhinskaya, V. V. Kholodinsky. Efficiency of using seed agents on winter barley when sowing in early and late optimal sowing periods 51

A. G. Khmarsky, M. M. Dobrodkin, T. V. Nikonovich, N. Yu. Leshchina, A. M. Dobrodkin, A. V. Kilchevsky. Economic efficiency of using sterile forms in cherry tomato breeding and cultivation of zoned hybrids based on them	57
O. V. Novikova, M. M. Dobrodkin, I. G. Pugacheva, N. A. Nevestenko, A. V. Kilchevsky. Breeding of sweet pepper (<i>Capsicum annuum</i> L.) for economic use in protected ground.....	61
A. A. Blokhin, T. V. Sachivko. Methods of propagation of oregano	66
Han Jiafan, Wang Zilong, Li Yuchen, Huang Xingtian, Du Jinyu, Zhao Yan, Liu Yalin. Development and universal analysis of EST-SSR molecular markers for Mongolian wheatgrass (<i>Agropyron mongolicum</i> Keng) based on transcriptome sequencing.....	71

MECHANIZATION AND POWER ENGINEERING

S. V. Kurzenkov, Lyu Junyan. Analysis of physical-technical foundations of microwave activation of seed material of crops	80
V. G. Kostenich, V. A. Belousov, A. V. Gordeenko, A. V. Zakharov. Determining the fineness of screening of woven filter materials made of synthetic fibers by the calculation method.....	84
S. V. Kurzenkov, Zhang Xianlei. Methods of purification and selective sorting of seeds, their advantages and drawbacks	89
I. I. Bondarenko, V. G. Kostenich, A. F. Bezruchko, V. N. Ednach, V. A. Belousov, A. V. Zakharov. Determination and control of fuel consumption of transport, diagnostics of operating modes of automotive and tractor equipment using GPS monitoring system.....	93
V. A. Sharshunov, M. V. Tsaits, V. I. Kotsuba, V. A. Levchuk, I. A. Savchenko. Determination of the parameter of the impact rate of the beaters of the rotary beating machine on flax stems	99
Z. V. Lovkis, M. A. Kulaga. Study of pressure losses in pipeline transport	105
Meng Fanzhao, I. I. Gavrilov, V. I. Klimenko. Study of fine fog droplets generation mechanism based on gas-liquid two-phase flow and deep learning detection technology.....	109

MELIORATION AND LAND USE PLANNING

E. S. Kurzenkov, M. S. Kurzenkov, V. A. Sipach, O. A. Semenov, B. V. Adamovich. Automated detection and monitoring of phytoplankton "blooming" in water bodies using earth remote sensing data and GIS-technologies	114
S. V. Nabzdorov, V. V. Vasiliev. Influence of various factors on sugar beet production in the Republic of Belarus.....	122
A. S. Korobkin, S. M. Komleva. Analysis of agricultural land use in the land management scheme of Dzerzhinsky district	128
A. A. Konstantinov, V. M. Lukashevich. Design irrigation mode for vegetable crops with drip irrigation.....	135

INNOVATIVE EDUCATIONAL TECHNOLOGIES

O. A. Miarzlova. Priorities of agrarian education in the Republic of Belarus	141
A. S. Chechetkin, S. G. Rubets. Prospects for the development of the agro-industrial complex through continuous education of adults.....	148

JUBILEE DATES

N. N. Oblomuradov, S. I. Dusmuratova, M. M. Adilov, S. A. Yunusov. Vegetable grower scientist Vladimir Ilyich Zuev is 95 years old.....	154
V. V. Velikanov, A. V. Kolmykov, I. V. Shafranskaya, S. A. Kagan. Left a good mark on the earth.....	158

УДК 316.334.3

МЫ УВЕРЕННО СМОТРИМ В БУДУЩЕЕ

В. В. ВЕЛИКАНОВ

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



В основе каждого великого дела лежит прочный фундамент, и Белорусская государственная сельскохозяйственная академия яркое тому подтверждение. Здесь в течение почти двух столетий формировались не только профессиональные знания, но и фундаментальные ценности, духовные ориентиры, вдохновлявшие многие поколения на научные открытия, трудовые и ратные подвиги. В 2025 г. наш коллектив отмечает 185-летие со дня основания Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. Эту юбилейную дату мы встречаем в прекрасной творческой форме, посвящая родной alma mater яркие успехи и достижения.

В настоящее время в академии трудятся более 1418 человек, в их числе 371 преподаватель, среди которых 21 доктор наук и профессор, 209 доцентов и кандидатов наук. Они готовят специалистов, отвечающих вызовам XXI в. и обладающих широким спектром знаний и навыков. Профессорско-преподавательский состав активно занимается научно-методической и исследовательской деятельностью. Только за 2024 г. издано 13 учебников и учебных пособий с грифом Министерства образования Республики Беларусь, 75 учебно-методических пособий с грифом учебно-методического объединения, 36 курсов лекций, 375 электронных учебно-методических комплексов, 97 методических указаний и рекомендаций, 319 учебных программ.

Являясь крупнейшим в стране сельскохозяйственным высшим учебным заведением, академия объединяет свыше 7 тыс. обучающихся на 9 факультетах. По числу студентов-заочников она считается лидером среди аграрных вузов страны. Студенты, которые имеют высокие показатели в учебе, после окончания второго курса могут параллельно обучаться заочно по второй специальности.

Углубить и расширить свои профессиональные знания специалисты могут в магистратуре, аспирантуре и докторантуре. В настоящее время над докторскими диссертациями работают 9 кандидатов наук, доцентов. Обучаются в аспирантуре и работают над кандидатскими диссертациями 95 аспирантов и соискателей.

Вуз не только укрепляет свои позиции как центр сельскохозяйственного образования, но и активно расширяет горизонты международного сотрудничества, способствуя развитию профессионального потенциала студентов из разных уголков мира. В настоящее время в стенах академии совершенствуют свои знания по экономике, землеустройству, технологиям производства продукции растительного и животного происхождения 315 представителей зарубежных стран. Еще 109 будущих иностранных студентов проходят различные формы обучения на факультете международных связей и довузовской подготовки в рамках подготовки к поступлению и дальнейшему обучению.

На академию возлагается большая ответственность в сфере повышения квалификации руководящих кадров и специалистов сельскохозяйственных организаций, крестьянских (фермерских) хозяйств, других предприятий и организаций агропромышленного комплекса (АПК). Ежегодно в Институте повышения квалификации и переподготовки кадров повышают свой профессиональный уровень и приобретают новые знания до 2 тыс. руководителей и специалистов организаций АПК.

Академия сегодня – крупнейшее среди стран Содружества Независимых Государств (СНГ) и Европы многопрофильное учреждение высшего образования агропромышленного направления, центр образования, науки и культуры. На территории академического городка общей площадью 64 га расположены 16 учебных корпусов, в которых размещены и функционируют: 41 кафедра, 58 учебных подразделений и научных лабораторий, центр информатизации, 14 студенческих общежитий, библиотека с книжным фондом более 1 млн. томов.

На территории академии расположены: Дворец культуры, столовая, детский сад, ботанический сад, дендрологический парк, учебный полигон, спортивный комплекс, каскад прудов, биотехнологический центр, учебно-научный центр «Опытные поля Белорусской государственной сельскохозяйственной академии», поликлиника, рыбоводный индустриальный комплекс, ООО «Технопарк «Горки» и ряд других объектов.

Только за последние 5 лет в академии созданы и оборудованы уникальные инновационные объекты: тренажеры по аквакультуре, которые используются при подготовке специалистов высшего образования для рыбохозяйственной отрасли (2020); филиал Национального банка генетических ресурсов растений Республики Беларусь (2020); первый в республике учебно-выставочный центр с лабораторией инновационной сельскохозяйственной техники (2021); лаборатория точного земледелия (2021); лаборатория воспроизводства сельскохозяйственных животных (2021); специализированная учебная аудитория «Международный центр переговоров» (2021); учебный зал судебных заседаний (2021); учебный класс правовой информации и коммуникаций (2021); центр инновационных образовательных технологий (2021); центр академического развития (2021); центр офисного административного обслуживания по подготовке секретарей-референтов (2022); лаборатория технического сервиса (2023); лаборатория товароведения и организации коммерческой деятельности (2023); ресурсный центр духовно-нравственного развития «Восхождение» (2023); многофункциональная спортивная площадка (2023); научно-образовательный центр «Цифровое животноводство» (2024); учебно-практический центр природообустройства и строительства (2024); Китайско-Белорусский центр сельскохозяйственной биотехнологии и искусственного интеллекта (2024). И эта работа продолжается.

В академии разработана и успешно реализуется программа компьютеризации образовательного процесса, которая обеспечивает подготовку квалифицированных пользователей информационными технологиями, совершенствование обучения с применением автоматизированных обучающих систем и оптимизацию планирования на основе внедрения автоматизированных систем управления.

Ректорат и Совет академии ведут большую работу по повышению научно-методического уровня преподавателей. Все новое, прогрессивное непременно находит отражение в образовательном процессе, а передовой опыт производства – в практическом обучении, в лабораториях, на опытных полях сельскохозяйственных предприятий республики. Непременным условием для профессорско-преподавательского корпуса является систематическая работа над повышением профессионального

уровня, непосредственное участие в научно-исследовательской работе.

Ученые академии регулярно привлекаются Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, облсельхозпродами для работы в комплексных научных программах. В 2024 г. ученые академии участвовали в разработке 57 научно-исследовательских тем на сумму более 1772,5 тыс. рублей.

Кроме того, за последние пять лет ученые академии осуществляли исследовательскую деятельность в рамках пяти Государственных программ фундаментальных и прикладных научных исследований: Государственной программы «Научно-инновационная деятельность Национальной академии наук Беларуси» на 2021–2025 годы; Государственной научно-технической программы «Инновационные агропромышленные и продовольственные технологии» на 2021–2025 годы; Государственной программы научных исследований «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность» на 2021–2025 годы, Государственной программы «Наукоемкие технологии и техника» на 2021–2025 годы; Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2021–2025 годы.

За этот же период было издано 78 монографий, 159 сборников научных трудов и материалов конференций, 71 рекомендация производству, создан 171 вид научно-технической продукции (в том числе 50 сортов и гибридов сельскохозяйственных культур). Результаты исследований имеют высокую актуальность и находят широкое применение в производстве.

За последние пять лет 10 талантливым молодым ученым и 5 аспирантам была назначена стипендия Президента Республики Беларусь; 1 ученый получал грант Президента Республики Беларусь в области науки.

Только в 2024 г. в Государственный реестр районированных сортов и гибридов в 2024 г. включено 14 сортов: перец сладкий «Руна», «Красновал», томат черри для защищенного грунта «Бася F1», «Сорс F1», «Редлорд F1», «Оранжевый топаз», гибрид F1 томата для защищенного грунта «Карагод», «Спатканне», сорт томата для защищенного грунта «Гелиодар», гибриды томата для открытого грунта «Рада F1», «Мансиата F1», «Брусничный F1», нигелла дамасская «Пяшчота», люпин желтый «Соперник».

Переданы в Государственную инспекцию по сортоиспытанию 5 сортов и гибридов: клевер луговой «Фортуна», редька масличная «Крекер», пшеница мягкая «ХН-198», овес посевной «Яўген», озимая мягкая пшеница «Пелагея».

Также находятся в Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений пшеница твердая «Михета», люпин белый «Лунтик».

Наши ученые принимали активное участие в работе 29 выставок: из них в 4 международных представлялось 45 экспонатов, 4 республиканских – 73 экспоната, 8 районных – 142 экспоната, 13 внутривузовских – 270 экспонатов.

Совершенствование учебного процесса невозможно без надлежащего материально-технического обеспечения. В соответствии с профилем подготовки специалистов осуществляется переход к новым перспективным направлениям в формировании лабораторно-научной базы и учебно-опытном хозяйстве.

За свою историю академия подготовила для сельского хозяйства и других отраслей народного хозяйства более 110 тыс. высококвалифицированных специалистов. наших выпускников можно встретить не только в Беларуси, но и далеко за ее пределами.

Деятельность многих выпускников академии обеспечила развитие сельскохозяйственной науки (П. И. Альсмик, А. М. Бажанов, Ю. Ю. Жебенко, А. Н. Козловский, С. С. Коссович, А. П. Людоговский, И. С. Мицуль, И. У. Палимпсестов, С. Г. Скоропанов, А. В. Советов, И. А. Стебут, Е. С. Фальков, И. Н. Чернопятюв, И. Д. Юркевич, М. Ф. Иванов, И. С. Лупинович и др.).

Широта мировоззрения, сформированного за годы обучения, и умение реализовывать полученные знания на практике, даже не всегда в благоприятной обстановке, позволяли многим выпускникам быстро проявить себя и стать хорошими руководителями сельскохозяйственных предприятий и организаций.

За героизм и мужество 2 выпускникам академии присвоено звание Героя Советского Союза, за выдающиеся достижения, организаторские способности и профессионализм 24 выпускникам академии – звание Героя Социалистического Труда, 16 – Заслуженного деятеля науки и техники, 60 – Заслуженного работника сельского хозяйства.

Неразрывно связана с участием специалистов, получивших профессиональные знания и навыки в стенах академии, деятельность республиканских и местных органов власти – среди них В. Е. Лобанок, Ф. А. Сурганов, Е. Е. Соколов и многие другие.

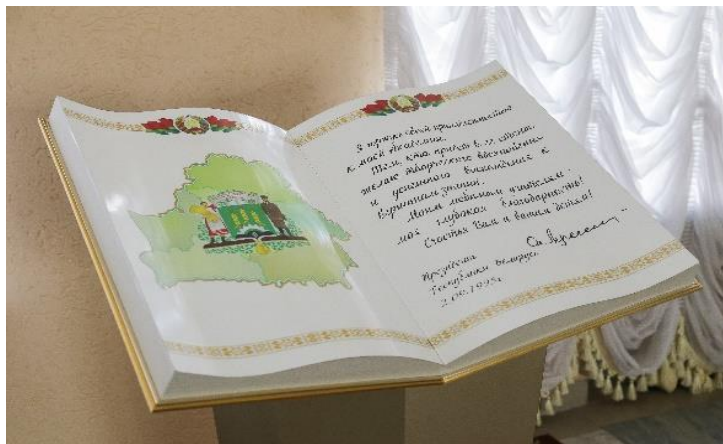
В 1985 г. академию окончил Президент Республики Беларусь Александр Григорьевич Лукашенко. Коллектив академии по праву этим гордится. Посещая академию, Александр Григорьевич оставил в Книге знаний теплые трогательные слова.

«Я горжусь своей принадлежностью к моей Академии.

Тем, кто придет в ее стены, желаю творческого вдохновения и успешного восхождения к вершинам знаний.

Моим любимым учителям – моя глубокая благодарность!

Счастья Вам и вашим детям!».



В ноябре 2024 г. Белорусская государственная сельскохозяйственная академия успешно прошла государственную аккредитацию на соответствие образовательной деятельности вуза требованиям государственных образовательных стандартов и качество подготовки выпускников по аккредитованным образовательным программам. Дважды, в 2021 и 2024 гг., наш вуз был удостоен Диплома лауреата Премии Правительства за достижения в области качества. Это высокая оценка получена в результате многолетнего труда всего коллектива академии, студентов и наших партнеров, заказчиков кадров.

Академия предоставляет возможность получить высшее образование без отрыва от производства на заочной форме обучения по 14 специальностям. Студенты, которые имеют высокие показатели в учебе, после окончания второго курса могут параллельно обучаться по второй специальности на факультетах заочного отделения или в Высшей школе агробизнеса и получить за время обучения в академии два диплома.

С 2004 г. в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии открыта подготовка магистрантов. После получения квалификации специалисты могут углубить свои профессиональные знания в магистратуре.

Академия занимает почетное место в числе ведущих учебных заведений страны и с каждым годом расширяет свои международные горизонты. Активное сотрудничество с престижными университетами России, Китая, Казахстана, Узбекистана, Таджикистана и других государств открывает уникальные возможности для повышения квалификации преподавателей через стажировки, а также для приобретения студентами ценного практического опыта в ходе производственных практик.

В настоящее время Белорусская государственная сельскохозяйственная академия – это та высшая школа, где опыт и мудрость ведут за руку молодость и амбиции – к будущему. Мы уверенно смотрим вперед, сохраняя традиции и открывая новые горизонты аграрной науки и образования. Уверен, что следующие годы принесут еще больше успехов и значимых свершений!

АГРАРНАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 338.5:633\635.002.6

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УЧЕТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАТРАТ И ИСЧИСЛЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Е. Л. ПУТНИКОВА, К. Н. ПИЛИПЧУК

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: putnikova705@mail.ru

(Поступила в редакцию 21.05.2025)

В статье рассматриваются проблемные вопросы учетного обеспечения производственных затрат и исчисления себестоимости продукции растениеводства с целью совершенствования методологии учета. Исходя из мнений авторов, проведена сравнительная характеристика основных способов отражения затрат по объектам учета. Акцентировано внимание на выборе способов учета производственных затрат и методов калькулирования себестоимости продукции. При определении места себестоимости в системе учетно-аналитического обеспечения работы сельскохозяйственной организации рассмотрены организационно-методические основы формирования системы учета затрат и калькулирования себестоимости продукции. В целях анализа эффективности производства продукции растениеводства с учетом требований МСФО предложено использование справедливой стоимости для оценки сельскохозяйственной продукции, что позволит оценивать реальную результативность производства и эффективность совершенных сделок. Для формирования планового уровня себестоимости продукции на следующий отчетный год сделан расчет фактической себестоимости единицы продукции зерновых культур в анализируемой организации путем распределения затрат пропорционально стоимости продукции по ценам реализации. Намечены конкретные практические рекомендации по исчислению себестоимости продукции растениеводства путем распределения затрат пропорционально стоимости продукции по ценам реализации и с использованием попроцессного способа учета затрат, который позволяет формировать затраты в разрезе отдельных процессов производства определенных видов продукции.

Ключевые слова: затраты, себестоимость, калькулирование, оценка, учет.

The article considers the problematic issues of accounting for production costs and calculating the cost of plant products in order to improve the accounting methodology. Based on the opinions of the authors, a comparative characteristic of the main methods of reflecting costs by accounting objects is carried out. Attention is focused on the choice of methods for accounting for production costs and methods for calculating the cost of production. When determining the place of cost in the system of accounting and analytical support for the work of an agricultural organization, the organizational and methodological foundations for the formation of a cost accounting system and calculating the cost of production are considered. In order to analyze the efficiency of plant production taking into account the requirements of IFRS, it is proposed to use fair value to assess agricultural products, which will allow assessing the real performance of production and the effectiveness of transactions. To form the planned level of cost of production for the next reporting year, the actual cost of a unit of grain crops in the analyzed organization was calculated by distributing costs proportionally to the cost of products at selling prices. Specific practical recommendations are outlined for calculating the cost of plant products by distributing costs proportionally to the cost of products at selling prices and using the process-based method of cost accounting, which allows for the formation of costs in the context of individual processes of production of certain types of products.

Key words: costs, cost price, calculation, assessment, accounting.

Введение

Эффективное управление организациями АПК в нынешних рыночных условиях в значительной степени зависит от своевременности и качества его информационного обеспечения. При этом первоочередное значение имеет информация о размере произведенных организациями затрат и о величине себестоимости продукции, оказывающих непосредственное влияние на финансовые результаты деятельности организаций, определяя тем самым не только их текущее финансово-экономическое состояние, но также и будущее развитие. Информация о затратах в незавершенном производстве и о величине себестоимости готовой продукции (выполненных работ, оказанных услуг) представляется одной из важнейших в системе учетной информации и позволяет заинтересованным пользователям бухгалтерской отчетности получать достоверные сведения об результативности деятельности организаций.

Построение учета производственных затрат и выбор методов калькулирования себестоимости продукции (работ, услуг) в значительной степени зависят от особенности отрасли, типа и вида производства, характера его организации и технологического процесса, разнообразия вырабатываемой продукции, выполняемых работ и оказываемых услуг, массовости выпуска, объектов калькулирования, структуры организации и других условий.

Цель исследования – рассмотрение и совершенствование методологии учетного обеспечения затрат и исчисления себестоимости продукции растениеводства на основе литературных источников и практических данных организации, для принятия эффективных экономических решений по управлению затратами и себестоимостью продукции растениеводства.

Основная часть

С целью определения места себестоимости в системе учетно-аналитического обеспечения работы сельскохозяйственной организации необходимо рассмотреть организационно-методические основы формирования системы учета затрат и калькулирования себестоимости продукции. Данные основы, представлены на рис. 1.



Рис. 1. Организационно-методические основы формирования системы учета затрат и калькулирования себестоимости продукции в растениеводстве

Они необходимы для формирования такой системы, которая будет отвечать всем особенностям технологического процесса, что позволит получать релевантную информацию о процессе формирования себестоимости продукции растениеводства.

Данная схема показывает, что этапы технологического процесса в растениеводстве определяют выбор объектов калькулирования и порядок расчета себестоимости [6, с. 218].

На практике для учета затрат и калькулирования себестоимости продукции растениеводства сельскохозяйственные организации выбирают, прежде всего, методы учета затрат на производство продукции растениеводства. В настоящее время можно использовать различные методы учета затрат, их выбор обусловлен различающимся объемом производственной деятельности, особенностями производства и технологией возделывания той или иной культуры. Примером применяемых методов в отечественной практике служат следующие:

- нормативный метод;
- позаказный метод;
- попередельный метод;
- «директ-костинг»;
- «таргет-костинг».

Нормативный учет может быть организован двумя вариантами:

- отражением фактических затрат с последующим выявлением отклонений от установленных норм (последующий контроль затрат);
- отражением отклонений от установленных норм в процессе производственного потребления ресурсов (предварительный контроль затрат).

При первом варианте нормативного учета выявление отклонений, анализ их причин и регулирование осуществляется в сопоставлении с нормами и нормативами на последующих этапах учетного обобщения данных. Второй вариант нормативного учета предполагает использование при регистрации хозяйственных операций усовершенствованных форм первичных документов, в которых должны быть предусмотрены отдельные позиции для фиксации отклонений от норм. Аналитический учет затрат в этом случае организуется с обособленным отражением отклонений в разрезе отдельных статей затрат по объектам учета.

Позаказный метод предполагает учет затрат отдельно по каждому заказу, общая себестоимость которого определяется по окончании его выполнения.

Сущность попередельного метода состоит в учете затрат отдельно по каждому переделу, а затем, когда процесс производства завершен, затраты каждого передела суммируют, формируя себестоимость продукции.

Система «директ-костинг» предполагает выявление усеченной себестоимости без постоянных затрат, разделение всех затрат на постоянные и переменные, с отнесением постоянных на реализованную продукцию.

Метод «таргет-костинг» (целевое калькулирование) – концепция превентивного контроля затрат на производство продукции в соответствии с рыночными реалиями [5, с. 1286].

В целях единых подходов в формировании и организации бухгалтерского учета затрат на производство сельскохозяйственной продукции и исчисления себестоимости продукции (работ, услуг) сельскохозяйственными и иными организациями, производящими сельскохозяйственную продукцию, а также при разработке бизнес-планов, инвестиционных проектов и иных планово-экономических расчетов Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь разработаны Методические рекомендации по учету затрат и калькулированию себестоимости сельскохозяйственной продукции (работ, услуг) (далее – Методические рекомендации) [2]. Указанный нормативный документ дает характеристику основным способам отражения затрат по объектам учета, которые могут быть следующими: простой, позаказный, попередельный, попроцессный и обезличенный (котловый). В целях контроля за затратами, их прогнозирования и регулирования могут применяться приемы нормированного и ненормированного учета затрат в разрезе их видов. Оба варианта позволяют формировать затраты по местам их возникновения (структурным подразделениям), объектам учета затрат (носителям затрат) и видам получаемой продукции.

Из этого многообразия методов учета затрат, на наш взгляд, для отрасли растениеводства наиболее оптимальным является попроцессный способ учета затрат, который позволяет формировать затраты в разрезе отдельных процессов производства определенных видов продукции. Он является наиболее распространенным в сельском хозяйстве, так как обеспечивает систематизацию затрат по видам выполненных работ и конкретным культурам (в растениеводстве) в соответствии с применяемой технологией производства. Технологическими процессами (видами работ) в растениеводстве выступают: предпосевная обработка почвы, посев, уход за посевами, уборка, послеуборочная обработка продукции.

Исходя из требований Методических рекомендаций объектами калькулирования в растениеводстве являются отдельные виды основной или сопряженной продукции. Кроме видов получаемой продукции, объектами калькулирования являются сельскохозяйственные работы, выполняемые в отчетном году под урожай будущего года и относящиеся к незавершенному производству. Калькулирование себестоимости продукции растениеводства производится в два этапа. На первом этапе исчисляется себестоимость всего объема отдельных видов продукции (калькуляционного объекта), на втором – себестоимость калькуляционной единицы. В силу биологических особенностей растениеводства, имеющего сезонный характер, себестоимость продукции растениеводства калькулируется по истечении календарного года. Рассмотрим на практическом примере калькулирование себестоимости продукции зерновых культур. В ОАО «Хотимский Технокомплекс» при исчислении себестоимости 1 т зерновых культур общую сумму затрат по его возделыванию и уборке, учтенных по дебету счета 20 «Основное производство» субсчет 1 «Растениеводство» делят на массу полученной продукции зерно-

вых культур, получая его фактическую себестоимость. Расчет себестоимости продукции зерновых культур в ОАО «Хотимский Технокомплекс» за 2023 год приведен в табл. .1.

Таблица 1. Расчет себестоимости продукции зерновых и зернобобовых культур в ОАО «Хотимский Технокомплекс» за 2023 год

Вид продукции	Количество, т	Затраты, тыс. руб.	Стоимость соломы, тыс. руб.	Затраты без стоимости соломы, тыс. руб.	Себестоимость 1 т продукции, руб.
Зерновые и бобовые	3616	1237	81	1156	320
в том числе:					
озимые зерновые	2463	810	22	788	320
яровые зерновые	776	305	57	248	320
зернобобовые	377	122	2	120	318

Примечание. Составлена авторами по данным годовой бухгалтерской отчетности формы № 9-АПК.

В целях совершенствования оценки сельскохозяйственной продукции, считаем целесообразным обратиться к международному опыту и использовать справедливую стоимость. При этом возникает объективная необходимость разработки методики определения справедливой стоимости нетоварных видов сельскохозяйственной продукции.

Справедливая стоимость – цена, которая была бы получена при продаже актива или уплачена при передаче обязательства в ходе обычной сделки на основном (или наиболее выгодном) рынке на дату оценки в текущих рыночных условиях (то есть цена выхода), независимо от того, является ли такая цена непосредственно наблюдаемой или рассчитывается с использованием другого метода оценки. Оценка справедливой стоимости осуществляется в отношении какого-либо конкретного актива или обязательства. Поэтому при оценке справедливой стоимости организация должна учитывать характеристики такого актива или обязательства, если участники рынка учитывали бы данные характеристики при определении цены этого актива или обязательства на дату оценки [1].

Справедливую стоимость 1 ц сельскохозяйственной товарной продукции (готовая продукция для продажи), с точки зрения авторов [3, с. 219], можно определить по следующей формуле:

$$P_f = (\sum pq : Q) - C_s,$$

где, P_f – справедливая стоимость 1 ц данного вида готовой продукции, руб.; p – рыночная цена 1 ц данного вида готовой продукции по всем каналам её продажи, руб.; q – количество данного вида готовой продукции, отгруженной покупателям по всем каналам её продажи, ц; Q – общее количество данного вида готовой продукции, проданной организацией, ц; C_s – затраты, связанные с продажей 1 ц данного вида готовой продукции, руб.

При определении себестоимости продукции зерновых культур возможно использование распределения затрат пропорционально стоимости продукции по ценам реализации. В этом случае сначала определяется стоимость полученной продукции в ценах реализации, удельный вес каждого вида продукции в общей сумме. После этого затраты на производство распределяют пропорционально рассчитанному удельному весу. Фактическая себестоимость продукции зерновых культур определяется путем деления полученных затрат по каждому виду продукции на количество. [4, с. 111] Расчет фактической себестоимости единицы продукции зерновых культур в ОАО «Хотимский Технокомплекс» за 2023 год путем распределения затрат пропорционально стоимости продукции по ценам реализации представлен в табл. 2.

Таблица 2. Расчет фактической себестоимости 1 т продукции зерновых культур путем распределения затрат пропорционально стоимости продукции по ценам реализации в ОАО «Хотимский Технокомплекс» за 2023 год

Наименование продукции	Количество продукции, т	Цена реализации, руб/т	Продукция в ценах реализации, тыс. руб.	Удельный вес, %	Производственные затраты, руб.	Себестоимость единицы продукции, руб.
Пшеница озимая	1441	430,6	620,5	41,3	477,1	331,1
Озимый тритикале	413	373,6	154,3	10,3	118,7	287,3
Озимый ячмень	609	428,6	261,0	17,4	200,7	329,6
Яровая пшеница	273	430,6	117,6	7,8	90,4	331,1
Овес	325	340,3	110,6	7,4	85,0	261,7
Яровой ячмень	111	428,6	47,6	3,2	36,6	329,6
Зернобобовые	377	437,7	165,0	11,0	126,9	336,6
Просо	67	400	26,8	1,8	20,6	307,6
Итого	3616	x	1503,3	100,0	1156	319,7

Примечание. Составлена авторами по данным годовой бухгалтерской отчетности формы № 7-АПК, 9-АПК.

Себестоимость 1 т зерна, рассчитанная на основании распределения затрат пропорционально стоимости в ценах реализации, составила 319,7 руб. Однако по видам культур она имеет существенные

различия. Рассчитанную таким образом себестоимость целесообразно использовать для формирования планового уровня себестоимости продукции на следующий отчетный год.

Таким образом, в целях анализа эффективности производства продукции растениеводства с учетом требований МСФО предложена оценка и учет готовой продукции растениеводства по справедливой стоимости, что позволит оценивать реальную результативность производства и эффективность совершенных сделок. При этом должны оцениваться по справедливой стоимости или чистой стоимости реализации посевов культур по классификации международных стандартов финансовой отчетности, являющиеся биологическими активами, и в частности зерно, как в момент его оприходования, так и после сушки и сортировки.

Расчет справедливой стоимости предполагает обязательное уменьшение рыночной цены на сумму транспортных и прочих расходов, которые необходимо понести для доставки товара (биологического актива или сельхозпродукции) на данный рынок. Таким образом, справедливая стоимость – это рыночная цена за вычетом транспортных и прочих расходов по доставке товара на рынки.

Заключение

Для повышения эффективности методологии учетного обеспечения производственных затрат и исчисления себестоимости продукции растениеводства рекомендуется попроцессный способ учета затрат, который позволяет формировать затраты в разрезе отдельных процессов производства определенных видов продукции. Он является наиболее распространенным в сельском хозяйстве, так как обеспечивает систематизацию затрат по видам выполненных работ и конкретным культурам (в растениеводстве) в соответствии с применяемой технологией производства. При определении себестоимости продукции зерновых культур предлагаем использовать методику распределения затрат пропорционально стоимости продукции по ценам реализации. В целях анализа эффективности производства продукции растениеводства с учетом требований МСФО предлагаем оценивать и учитывать готовую продукцию растениеводства по справедливой стоимости, что позволит определять результативность и эффективность производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Международный стандарт финансовой отчетности (IFRS) 13 «Оценка справедливой стоимости» [Электронный ресурс]. – URL: [www //base.consultant.ru/cons](http://www.base.consultant.ru/cons) (дата обращения 20.05.2025).
2. Методические рекомендации по учету затрат и калькулированию себестоимости сельскохозяйственной продукции (работ, услуг) [Электронный ресурс]: письмо М-ва сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь, 14 янв. 2016 г., № Т04-2-1-32/178 // Бизнес-инфо: аналит. правовая система / ООО «Профессиональные правовые системы». – Минск, 2025.
3. Мосунова, Е. Л. Учет сельскохозяйственной продукции в оценке по справедливой стоимости / Е. Л. Мосунова, И. Е. Тришканова, Е. В. Захарова // Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной году науки и технологии в России, Ижевск, 24–26 февраля 2021 года. Том III. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – С. 217–221.
4. Наседкина, Т. И. Влияние управленческого учета затрат на формирование себестоимости продукции растениеводства / Т. И. Наседкина, А. И. Черных, О. В. Гончаренко // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2023. – № 1(37). – С. 108–115.4. Об утверждении Федерального стандарта бухгалтерского учета ФСБУ 5/2019 «Запасы» [Электронный ресурс]: Приказ Минфина России от 15.11.2019 № 180н. // Доступ из СПС «Консультант Плюс».
5. Цахаева Д. А. Современные методы учета затрат: преимущества и недостатки / Д. А. Цахаева // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 7. – С. 1284–1289.
6. Феськова, М. В. Особенности учетного процесса формирования себестоимости сельскохозяйственной продукции / М. В. Феськова, А. А. Кемпф // Вестник Тверского государственного университета. – 2020. – № 2(50). – С. 216–225.

ЭВОЛЮЦИЯ И ТРАНСФОРМАЦИЯ КАТЕГОРИИ «АГРОБИЗНЕС» В МИРОВОЙ И ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАУКЕ И ПРАКТИКЕ

Н. В. КИРЕЕНКО

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220012

(Поступила в редакцию 07.07.2025)

Эволюция теории агробизнеса представляет научную и практическую значимость для оценки эффективности и определения перспективных направлений функционирования мировых и отечественных субъектов хозяйствования. Агробизнес включает не только отрасли материального производства, но и комплекс основных видов экономической деятельности (промышленность, производящая средства производства; сельское хозяйство; переработка и сбыт сельскохозяйственной продукции и продуктов питания; рыночная инфраструктура), обеспечивающий население стран необходимой сельскохозяйственной продукцией и являющийся экономическим катализатором развития общества. Исходя из этого, в статье проанализированы теоретико-методические подходы, определяющие сущность категории «агробизнес», в рамках которых данная дефиниция рассматривается как самостоятельная область исследования; динамичная и системная деятельность; направление экономической деятельности; экономическая деятельность в системе АПК; сектор рыночной экономики; вид экономической деятельности. Обоснованы научные направления развития исследуемой категории, в том числе экономика агробизнеса – изучение вертикальной и горизонтальной координации между участниками аграрной производственно-сбытовой цепи на микро- и макроуровне; агробизнес-менеджмент – исследование принятия управленческих решений в рамках альтернативных структур управления аграрной сферы. Установлено, что эффективность ведения агробизнеса в странах и регионах определяется уровнем развития производительных сил и производственных отношений, географическим положением, наличием основных факторов аграрного производства. Определено, что цифровая трансформация производственных и экономических процессов вносит существенные изменения в выбор и построение моделей агробизнеса государств и его субъектов, которые базируются на экспортной стратегии, использовании комплексных систем продвижения аграрной продукции на внутренний и внешний рынок, сбытовой интеграции и кооперации, формах межотраслевого взаимодействия и экономических взаимоотношений.

Ключевые слова: агробизнес, эволюция, цифровая трансформация, экономика агробизнеса, агробизнес-менеджмент, эффективность.

The evolution of the theory of agribusiness is of scientific and practical importance for assessing the effectiveness and determining promising areas of operation of global and domestic business entities. Agribusiness includes not only branches of material production, but also a complex of basic types of economic activity (industry producing means of production; agriculture; processing and marketing of agricultural products and food products; market infrastructure) providing the population of countries with the necessary agricultural products and serving as an economic catalyst for the development of society. Based on this, the article analyzes theoretical and methodological approaches that define the essence of the category "agribusiness", within the framework of which this definition is considered as: an independent area of research; dynamic and systemic activity; direction of economic activity; economic activity in the agro-industrial complex; sector of market economy; type of economic activity. The scientific directions of development of the category under study are substantiated, including the economics of agribusiness – the study of vertical and horizontal coordination between participants in the agricultural production and marketing chain at the micro and macro levels; agribusiness management is a study of management decision-making within the framework of alternative management structures in the agricultural sector. It has been established that the efficiency of agribusiness in countries and regions is determined by the level of development of productive forces and production relations, geographical location, and the presence of key factors of agricultural production. It has been determined that the digital transformation of production and economic processes introduces significant changes in the choice and construction of agribusiness models of states and their subjects, which are based on an export strategy, the use of integrated systems for promoting agricultural products to the domestic and foreign markets, sales integration and cooperation, forms of intersectoral interaction and economic relations.

Key words: agribusiness, evolution, digital transformation, agribusiness economics, agribusiness management, efficiency.

Введение

В условиях глобализации и регионализации мировой экономики, усиления конкуренции агробизнес остается стратегически важной отраслью национальной экономики любого государства. Он представляет собой совокупность экономических отношений, затрагивающих производство, переработку, хранение, транспортировку, реализацию сельскохозяйственной продукции; поставку ресурсов, маркетинг, менеджмент, научные исследования, финансово-кредитные отношения.

В то же время следует отметить, что в ходе развития научной мысли произошла эволюция понятия агробизнеса и постепенный переход к более глубокому представлению о нем как о системном понятии, органичной части экономической теории, включающем в себя социально-экономическую и организационно-правовую составляющие. Предпосылкой его возникновения является процесс индустриализации или модернизации сельского хозяйства, который связан в основном с технологической революцией. Широкое внедрение системы машин, высвобождающих большую численность трудовых ресурсов, и распространение научного знания повысили уровень производительности до такой степе-

ни, что незначительное количество аграрного труда стало способным обеспечивать сельскохозяйственным сырьем и продовольствием увеличивающееся население мира.

В условиях цифровой трансформации экономики существенно изменилась и структура агробизнеса, включив в себя новые виды экономической деятельности, направленные на получение прибыли. Огромные изменения в способах производства произошли как в промышленно развитых и развивающихся странах, так и в международном масштабе. За последние 50 лет население мира увеличилось более чем 2 раза (с 4,1 млрд чел. в 1975 г. до 8,2 млрд чел. в 2025 г.), производство зерна на человека увеличилось на 19,0 % (с 336 кг в 1975 г. до 400 кг в 2023 г.) с одновременным сокращением на 50 % посевных площадей. Эти данные свидетельствуют о том, что с ростом производительности труда значительно изменяются сельскохозяйственные методы производства, активно внедряются инновационные технологии переработки, хранения и транспортировки продукции, широко используются цифровые стратегии продвижения продуктов питания на внутренний и внешний рынок.

Учитывая данные аспекты, агробизнес нуждается в четком категориальном определении. Такая необходимость является, во-первых, следствием теоретического, методического и практического значения исследуемой проблемы; во-вторых, наличием различных научных подходов, определяющих сущность и значение этого термина; в-третьих, использованием Республики Беларусь и зарубежными странами различных моделей эффективного ведения агропромышленного производства, предусматривающего обеспечение национальной продовольственной безопасности и повышение экспортного потенциала отрасли.

Цель статьи заключается в обосновании эволюционных и трансформационных этапов развития категории «агробизнес» в мировой и отечественной науке и практике.

Научное исследование базируется на научных трудах отечественных и зарубежных ученых в области аграрного бизнеса, экономики и управления организациями АПК. В ходе исследования применялись методы: монографический, системного и сравнительного анализа, экспертных оценок.

Основная часть

Слово «агробизнес» представляет собой комбинацию слов «сельское хозяйство» и «бизнес». Самое раннее известное его использование было в 155-м томе Канадского альманаха и справочника, опубликованном в 1847 г. В научный оборот концепция и понятие агробизнеса были введены представителями Гарвардской школы бизнеса Дж. Дэвисом и Р. Голдбергом. В 1957 г. ими опубликована фундаментальная работа «Концепция агробизнеса. Разделение исследований», где экономика агробизнеса впервые рассматривается как самостоятельная область исследования [12]. В 2005 г. представители Чикагского университета Лойолы К. Шульц и М. Эдвардс предложили рассматривать агробизнес как динамичную и системную деятельность, которая служит интересам потребителей во всем мире и на местном уровне за счет инноваций и управления несколькими цепочками создания стоимости, которые обеспечивают производство ценных товаров и услуг, получаемых в результате устойчивого использования продуктов питания, волокон и природных ресурсов [13]. В 2012 г. Т. Спорледер и М. Боланд выделили отличительные экономические характеристики цепочек поставок для АПК, а именно: риски, связанные с биологической природой цепочек поставок сельскохозяйственной продукции; роль буферных запасов в цепочке поставок; научная основа инноваций в производственном сельском хозяйстве сместилась с химии на биологию; влияние киберпространства и информационных технологий на цепочки поставок агропродовольственных товаров; преобладающая структура рынка у фермерских ворот остается олигопсонией; относительная рыночная власть в цепочках поставок продуктов питания смещается от производителей продуктов питания к розничным продавцам; глобализация сельского хозяйства и цепочек поставок агропродовольственных товаров [14]. В 2017 г. Р. Голдберг, отметив рост генной инженерии и биотехнологий в сельском хозяйстве, расширил определение агробизнеса и предложил его рассматривать как взаимосвязанные и взаимозависимые отрасли сельского хозяйства. При этом автор включил в него взаимозависимые аспекты продовольственной системы, в том числе медицину, питание и здоровье, а также подчеркнул, что данный вид экономической деятельности должен быть экологически и социально сознательным в отношении устойчивого развития.

В российской и белорусской науке сформировались следующие теоретико-методические подходы, определяющие сущность категории «агробизнес». Так, по мнению С. И. Грядова, данный вид экономической деятельности представляет собой деятельность по производству, переработке и реализации сельскохозяйственной продукции, а также оказанию услуг, связанных с сельскохозяйственным производством [7]. В. Ю. Костин определяет агробизнес как направление экономической деятельности, включающая в себя совокупность факторов, определяющих и координирующих экономику АПК, та-

ких как производство сельскохозяйственной продукции, поставка необходимых ресурсов, переработка, транспортировка, маркетинг, менеджмент, научные исследования, финансово-кредитные отношения [5]. С точки зрения П. В. Лещиловского, агробизнес – это экономическая деятельность в системе АПК, занятие, дело, приносящие прибыль, доход [8]. В свою очередь, В. Г. Гусаков, Е. И. Дереза рассматривают как сектор рыночной экономики, определяющий отрасли, связанные с сельскохозяйственным производством, как единый комплекс. Авторами определено, что ядром комплекса служит сельское хозяйство, которое дополняется сферой снабжения, маркетинговой сферой и агросервисом, конечной продукцией выступает только продовольствие [2]. Коллектив авторов Э. А. Петрович, Л. П. Лазарев, Е. Л. Демитриченко предлагает рассматривать агробизнес как сектор рыночной экономики, ядром которой выступает сельское хозяйство, а конечным продуктом – продовольствие [11]. При этом в соответствии с ОСРБ 9-09-0811-02 и ОСРБ 9-09-0811-03 агробизнес определен как вид экономической деятельности по производству, переработке, продаже сельскохозяйственной продукции и продуктов питания, поставке необходимых ресурсов и (или) оказанию услуг в АПК с целью получения прибыли [9].

В настоящее время теория агробизнеса совершенствуется в рамках двух параллельно развивающихся научных направлений (рисунок).

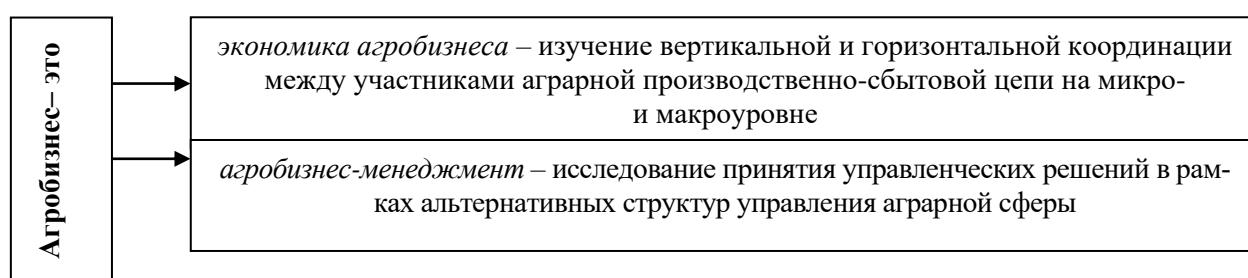


Рис. Научные направления, определяющие сущность агробизнеса

Согласно первому направлению, пионерские исследования агробизнеса Гарвардской школы носили макроэкономический характер и были основаны на леонтьевской межотраслевой модели «затраты – выпуск». Полученные результаты свидетельствовали, что агробизнес является одним из основных компонентов национальной экономики США и составляет пример от 35 % до 50 % валового национального выпуска продукции в зависимости от критериев, используемых при подсчете. Важным результатом стала переоценка существующей политики в терминах новой агропродовольственной структуры, которая заключалась в том, что ответственность за развитие сельского хозяйства должна быть перемещена в максимальной степени от правительства к частному сектору экономики.

В дальнейшем экономика агробизнеса стала рассматриваться на микроэкономическом уровне как: товарная система; организация отраслевых рынков; структура управления транзакциями; система контрактов; агропродовольственные цепи; агропродовольственные сети.

Согласно второму направлению, под агробизнес-менеджментом понимается изучение внутрифирменной координации и мотивации работников, базирующихся на:

- теории базовых ресурсов, которая основана на признании того, что материальные и нематериальные активы, называемые ресурсами организации, за определенный период производят квазиренду;
- новой институциональной экономике, которую разделяют на три области: теория агентства; экономика транзакционных затрат; теория неполных контрактов [3].

В контексте развития теории агробизнеса трансформируется деятельность зарубежных и отечественных субъектов. Как показывает практика, основные ресурсы, необходимые для крупномасштабного производства сельскохозяйственной сырья и продовольствия, – это пахотные земли и вода. В настоящее время по таким критериям выделяется 7 стран, обладающих наибольшим производственно-сбытовым и экспортным потенциалом в данной сфере: Россия, Бразилия, США, Китай, Индия, Индонезия и Канада (страны представлены по степени убывания по показателю – рост экспорта сельскохозяйственной продукции и продуктов питания за 2001–2017 гг. в стоимостном выражении). Также выделяются основные экспортеры сельскохозяйственной продукции (США, Канада, Австралия, Европейский союз, Бразилия, Аргентина, Китай), малые государства-экспортеры (Республика Беларусь, Финляндия, Венгрия, Финляндия), богатые страны, импортирующие продукты питания (Япония, государства ОПЕК), страны с неустойчивой продовольственной обеспеченностью (Индия, южноамериканские государства), дефицитом продовольствия, но с богатыми природными ресурсами для достижения самообеспеченности (Египет, Индонезия, Пакистан, Филиппины), а также растущим дефицитом (Бангладеш, Непал, Гаити, ряд государств Африки).

В мировой аграрной системе на современном этапе сформировались следующие модели агробизнеса, базирующиеся на экспортной стратегии государств [4]:

первая основывается на том, что экспорт продовольствия является ведущей отраслью национальной экономики. В настоящее время такой подход характерен для Бразилии и Индонезии, где удельный вес сельскохозяйственной продукции в общей товарной структуре экспорта стран составляет 40 % и 20 % соответственно, а также отмечается значительный рост экспортных поставок. Такая модель характерна и для Республики Беларусь;

вторая рассматривает сельское хозяйство как объект долгосрочных стратегических инвестиций. Используется в странах с развитой экономикой, таких как США и Канада, доля АПК в экспорте которых составляет 8–12 % и продолжает расти;

третья характерна для стран с высокой численностью населения (Китай, Индия), которые не имеют возможностей для опережающего роста экспорта аграрной продукции. Доля сельского хозяйства в общем объеме странового экспорта снижается;

четвертая используется в государствах для обеспечения значительного роста АПК. К таким странам отнесена Российская Федерация, которая обладает наибольшими возможностями роста экспорта из числа всех крупных сельскохозяйственных государств. К 2030 г. экспорт российской аграрной продукции может достигнуть 55,0 млрд долл. США. Субъекты агробизнеса активно выходят на новые зарубежные рынки, расширяя сотрудничество с Африкой и Латинской Америкой [6].

Цифровая трансформация мировой экономики способствует активному использованию странами комплексных систем продвижения аграрной продукции на внутренний и внешний рынок, которые характеризуются разнообразием организационно-структурных и организационно-технологических подходов к их созданию и функционированию. В данном контексте модели агробизнеса включают маркетинговые и логистические товаропроводящие сети, основанные на различных видах сбытовой интеграции и кооперации [4, 10]:

1) вертикальные каналы сбыта продовольственных товаров включают производителя, одного или нескольких оптовых, а также розничных посредников;

2) участники горизонтальных систем осуществляют совместные закупки товаров, кооперацию по ассортименту (перекрестные поставки), месту нахождения, защите от риска (оплата услуг по охране), рекламе и др.;

3) в многоканальные сети включаются прямые поставки (каналы нулевого уровня), собственные сбытовые сети (региональные, международные), все виды посредников (оптовые, розничные, агенты, дилеры, дистрибьюторы).

Учитывая многообразие форм межотраслевого взаимодействия и экономических взаимоотношений в АПК в зарубежных странах, выделяются следующие группы сбытовой кооперации [1, 4]:

а) система вертикальной интеграции в форме промышленно-торговых корпораций, занимающих доминирующее положение на рынках продовольствия. Получила преимущественное развитие в АПК США и Великобритании;

б) кооперативный подход, являющийся основным в организации агропромышленного производства (Швеция, Дания, Норвегия, Финляндия);

в) кооперативные и корпоративные структуры в сочетании с государственными методами регулирования рынка продовольствия (Франция, Япония и др.).

Национальная экономика Республики Беларусь строится на принципах социально-ориентированной рыночной модели, в рамках которой агробизнес является стратегически значимой отраслью и представлен организациями в сфере сельскохозяйственного производства, переработки продукции, агросервисного обслуживания, обслуживающей инфраструктуры и подготовки кадров. Страна выбрала уникальный путь развития агробизнеса, который основывается на инновационном подходе. Отрасль формирует 6,9 % валового внутреннего продукта (ВВП) страны, создает более 245 тыс. рабочих мест, продукция экспортируется более чем в 100 стран мира на сумму 8,3 млрд долл. США. Созданная национальная система стандартизации и сертификации на основе международных требований гарантирует производство безопасной продукции. Внедряются новые ресурсосберегающие инновационные технологии, обеспечивающие формирование конкурентных преимуществ белорусской продукции. Все в совокупности основывается на мощном кадровом потенциале.

Заключение

На основании проведенных исследований по обоснованию эволюционных и трансформационных этапов развития категории «агробизнес» в мировой и отечественной науке и практике нами получены следующие основные результаты, содержащие научную новизну.

1. Развитие мировой и отечественной науки и практики определяет агробизнес как приоритетную отрасль национальной экономики, особенности которой состоят в следующем:

а) медленная оборачиваемость капитала, сезонность производства растениеводства и большинства видов продукции животноводства, длительность производственного периода, высокий удельный вес незавершенного производства;

б) особое положение сельскохозяйственных организаций, зачастую выступающих в качестве единственного работодателя для жителей села и выполняющих важные социальные функции в отношении сельского населения, включая пенсионеров;

в) сложность создания альтернативных видов деятельности, особенно в отдаленных местностях;

г) недопустимость выведения продуктивных земель из сельскохозяйственного производства в случае банкротства субъекта хозяйствования.

2. Установлено, что в ходе развития научной мысли произошла своеобразная эволюция понятия «агробизнес» и постепенный переход от понимания его как совокупности операций по производству и распределению сельскохозяйственной продукции к более глубокому представлению о нем как о системном понятии, органичной части экономической теории, включающем в себя социально-экономическую и организационно-правовую составляющие. Агробизнес призван обеспечить продовольственную безопасность страны, создать необходимые резервы продуктов питания и сельскохозяйственного сырья для повышения уровня продовольственного обеспечения и покупательского спроса населения, конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции на внутреннем и внешнем рынках.

3. В настоящее время агробизнес рассматривается как совокупность юридически созданных субъектов предпринимательства, которые основываются на интегрированных процессах, связанных с производством сельскохозяйственной продукции и продуктов питания, включающих снабжение, агросервис, хранение, переработку и реализацию товаров, менеджмент, научные исследования, финансово-кредитные отношения с целью получения собственной экономической выгоды ее участниками. Формы его ведения и эффективность в значительной степени определяются климатическими и погодными условиями, системой государственного регулирования и поддержки товаропроизводителей, развитием сельских территорий, стимулированием экспорта продуктов питания, формированием внешней и внутренней инфраструктуры.

Статья подготовлена в рамках гранта Президента Республики Беларусь в сфере образования на 2025 год (распоряжение Президента Республики Беларусь от 27 января 2025 г. № 15рп).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бусел, И. П. Агробизнес: учеб. пособие / И. П. Бусел, П. И. Малихтарович. – Минск: Беларусь, 2009. – 309 с.
2. Гусаков, В. Г. Аграрная экономика: термины и понятия: энцикл. справ. / В. Г. Гусаков, Е. И. Дереза. – Минск: Белорус. наука, 2008. – 576 с.
3. Дешковская, Н. С. Эволюция теории агробизнеса [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsiya-teorii-agrobiznesa> (date of access: 01.07.2025).
4. Киреенко, Н. В. Модели развития аграрного бизнеса в международной практике / Н. В. Киреенко // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2021. – Т. 59, №1. – С. 23–42.
5. Костин, В. Ю. Агробизнес как специфическая форма координации АПК: теоретические основы и практическая реализация: дис. ... канд. экон. наук / В. Ю. Костин; ОГАУ. – Орел, 2005. – 150 с.
6. Минсельхоз РФ ориентируется на рост экспорта продукции АПК к 2030 г. до \$55 млрд [Электронный ресурс]. URL: <https://www.interfax.ru/business/954018> (date of access: 01.07.2025).
7. Организация предпринимательской деятельности: учебник / С. И. Грядов [и др.]; под ред. С. И. Грядова. – М.: КолосС, 2007. – 461 с.
8. Основы агробизнеса: учеб. пособие / П. В. Лещиловский [и др.]; под общ. ред. П. В. Лещиловского. – Минск: БГЭУ, 2005. – 366 с.
9. Об утверждении образовательных стандартов переподготовки руководящих работников и специалистов: постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 15 августа 2023 г. № 101 [Электронный ресурс]. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=W22340596p> (date of access: 01.07.2025).
10. Папцов, А. Контрактация и сбытовая кооперация в системе интеграционных отношений в аграрном секторе стран Европейского союза / А. Папцов // АПК: экономика, управление. – 2008. – №9. – С. 63–67.
11. Петрович, Э. А. Агробизнес: учебно-методическое пособие / Э. А. Петрович, Л. П. Лазарев, Е. Л. Демитриченко. – Горки: БГСХА, 2013 – 234 с.
12. Davis, J. H. A Concept of Agribusiness. Division of Research / J. H. Davis, R. A. Goldberg. – Boston: Harvard Business School, 1957. – PP. 107–115.
13. Shultz, C. Reframing Agribusiness: Moving from Farm to Market Centric / C. Shultz, M. Edwards // Journal of Agribusiness. – 2005. – № 23 (1). – PP. 57–73.
14. Sporleder, T. Exclusivity of Agrifood Supply Chains: Seven Fundamental Economic Characteristics / T. Sporleder, M. Bolland // International Food and Agribusiness Management Review. – 2011. – № 14. – PP. 27–52.

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК635.92:582.639.11:631.89

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ФОРМ УДОБРЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ КУЛЬТУРЫ *ROSA L.*

Т. И. НИКОНОВИЧ

Центральный ботанический сад НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь 220012, rosanika79@mail.ru

О. А. ПОРХУНЦОВА

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

(Поступила в редакцию 25.04.2025)

Научные исследования отражают результаты оценки биологической эффективности применения комплексного удобрения УМКА НРК (20:9:22 + ME) на примере культуры *Rosa L.*, сортов групп плетистые крупноцветковые (*Ramira*) и флорибунда (*Centenaire de Lourdes*). Проведен анализ влияния комплексного удобрения УМКА НРК (20:9:22 + ME) на рост и развитие вегетативной и генеративной растений роз данных сортов. Постановка опыта осуществлялась при двухгодичной ротации. Для проведения исследований по применению данного комплексного удобрения при выращивании роз были разработана схема опыта: способ применения удобрения, дозы, кратность и сроки внесения. У сорта *Ramira* при применении УМКА НРК (20:9:22 + ME) было отмечено существенное увеличение высоты растений относительно контроля, что составило 140 % (первая ротация) и 174 % (вторая ротация). Заметно высоким оказалось побегообразующая способность у растений в варианте с применением данного комплексного удобрения – 132 % и 113 %. Декоративность роз оценивается количеством соцветий и бутонов; значительный рост данного показателя был отмечен при применении УМКА НРК (20:9:22 + ME) у сорта *Ramira* – до 188 % (первая ротация) относительно контроля.

Существенно высокое увеличение морфометрических параметров растений роз при применении УМКА НРК (20:9:22 + ME) в сравнении с контролем было отмечено у сорта *Centenaire de Lourdes* (первая ротация): трехкратный прирост количества вегетативных побегов (391 %); в 4 раза увеличилось количество бутонов (488 %).

Применение комплексного удобрения УМКА НРК (20:9:22 + ME) на культуре *Rosa L.* (современные плетистые крупноцветковые розы сорта *Ramira* и флорибунда сорта *Centenaire de Lourdes*) оказывает стимулирующее положительное влияние на рост и развитие растений, интенсивность окрашивания как листового аппарата, так и соцветий, продолжительность цветения, что в значительной степени повышает их декоративность. На основании полученных экспериментальных данных, считаем возможным рекомендовать комплексное удобрение УМКА НРК (20:9:22 + ME) для применения в промышленном и любительском декоративном садоводстве при выращивании роз в условиях Республики Беларусь.

Ключевые слова: роза, сорт, комплексное удобрение, подкормка, НРК.

The scientific research reflects the results of assessing the biological efficiency of using the complex fertilizer UMKA NPK (20:9:22 + ME) using the example of the *Rosa L.* crop, varieties of the climbing large-flowered (*Ramira*) and floribunda (*Centenaire de Lourdes*) groups. The effect of the complex fertilizer UMKA NPK (20:9:22 + ME) on the growth and development of vegetative and generative plants of these rose varieties was analyzed. The experiment was carried out with a two-year rotation. To conduct research on the use of this complex fertilizer in growing roses, an experimental design was developed: the method of applying the fertilizer, doses, frequency and timing of application. In the *Ramira* variety, when using UMKA NPK (20:9:22 + ME), a significant increase in plant height was noted relative to the control, which amounted to 140 % (first rotation) and 174 % (second rotation). The shoot-forming capacity of plants in the variant with the use of this complex fertilizer turned out to be noticeably high – 132 % and 113 %. The decorativeness of roses is assessed by the number of inflorescences and buds; a significant increase in this indicator was noted when using UMKA NPK (20:9:22 + ME) in the *Ramira* variety – up to 188 % (first rotation) relative to the control.

A significantly high increase in the morphometric parameters of rose plants when using UMKA NPK (20:9:22 + ME) compared to the control was noted in the *Centenaire de Lourdes* variety (first rotation): a threefold increase in the number of vegetative shoots (391 %); a fourfold increase in the number of buds (488 %). The use of the complex fertilizer UMKA NPK (20:9:22 + ME) on the *Rosa L.* crop (modern climbing large-flowered roses of the *Ramira* variety and floribunda of the *Centenaire de Lourdes* variety) has a stimulating positive effect on the growth and development of plants, the intensity of coloring of both the foliage and inflorescences, the duration of flowering, which significantly increases their decorativeness. Based on the obtained experimental data, we consider it

possible to recommend the complex fertilizer UMKA NPK (20:9:22 + ME) for use in industrial and amateur ornamental gardening when growing roses in the conditions of the Republic of Belarus.

Key words: *rose, variety, complex fertilizer, top dressing, NPK.*

Введение

Успех культивирования роз во многом определяется соблюдением технологии выращивания культуры, ежегодным своевременным и правильным уходом. Важной частью технологии выращивания садовых роз является внесение удобрений. Выявлено, что недостаток или избыток одного из элементов минерального питания пагубно сказывается на усвоение других [1]. Применение научно обоснованного комплекса удобрений значительно повышает декоративность, зимостойкость и многолетность растений.

Проведены исследования и разработаны рекомендации по внесению удобрений с целью улучшения устойчивости роз к пониженным температурам, в том числе к отрицательным [2, 3]. Также разработана схема внесения подкормок под розы в течение вегетационного сезона: N; NPK; PK. Однако, при выращивании садовых роз также необходимо применять регуляторы роста растений и использовать микроэлементы.

Научно обоснованное применение комплексных удобрений с макро- и микроэлементами обеспечивает наиболее сбалансированное питание растений, а также оптимизацию материальных и временных затрат [4]. Ассортимент разработанных и рекомендуемых сложных удобрений достаточно разнообразен. Это обусловлено необходимостью применения под различные возделываемые культуры соответствующих соотношений азота, фосфора, а также с учетом почвенно-климатических условий зонах.

Цель научных исследований в работе было определить биологическую эффективность комплексного удобрения «УМКА NPK (20:9:22 + ME)» для применения на культуре роз в открытом грунте.

Основная часть

Научные исследования проводились в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси, используя сортовой потенциал розария. Почвы на территории розария дерново-подзолистые, временно избыточно увлажненные супесчаные, на рыхлых пылевато-песчаных супесях, подстилаемые гравийно-хрящеватыми песками не глубже 1 м [5]. Содержание гумуса – 2,0–2,2 %; кислотность – $\text{pH}_{\text{KCl}}=6,3$; обеспеченность макро- и микроэлементами – средняя (P_2O_5 – 220 мг/кг, K_2O – 550 мг/кг).

Метеорологические условия. Температурный режим в течение лета 2021 года был высоким. Средняя температура воздуха в июне была +20 °С, во второй половине июня она превышала климатическую норму. В июле средняя температура воздуха составила +23 °С и превысила климатическую норму на 4,4 и 6,0 °С соответственно. В первой-второй декадах июля отмечался период с аномально жаркой погодой, на протяжении которого температура воздуха днем находилась преимущественно в пределах +30–34 °С, а в отдельные сутки местами превышала 35-градусную отметку, достигнув критерия опасного явления. В августе в первой половине месяца средняя температура воздуха составила +23 °С.

Средняя по стране температура воздуха за летний сезон 2022 года находилась в пределах +19,4 °С, что на 1,4 °С выше климатической нормы. Температурный режим лета был неоднородным. Очень теплыми были июнь и август, июль был немного холоднее обычного. Средняя по Беларуси температура воздуха за июнь была отмечена в +19,0 °С, что выше климатической нормы на 2,0 °С. В июле средняя температура составила +18,4 °С, что ниже климатической нормы на 0,5 °С. Август 2022 года соответствовал температурным показателям в +20,8 °С, что выше климатической нормы на 2,8 °С. За летний сезон 2022 года в среднем по Беларуси выпало 193 мм осадков, что составляет 86 % от климатической нормы.

Для проведения опыта были определены сорта из групп роз, наиболее актуальных в современном декоративном садоводстве: Ramiga (группа плетистые крупноцветковые) и Centenaire de Lourdes (группа флорибунда). Эти сорта входят в состав коллекции роз ЦБС НАН Беларуси.

Для проведения испытания были соблюдены следующие агротехнические условия: предшественник – поле находилось под паром; обработка почвы – весенняя вспашка; без внесения удобрений; срок посадки – 20.05.2021 г.; норма высадки растений – 3 растения/ м²; способ посадки – в условиях открытого грунта.

Вид испытания – мелкоделяночный опыт в полевых условиях. Размер делянок 6 м², размещение делянок – линейно. За опытными посадками роз осуществлялся уход по общепринятой технологии (полив, обработки пестицидами, рыхление почвы в течение вегетационного периода растений).

Растения были высажены на опытный участок, в двух повторностях, по 15 шт. растений в каждом. Схема опыта представлена в табл. 1. Результаты опыта обработаны с помощью пакета анализа данных MS EXCEL.

Таблица 1. Схема опыта по определению биологической эффективности удобрения «УМКА NPK (20:9:22 + ME)», 2021–2022 гг.

Препарат	Способ применения	Дозы внесения, г/м ²	Кратность и даты внесения	
			Первая ротация, 2021	Вторая ротация, 2022
Удобрение «УМКА NPK (20:9:22 + ME)»	Корневая подкормка	25 г/м ²	2 обработка после посадки: I–07.06. II–10.07.	2 обработка I–27.05. II–12.07.
Удобрение комплексное минеральное с микроэлементами Фертика Цветочное NPK 18:9:11 + ME (эталон)	Корневая подкормка	40 г/м ²	2 обработка после посадки: I–07.06. II–10.07.	2 обработка I–04.06. II–12.07.
Контроль (вода)	Без удобрения	–	–	–

Первое внесение удобрения производили в фазу активного вегетативного роста, второе – в фазу бутонизации. Удобрение равномерно рассыпали вокруг растений, с дальнейшей заделкой в почву и обильным поливом.

До внесения удобрений (начало опыта) у исследуемых растений роз сорта Ramira и Centenaire de Lourdes была проведена оценка морфометрических параметров – 07.06 (первая ротация) и 24.05 (вторая ротация). Так как в начале опыта растения находились в фазе активного роста, кушения, формирования листового аппарата (отсутствовали соцветия), учитывались такие параметры, как высота растений и число побегов. После внесения комплексного удобрения УМКА NPK (20:9:22 + ME), для оценки его действия, проводилась 2-кратная оценка морфометрических параметров растений: при массовом цветении роз (июль, август). В середине опыта оценка параметров растений проводилась календарно 01.07 (первая ротация) и 29.06. (вторая ротация), в конце опыта – 09.08 (первая ротация) и 14.07 (вторая ротация).

Результаты проведенных исследований по влиянию удобрения УМКА NPK (20:9:22 + ME) на рост развитие растений роз сортов Ramira приведены в табл. 2.

Таблица 2. Влияние удобрения УМКА NPK на биометрические показатели растений, сорт розы Ramira

Параметры растений	Варианты опыта					
	УМКА NPK (20:9:22 + ME)		Фертика Цветочное, NPK 18:9:11 + ME		Контроль: вода	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Высота растения, см:						
начало опыта	32,1±1,8	32,0±5,6	28,5±1,3	30,0±6,8	31,1±1,4	40,9±9,1
середина опыта	59,8±4,3	55,0±4,9	51,4±3,6	50,6±5,3	51,4±2,8	54,5±5,3
конец опыта	78,1±4,7	101,4±12,3	65,0±3,4	78,6±11,0	63,9±4,0	80,9±0,9
НСР ₀₅	12,6*	25,5	10,7	22,7	–	–
Прирост высоты растений, шт. /% к контролю	46/140	69,4/174	36,5/111	48,6/122	32,8/100	40,0/100
Число побегов, шт.:						
начало опыта	7,1±0,3	3,9±0,6	6,8±0,4	3,6±0,6	6,7±0,5	3,8±0,8
середина опыта	8,6±0,6	8,5±0,9	8,5±0,5	7,8±1,1	8,0±0,7	7,3±0,9
конец опыта	10,8±0,9	8,3±1,0	9,9±0,6	10,7±2,2	9,5±0,7	7,7±0,8
НСР ₀₅	2,3	2,6	1,9	4,8	–	–
Прирост числа побегов, см /% к контролю	3,7/132	4,4/113	3,1/111	7,1/182	2,8/100	3,9/100
Количество бутонов, шт.:						
начало опыта	–	–	–	–	–	–
середина опыта	5,2±1,8	13,3±2,4	6,5±1,1	10,0±1,7	4,3±0,6	12,5±2,8
конец опыта	11,6±1,3	16,3±3,3	12,0±1,5*	10,7±2,2	7,7±1,5*	15,4±4,2
НСР ₀₅	4,0	11,0	4,3	9,8	–	–
Прирост числа бутонов, шт. /% к контролю	6,4/188	3,0/103	5,5/162	0,7/24	3,4/100	2,9/100

* – существенные различия в сравнении с контролем при t_{0,05} по величине НСР.

У сорта Ramira (первая ротация) отмечены значительные различия по высоте куста относительно контрольного варианта, когда прирост в процентном выражении составил – 140 %. Заметно высоким оказалось побегообразование у опытных растений – 132 %. Также существенные различия относительно контроля выявлены по числу бутонов: у опытных растений они составили 188 %. Кроме того, наблюдалась более насыщенная устойчивая окраска соцветий. Опытные растения увеличили продолжительность цветения.

Во вторую ротацию у сорта Ramira отмечены довольно значимые различия высоты куста относительно контроля – 174 %. Прирост побегов опытных роз также дал положительные результаты – 113 %. Однако показатели прироста числа бутонов во вторую ротацию у сорта Ramira имели незначительные отличия в сравнении с контрольным вариантом – 103 % (рис. 1).

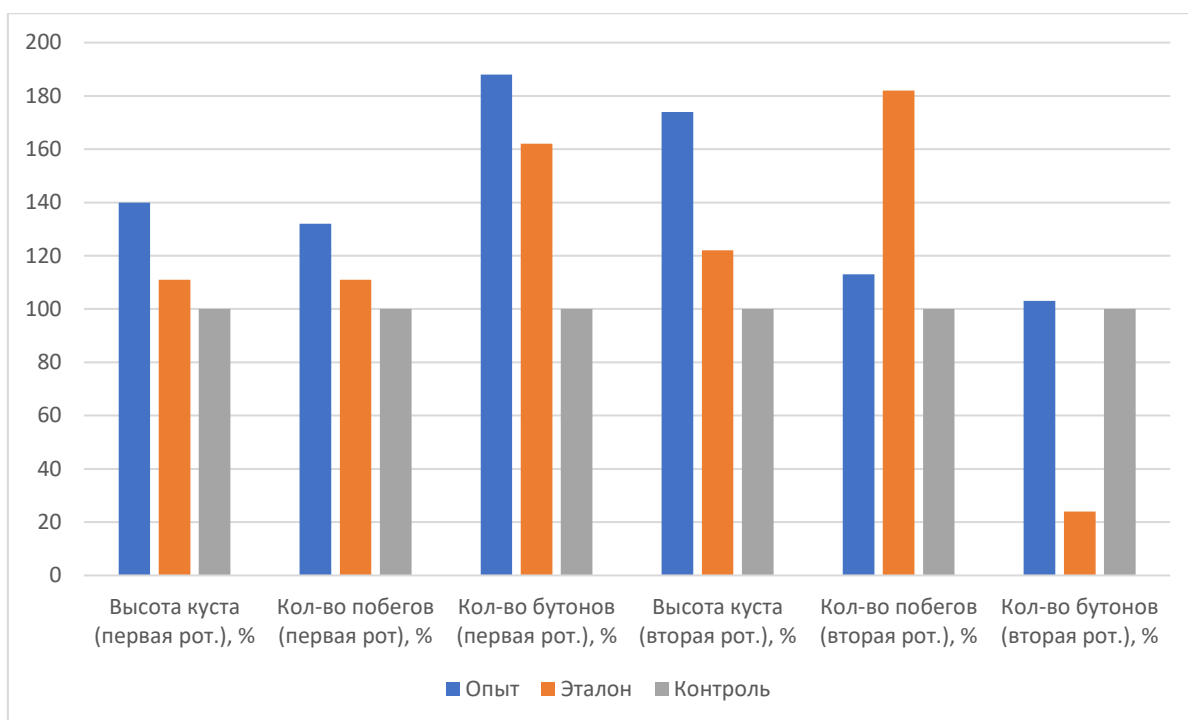


Рис. 1. Показатели прироста высоты, количества побегов и бутонов роз сорта Ramira, %.

Полученные результаты по влиянию удобрения УМКА NPK (20:9:22 + ME) на формирование побеговой части и бутонов у сорта Centenaire de Lourdes приведены в табл. 3.

Таблица 3. Влияние удобрения УМКА NPK на биометрические показатели растений, сорт Centenaire de Lourdes

Параметры растений	Варианты опыта					
	УМКА NPK (20:9:22 + ME)		Фертика Цветочное, NPK 18:9:11 + ME;		Контроль: вода	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Высота растения, см:						
начало опыта	19,7±11,4	37,3±4,7	22,3±1,1	33,9±4,7	18,8±1,3	33,7±6,3
середина опыта	46,5±2,8	55,7±4,0	53,5±2,6	52,8±5,0	40,2±2,1	55,7±4,0
конец опыта	44,6±2,4	83,0/7,0	54,6±1,9	76,8/7,1	43,5±2,3	65,7±5,7
НСР ₀₅	6,8	18,50	6,11*	18,66	–	–
Прирост высоты растений, шт. /% к контролю	26,9/109	45,7/143	32,3/131	42,9/134	24,7/100	32,0/100
Число побегов, шт.:						
начало опыта	7,9±0,5	6,5±0,7	7,9±0,6	5,3±0,7	6,9±0,4	5,4±0,5
середина опыта	10,3±0,8	16,2±1,1	9,3±0,7	15,4/1,7	6,9±0,5	14,4±1,4
конец опыта	12,2±0,9	17,0±1,1	11,8±0,9	16,3±1,4	8,0±0,4	15,4±1,2
НСР ₀₅	2,0*	3,3	2,0*	3,7	–	–
Прирост числа побегов, см /% к контролю	4,3/391	10,5/105	3,9/355	11,0/110	1,1/100	10,0/100
Количество бутонов, шт.:						
начало опыта	–	–	–	–	–	–
середина опыта	15,7±1,5	21,9±2,9	15,0±2,0	15,4/1,7	5,5±0,9	14,5±2,3
конец опыта	24,0±0,5*	23,5±2,6	18,5±5,7*	20,0±2,6	7,2±6,6*	19,3±3,3
НСР ₀₅	1,6*	8,6	17,8	8,6	–	–
Прирост числа бутонов, шт. /% к контролю	8,3/488	1,6/33	3,5/206	4,6/96	1,7/100	4,8/100

* – существенные различия в сравнении с контролем при $t_{0,05}$ по величине НСР.

При выращивании роз сорт Centenaire de Lourdes с применением удобрения УМКА NPK (20:9:22 + ME) выявлено значительное увеличение некоторых биометрических показателей по сравнению с контрольным вариантом. В первую ротацию значительно увеличился прирост числа побегов и количество бутонов – 391 % и 488 % относительно контроля. Однако, во вторую ротацию эти показатели снизились и дали минимальные значения – 105 % и 33 %. В целом, средние показатели прироста числа бутонов (во вторую ротацию) сорта Centenaire de Lourdes были незначительными по всем вариантам опыта (рис. 2).

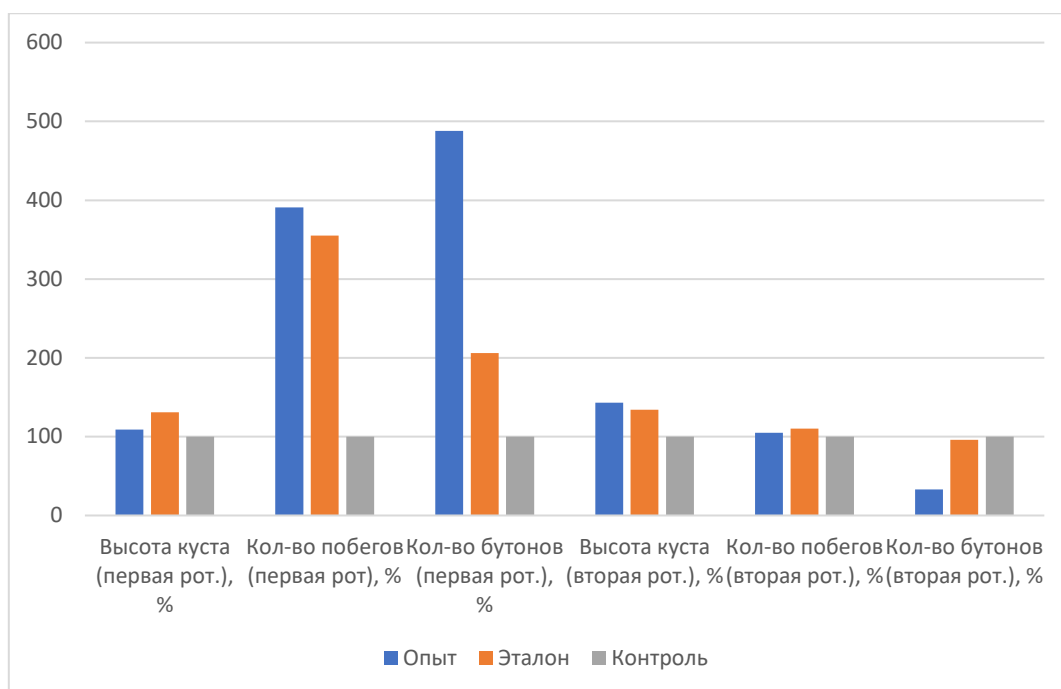


Рис. 2. Показатели прироста высоты, количества побегов и бутонов роз сорта Centenaire de Lourdes, %.

На интенсивность цветения роз открытого грунта существенно влияют метеорологические условия. Метеорологические условия августа 2022 года (засушливые и жаркие погодные условия) способствовали снижению интенсивности и продолжительности цветения роз открытого грунта. Особенно чувствительным к метеорологическим жарким условиям, с низким уровнем осадков, был сорт Centenaire de Lourdes из группы флорибунда.

Закключение

Применение удобрения УМКА NPK (20:9:22 + ME) при выращивании садовых роз в рекомендуемой норме расхода 25 г/ м² и 2-кратном внесении за вегетационный период в форме корневых подкормок способствует увеличению ростовых процессов и развитию растений роз из группы плетистые крупноцветковые (Ramira) и флорибунда (Centenaire de Lourdes): способствует увеличению высоты растений и интенсивному побегообразованию, увеличивает количество соцветий и продолжительность фазы цветения, что в совокупности повышает декоративность растений роз этих сортов. Полученных экспериментальных данных позволяют рекомендовать комплексное удобрение УМКА NPK (20:9:22 + ME) для применения в декоративном садоводстве при выращивании роз открытого грунта в условиях Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перспективные разработки / В. В. Лапа [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 1 (42). – С. 197–201.
2. Клименко, З. К. Секреты выращивания роз / З. К. Клименко. – М.: ЗАО «Фитон +», 2010. – 78 с.
3. Сидорович, Е. А. Морозостойкость роз в условиях Белоруссии: эколого-физиологические аспекты / Е. А. Сидорович, И. К. Володько. – Минск: Наука и техника, 1989. – 95 с.
4. Лапа, В. В. Комплексные минеральные удобрения / В. В. Лапа // Наука и инновации. – 2020. – № 5. – С. 24–27.
5. Агеец, В. Ю. Почвы Центрального ботанического сада / В. Ю. Агеец, Г. В. Слободницкая, А. Н. Червань; Национальная академия наук Беларуси, Центральный ботанический сад. – Минск, ИВЦ Минфина, 2013. – 84 с.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ И АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Н. В. УЛАХОВИЧ

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

В. Н. БОСАК

ООО «Торговый Дом Торфяные Гуматы»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220080, e-mail: bosak1@tut.by

Т. В. САЧИВКО

ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220108, e-mail: sachyuka@rambler.ru

(Поступила в редакцию 05.05.2025)

Зернобобовые культуры относятся к наиболее ценным сельскохозяйственным растениям, которые используются в продовольственных, кормовых, технических, экологических и агротехнологических целях. Наряду с урожайностью, важной качественной характеристикой зернобобовых культур является содержание и состав белка. В статье представлены результаты исследований по изучению урожайности и качества семян фасоли овощной (*Phaseolus vulgaris* L.), гороха овощного (*Pisum sativum* L. convar. *medullare* Flef. emend. C.O. Lehm), чечевицы пищевой (*Lens culinaris* L.) и пажитника голубого (*Trigonella caerulea* (L.) Ser.) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Целью исследования являлось изучение особенностей аминокислотного состава и биологической ценности белка зернобобовых культур в почвенно-климатических условиях северо-восточной части Республики Беларусь. В результате полевых и лабораторных исследований установлено, что содержание незаменимых аминокислот в семенах фасоли овощной составило 7,97–8,21 г/100 г семян или 351,0–385,0 мг/г белка, в семенах гороха овощного – 6,47–6,59 г/100 г семян или 275,9–292,7 мг/г белка, в семенах чечевицы пищевой – 6,05–6,33 г/100 г семян или 301,3–313,6 мг/г белка, в семенах пажитника голубого – 5,69–5,82 г/100 г семян или 286,8–304,2 мг/г белка. По содержанию незаменимых аминокислот (лизин, метионин, треонин, валин, лейцин, триптофан, фенилаланин) белок семян изучаемых зернобобовых культур на 97–133 % соответствовал требованиям FAO/ВОЗ с лучшими показателями для фасоли овощной. Применение минеральных удобрений увеличивало урожайность семян и содержание в них белка при некотором снижении его биологической ценности.

Ключевые слова: фасоль овощная, горох овощной, чечевица, пажитник голубой, аминокислотный состав, биологическая ценность, минеральные удобрения.

Legumes are among the most valuable agricultural plants used for food, feed, technical, ecological and agro-technological purposes. Along with productivity, an important qualitative characteristic of legumes is the content and composition of protein. The article presents the results of research on the yield and quality of seeds of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.), garden peas (*Pisum sativum* L. convar. *medullare* Flef. emend. C.O. Lehm), edible lentils (*Lens culinaris* L.) and blue fenugreek (*Trigonella caerulea* (L.) Ser.) on sod-podzolic light loamy soil. The aim of the study was to investigate the features of the amino acid composition and biological value of protein in legumes in the soil and climatic conditions of the north-eastern part of the Republic of Belarus. As a result of field and laboratory studies, it was established that the content of essential amino acids in the seeds of green beans was 7.97–8.21 g/100 g of seeds or 351.0–385.0 mg/g of protein, in the seeds of green peas – 6.47–6.59 g/100 g of seeds or 275.9–292.7 mg/g of protein, in the seeds of edible lentils – 6.05–6.33 g/100 g of seeds or 301.3–313.6 mg/g of protein, in the seeds of blue fenugreek – 5.69–5.82 g/100 g of seeds or 286.8–304.2 mg/g of protein. In terms of the content of essential amino acids (lysine, methionine, threonine, valine, leucine, tryptophan, phenylalanine), the protein of the seeds of the studied leguminous crops met the FAO/WHO requirements by 97–133%, with better indicators for green beans. The use of mineral fertilizers increased the yield of seeds and the protein content in them with a slight decrease in its biological value.

Key words: green beans, green peas, lentils, blue fenugreek, amino acid composition, biological value, mineral fertilizers.

Введение

Зернобобовые культуры (семейство *Fabaceae*) принадлежат к важнейшим растениям, используемым в мировой экономике в продовольственных, кормовых, технических, экологических и агротехнологических целях [1, 2].

В Республике Беларусь непосредственно для питания человека применяют горох, фасоль, чечевицу, овощные бобы, пажитник; соя используется также в качестве сырья для промышленности как масличная культура. Зерно пелюшки, люпина, кормовых бобов, сои и вики применяют в качестве высокобелковой добавки при приготовлении концентрированных кормов для всех видов сельскохозяйственных животных. Корма, приготовленные из зерна и зеленой массы данных культур, хорошо

обеспечены переваримым протеином, имеют сбалансированный аминокислотный состав, содержат важнейшие макро- и микроэлементы.

Зернобобовые культуры являются также одними из лучших предшественников для большинства культур в севообороте. Они способны накапливать в почве азот благодаря симбиотической азотфиксации его из атмосферы с помощью клубеньковых бактерий, извлекать питательные вещества из труднорастворимых почвенных соединений фосфора, калия и кальция, а также улучшать фитосанитарное состояние севооборота и обеспечивать благоприятный баланс гумуса [2–9].

Наряду с урожайностью, при возделывании зернобобовых культур важнейшее значение имеют их качественные показатели, в т. ч. содержание и состав белка [10–22].

Следует также учитывать особую ценность незаменимых аминокислот (лизин, треонин, метионин, валин, изолейцин, лейцин, триптофан, фенилаланин), среди которых лизин, треонин и метионин относятся к критическим, которые не могут синтезироваться в организме человека и должны поступать в наш рацион с растительной пищей [23–28].

Изменить фракционный или аминокислотный состав индивидуальных растительных белков теми или иными агротехническими приемами практически невозможно, т. к. их биосинтез обусловлен генетическими факторами. Однако можно в определенной степени влиять на количество той или иной фракции или аминокислоты, в том числе подбором сортов и видов сельскохозяйственных культур, а также применением удобрений [2, 15, 26].

Целью данной статьи является изучение особенностей аминокислотного состава и биологической ценности белка зернобобовых культур в почвенно-климатических условиях северо-восточной части Республики Беларусь.

Основная часть

Исследования по изучению аминокислотного состава и биологической ценности белка зернобобовых культур проводили в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии на протяжении 2020–2024 гг.

Полевые исследования проводили на окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве согласно общепринятым методикам [1, 29, 30].

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта исследуемой почвы имела следующие показатели: рН_{KCl} 6,1–6,2, P₂O₅ (0,2 М HCl) – 173–182 мг/кг, K₂O (0,2 М HCl) – 205–212 мг/кг, гумус (0,4 н K₂Cr₂O₇) – 2,5–2,7 % (индекс агрохимической окультуренности 0,85) [31].

Исследуемые культуры – фасоль овощная (*Phaseolus vulgaris* L.) сорта Чыжовенка, горох овощной (*Pisum sativum* L. convar. *medullare* Flef. emend. C.O. Lehm) сорта Прометей, чечевица пищевая (*Lens culinaris* L.) сорта Орловская краснозерная, пажитник голубой (*Trigonella caerulea* (L.) Ser.) сорта Росквіт.

Для определения аминокислотного состава использовали методики М-04-38-2009 «Определение протеиногенных аминокислот в комбикормах и сырье» и М 04-63-2010 «Определение массовой доли синтетических аминокислот в кормовых добавках» с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель-105 М». Идентификацию аминокислотного профиля проводили на аминокислотном анализаторе FA-600 (E) Fully Automatic Biochemistry Analyzer.

Определение показателей биологической ценности белка проводили расчетным методом «аминокислотного сора», при котором содержание конкретной аминокислоты сравнивали с рекомендуемым содержанием данной кислоты в «эталонном белке» FAO/ВОЗ [2, 32].

Как показали результаты исследований, содержание незаменимых аминокислот в семенах зернобобовых культур отличалось значительной вариабельностью в зависимости от биологических особенностей возделываемых растений и применения минеральных удобрений (табл. 1).

Наибольшее содержание незаменимых аминокислот (лизин, метионин, треонин, валин, лейцин, триптофан, фенилаланин) отмечено в семенах фасоли овощной – 7,97–8,21 г/100 г семян. В семенах гороха овощного содержание незаменимых аминокислот оказалось 6,47–6,59, чечевицы пищевой – 6,05–6,33, пажитника голубого – 5,69–5,82 г/100 г семян. Применение минеральных удобрений способствовало увеличению содержания незаменимых аминокислот в семенах всех изучаемых зернобобовых культур.

Анализ содержания незаменимых аминокислот непосредственно в расчете на белок показал некоторое отличие в сравнении с аналогичным содержанием в расчете на семена. Так, максимальное содержание незаменимых аминокислот в белке также отмечено у фасоли овощной (351,0–385,0 мг/г белка) при минимальном их содержании в белке гороха овощного (275,9–292,7 мг/г белка). В семенах пажитника голубого содержание незаменимых аминокислот оказалось 286,8–304,2, в семенах чечевицы пищевой – 301,3–313,6 мг/г белка.

Таблица 1. Содержание незаменимых аминокислот в семенах зернобобовых культур

Вариант	Лизин	Метионин	Треонин	Валин	Лейцин	Триптофан	Фенилаланин	Сумма незаменимых аминокислот
Содержание, г/100 г семян								
Фасоль овощная								
Контроль	1,14	0,39	1,73	1,35	1,52	0,16	1,68	7,97
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	1,21	0,40	1,74	1,38	1,49	0,24	1,75	8,21
Горох овощной								
Контроль	1,13	0,37	1,66	1,18	1,14	0,24	0,75	6,47
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	1,17	0,37	1,67	1,22	1,19	0,20	0,77	6,59
Чечевица пищевая								
Контроль	1,20	0,39	0,71	1,30	0,92	0,21	1,32	6,05
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	1,17	0,37	0,67	1,21	1,21	0,28	1,42	6,33
Пажитник голубой								
Контроль	1,21	0,32	0,73	1,02	1,19	0,31	0,91	5,69
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	1,24	0,32	0,74	0,98	1,21	0,34	0,99	5,82
HCP ₀₅	0,05	0,02	0,07	0,06	0,06	0,01	0,06	
Содержание, мг/г белка								
Фасоль овощная								
Контроль	55,1	18,8	83,6	65,2	73,4	7,7	81,2	385,0
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	51,7	17,1	74,4	59,0	63,7	10,3	74,8	351,0
Горох овощной								
Контроль	51,1	16,7	75,1	53,4	51,6	10,9	33,9	292,7
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	49,0	15,5	69,9	51,1	49,8	8,4	32,2	275,9
Чечевица пищевая								
Контроль	62,2	20,2	36,8	67,4	47,7	10,9	68,4	313,6
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	55,7	17,6	31,9	57,6	57,6	13,3	67,6	301,3
Пажитник голубой								
Контроль	64,7	17,1	39,0	54,5	63,6	16,6	48,7	304,2
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	61,1	15,8	36,5	48,3	59,6	16,7	48,8	286,8
HCP ₀₅	2,8	0,9	2,7	2,8	2,9	0,6	2,8	

Применение минеральных удобрений в данном случае снижало содержание незаменимых аминокислот в белке всех исследуемых зернобобовых культур, что связано с более высокими темпами увеличения содержания белка в семенах в удобренных вариантах в сравнении с изменением содержания незаменимых аминокислот. Питательная ценность продукта зависит не только от содержания белков или аминокислот, но и способности их к усвоению. Содержание и степень использования поступающих в организм аминокислот и характеризует их биологическую ценность [2, 14, 15, 32].

Для расчета биологической ценности белка применяют биологические и расчетные методы. Проведение биологических исследований на живых организмах не всегда возможно, в связи с чем рекомендуются расчетные методы определения биологической ценности, в частности метод «аминокислотного сора», когда содержание аминокислот в продукции сравнивают с рекомендуемым содержанием этой же аминокислоты FAO/ВОЗ [2, 32].

Изучение биологической ценности белка фасоли овощной, гороха овощного, чечевицы пищевой и пажитника голубого методом «аминокислотного сора» показало значительную вариабельность как в разрезе конкретной аминокислоты, так и в зависимости от вида культур и применения удобрений (табл. 2).

Таблица 2. Биологическая ценность белка зернобобовых культур

Вариант	Семена, ц/га	Белок, %	Лизин	Метионин	Треонин	Валин	Лейцин	Триптофан	Фенилаланин	Незаменимые аминокислоты
			Аминокислотный скор, %							
Фасоль овощная										
Контроль	34,8	20,7	100	78	209	130	105	77	232	133
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	50,1	23,4	94	71	186	118	91	103	214	125
HCP ₀₅	2,3	1,1								
Горох овощной										
Контроль	17,9	22,1	93	70	188	107	74	109	97	105
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	26,5	23,9	89	65	175	102	71	84	92	97
HCP ₀₅	1,4	1,1								
Чечевица пищевая										
Контроль	13,1	19,3	113	84	92	135	68	109	195	114
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	19,5	21,0	101	73	80	115	82	133	193	111
HCP ₀₅	0,8	1,0								
Пажитник голубой										
Контроль	3,5	18,7	118	71	98	109	91	166	139	113
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀	3,9	20,3	111	66	91	97	85	167	139	108
HCP ₀₅	0,2	1,0								

Лучшие показатели биологической ценности белка по содержанию незаменимых аминокислот отмечены для семян фасоли овощной – 125–133 % от рекомендованных норм FAO/ВОЗ.

Белок семян чечевицы пищевой по содержанию незаменимых аминокислот на 111–114 %, белок семян пажитника голубого – на 108–113 %, белок семян гороха овощного – на 97–105 % соответствовал стандартам FAO/ВОЗ.

Применение минеральных удобрений несколько снижало биологическую ценность белка всех изучаемых зернобобовых культур, что подтверждается и другими исследованиями [2, 18, 20].

Лимитирующими аминокислотами в белке всех изучаемых зернобобовых культур оказались метионин (65–84 % от рекомендованных норма FAO/ВОЗ) и лейцин (71–91 %, кроме варианта без удобрений у фасоли овощной).

Определенный недостаток лизина отмечен в белке семян гороха овощного (89–93 %) и, частично, в белке семян фасоли овощной (94 % в варианте с применением удобрений), треонина – в белке семян чечевицы пищевой (80–92 %) и пажитника голубого (91–98 %), в также триптофана в отдельных вариантах для фасоли овощной и гороха овощного.

Заключение

В исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве содержание незаменимых аминокислот (лизин, метионин, треонин, валин, лейцин, триптофан, фенилаланин) в семенах фасоли овощной составило 7,97–8,21 г/100 г семян или 351,0–385,0 мг/г белка, в семенах гороха овощного – 6,47–6,59 г/100 г семян или 275,9–292,7 мг/г белка, в семенах чечевицы пищевой – 6,05–6,33 г/100 г семян или 301,3–313,6 мг/г белка, в семенах пажитника голубого – 5,69–5,82 г/100 г семян или 286,8–304,2 мг/г белка.

По содержанию незаменимых аминокислот белок семян изучаемых зернобобовых культур на 97–133 % соответствовал требованиям FAO/ВОЗ с лучшими показателями для фасоли овощной. Применение минеральных удобрений увеличивало урожайность семян и содержание в них белка при некотором снижении его биологической ценности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – М.: Инфра-М, 2016. – 336 с.
2. Приемы возделывания бобовых овощных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, О. Н. Минюк [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – 183 с.
3. Босак, В. Н. Биологическая фиксация азота при возделывании бобовых овощных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Аграрная наука – сельскому хозяйству. – Барнаул: АГАУ, 2019. – С. 156–157.
4. Босак, В. Н. Накопление биологического азота при возделывании бобовых овощных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Основні, малопоширені і нетрадиційні види рослин – від вивчення до освоєння. – Обухів, 2022. – Т. 1. – С. 31–33.
5. Босак, В. Н. Особенности азотфиксации в посевах бобовых овощных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, М. Е. Кошман // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 15–17.
6. Босак, В. Н. Симбиотическая и несимбиотическая азотфиксация в земледелии Беларуси / В. Н. Босак // Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – Ч. II. – С. 37–38.
7. Продуктивность и азотфиксирующая способность бобовых овощных культур / В. Н. Босак, В. В. Скорина, Т. В. Колоскова, О. Н. Минюк // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. – Москва: РУДН, 2011. – Т. II. – С. 24–26.
8. Улахович, Н. В. Азотфиксирующая способность и продуктивность зернобобовых культур в зависимости от применения минеральных удобрений / Н. В. Улахович, В. Н. Босак // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 1. – С. 30–33.
9. Эффективность возделывания зернобобовых культур в условиях Белорусского Полесья / В. Н. Босак, В. В. Скорина, Т. В. Колоскова, О. Н. Минюк // Инновационные технологии в мелиорации и сельскохозяйственном использовании мелиорированных земель. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – С. 37–38.
10. Агафонова, С. В. Оценка биологической ценности белков люпина и перспектив его использования в пищевой промышленности / С. В. Агафонова, А. И. Рыков, О. Я. Мезенова // Вестник Международной академии холода. – 2019. – № 2. – С. 79–85.
11. Босак, В. М. Біялагічная каштоўнасць нетрадыцыйнай лекавай культуры струкоў агароднінных / В. М. Босак // Лекарственные растения: биоразнообразие, технологии, применение. – Гродно: ГГАУ, 2014. – С. 209–211.
12. Босак, В. Н. Аминокислотный состав и биологическая ценность белка бобов овощных в зависимости от применения удобрений / В. Н. Босак, О. Н. Минюк // Вестник БарГУ. Серия: Биологические науки. Сельскохозяйственные науки. – 2016. – № 4. – С. 79–84.
13. Босак, В. Н. Аминокислотный состав и биологическая ценность сои в зависимости от применения удобрений на дерново-подзолистой супесчаной почве / В. Н. Босак, В. В. Скорина, Т. В. Колоскова // Агропанорама. – 2010. – № 3. – С. 18–21.
14. Босак, В. Н. Биологическая ценность и аминокислотный состав различных сортов фасоли овощной / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Овощеводство. – 2017. – Т. 25. – С. 5–10.

15. Босак, В. Н. Особенности аминокислотного состава и биологической ценности белка бобовых овощных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 37–40.
16. Качественный состав семян зернобобовых культур, полученных в условиях северного региона Республики Беларусь / Н. Н. Зенькова, И. В. Ковалева, Т. М. Шлома, М. О. Моисеева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 4 (36). – С. 99–102.
17. Кукреш, Л. В. Оценка белка зернобобовых культур по аминокислотному составу / Л. В. Кукреш, И. В. Рышкель // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2008. – № 1. – С. 36–40.
18. Минюк, О. Н. Продуктивность и аминокислотный состав бобовых овощных культур в зависимости от применения удобрений / О. Н. Минюк, В. Н. Босак // Овощеводство. – 2021. – Т. 29. – С. 72–79.
19. Продуктивность и качественный состав семян зернобобовых культур в условиях северного региона Республики Беларусь / Т. М. Шлома, Н. Н. Зенькова, И. В. Ковалева [и др.] // Земледелие и растениеводство. – 2020. – № 6. – С. 12–16.
20. Сергеева, И. И. Изменение качества белка ячменя и гороха в отдельных и смешанных посевах в зависимости от применения минеральных удобрений и бактериальных препаратов / И. И. Сергеева // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы. – Гродно, 2021. – Т. 55. – С. 134–140.
21. Улахович, Н. В. Аминокислотный состав бобовых овощных культур в зависимости от применения удобрений / Н. В. Улахович, В. Н. Босак // Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России. – Красноярск, 2025. – С. 208–211.
22. Фракционный и аминокислотный состав белка семян сортов сои разных экотипов / Т. П. Кобозева, У. А. Делаев, У. Г. Зузиев [и др.] // Проблемы развития АПК региона. – 2019. – № 2 (38). – С. 280–286.
23. Агрохимические приемы повышения биологической ценности и хлебопекарных качеств продовольственного зерна пшеницы и ржи на дерново-подзолистых почвах: рекомендации / В. В. Лапа, В. Н. Босак, Н. Н. Ивахненко [и др.]. – Минск, 2005. – 27 с.
24. Босак, В. М. Біялагічная каштоўнасць азімых збожжавых культур у залежнасці ад умоў жывлення / В. М. Босак // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2006. – № 2. – С. 60–63.
25. Босак, В. Н. Использование показателей биологической ценности белка в оценке качества зерновых культур / В. Н. Босак // Здоровье для всех. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – С. 26–27.
26. Лапа, В. В. Применение удобрений и качество урожая / В. В. Лапа, В. Н. Босак. – Минск, 2006. – 120 с.
27. Параўнальная біялагічная каштоўнасць і амінакіслотны склад збожжавых і збожжаваструкавых культур у залежнасці ад выкарыстання мінеральных угнаенняў / В. М. Босак, Т. В. Каласкова, В. М. Мінюк, В. М. Марцэль // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2011. – № 4. – С. 46–51.
28. Разумовский, Н. Аминокислоты – заменимые и незаменимые / Н. Разумовский, Д. Соболев // Животноводство России. – 2020. – № 2. – С. 59–63.
29. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Москва: ИД Альянс, 2011. – 352 с.
30. Научные системы ведения сельского хозяйства Республики Беларусь / В. Ю. Агеец, В. В. Агейчик, В. В. Азаренко [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2020. – 682 с.
31. Почвенная характеристика опытного участка «Полигон» / В. Н. Босак, Е. Ф. Валецка, Т. В. Сачивко [и др.] // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2024. – С. 28–30.
32. Рекомендации по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур / И. М. Богдевич, В. В. Лапа, В. Н. Босак [и др.]. – Минск: ИПА, 2005. – 14 с.

ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ОБРАБОТОК МИКРОУДОБРЕНИЕМ «НАНОПЛАНТ-S. СЕРА» НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОЛУБИКИ (*VACCINIUM CORYMBOSUM L*)

Т. В. КУРЛОВИЧ, В. Л. ФИЛИПЕНЯ

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220012, e-mail: vaccinium@mail.ru

С. Г. АЗИЗБЕКЯН

ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220072, e-mail: s.az@mail.ru

(Поступила в редакцию 10.06.2025)

Голубика высокорослая – одна из самых популярных ягодных культур. Площади под ее посадками постоянно увеличиваются в различных климатических зонах, что повышает актуальность задач увеличения размеров, массы ягод, урожайности и сроков хранения.

Для решения этих вопросов на посадках голубики применяются макро- и микроудобрения, а также средства защиты от болезней. Важным аспектом является безопасность применяемых веществ для человека и окружающей среды, а также их расход и стоимость. В этой связи актуальным является применение веществ, способных при низкой концентрации действующего вещества проявлять высокую эффективность и не накапливаться в плодах в формах опасных для здоровья потребителей.

Выполненные в течение двух сезонов полевые испытания влияния некорневых обработок микроудобрением «Наноплант-S. Сера» на продуктивность четырех сортов голубики позволили установить, что новый препарат на основе наночастиц серы проявляет высокую биологическую эффективность при низком расходе (5 г S / га на одну обработку). Это открывает возможность экономически оправданного увеличения кратности обработок, что позволяет удовлетворить постоянную потребность растений в сере в период всей вегетации – от набухания почек до массового плодоношения. Использование Наноплант-S. Сера обеспечивает достоверное ускорение (на 2–4 дня) начала периода массового созревания ягод, увеличение массы ягоды (на 10,9–38,4 % в 2023 г. и на 6,7–50,0 % в 2024 г.) и повышение урожайности (в 2023 г. на 11,1–145,5 %, в 2024 г. на 4,4–17,1 %). Сохраняемость ягод сортов Bluegold, Duke и Jersey увеличилась на срок от 5 до 8 суток, что позволяет удлинить сроки реализации урожая, снизить потери при хранении и транспортировке в дальние регионы.

Ключевые слова: голубика высокорослая, *Vaccinium corymbosum L.*, микроудобрение, Наноплант-S. Сера, наночастицы, масса ягод, урожайность, сохраняемость ягод.

Highbush blueberry is one of the most popular berry crops. The areas under its plantings are constantly increasing in various climatic zones, which increases the relevance of the tasks of increasing the size, weight of berries, yield and shelf life. To solve these issues, macro- and microfertilizers, as well as disease protection products, are used on blueberry plantings. An important aspect is the safety of the substances used for humans and the environment, as well as their consumption and cost. In this regard, it is important to use substances that can exhibit high efficiency at a low concentration of the active substance and not accumulate in the fruits in forms hazardous to the health of consumers.

Field tests of the effect of foliar treatments with the microfertilizer "Nanoplant-S. Sulfur" on the productivity of four blueberry varieties, carried out over two seasons, made it possible to establish that the new drug based on sulfur nanoparticles exhibits high biological efficiency at a low consumption (5 g S / ha per treatment). This opens up the possibility of an economically justified increase in the frequency of treatments, which allows satisfying the constant need of plants for sulfur throughout the growing season - from bud swelling to mass fruiting. The use of Nanoplant-S. Sulfur provides a reliable acceleration (by 2–4 days) of the onset of the mass ripening period of berries, an increase in berry weight (by 10.9–38.4 % in 2023 and by 6.7–50.0 % in 2024) and an increase in yield (in 2023 by 11.1–145.5 %, in 2024 by 4.4–17.1 %). The shelf life of Bluegold, Duke and Jersey berries has increased by 5 to 8 days, which allows extending the harvest sale period, reducing losses during storage and transportation to remote regions.

Key words: highbush blueberry, *Vaccinium corymbosum L.*, microfertilizer, Nanoplant-S. Sulfur, nanoparticles, berry weight, yield, berry shelf life.

Введение

Сера – важнейший элемент в минеральном питании растений, входящий в состав трех незаменимых аминокислот (цистеин, цистин и метионин), стимулирующих рост и развитие растений [1]. Сера необходима для усвоения азота и фосфора, дыхания растений, участвует в образовании хлорофилла, в азотном и углеводном обмене веществ, повышает устойчивость к засухе и болезням. При дефиците серы нарушается метаболизм азота, снижается фотосинтез и урожайность. Корневая система растений поглощает серу в ионной форме (в основном в виде сульфатов). Сера может поглощаться растениями и через устьица листьев из промышленных серосодержащих газовых выбросов, но эта «подкормка» существенно сократилась в связи с экологическими мероприятиями.

Применяемые при некорневых подкормках удобрения на основе солей серы отличаются высоким расходом, например, *Thio-Sul*, Франция (тиосульфат аммония, до 50 кг S / га за вегетацию), *Ikar Elais*, Литва (сульфат аммония, до 4 кг S / га), *Изагри Сера*, Россия (сульфат аммония, до 2 кг S / га).

Новые возможности в повышении продуктивности растениеводства при одновременном радикальном снижении расхода действующих веществ открывает использование нанотехнологий, которые по прогнозам специалистов [2–4] способны совершить в ближайшие десятилетия революцию в методах ведения сельского хозяйства. В НАН Беларуси разработаны и освоены в производстве микроудобрения на основе наночастиц соединений микроэлементов серии *Наноплант* [5–12], в том числе микроудобрение «*Наноплант-S. Сера*», отличающееся от аналогов тем, что содержит серу в виде нерастворимых наночастиц с нулевой валентностью, стабилизированных в структуре водного коллоида. Наноразмер и отсутствие заряда у частиц серы позволяет им преодолевать заряженные защитные мембраны и легко проникать в растительные клетки, проявляя высокую эффективность при более низком расходе в сравнении с традиционными соевыми удобрениями.

Целью выполненных в течение двух сезонов полевых испытаний являлась оценка влияния микроудобрения «*Наноплант-S. Сера*» на феноритмику, урожайность, массу и сроки хранения ягод голубики различных сортов.

Основная часть

Изучение влияния серосодержащих удобрений на продуктивность голубики проводилось на пятилетних растениях 4 сортов: *Bluegold*, *Bluetta*, *Duke* и *Jersey*. Опыты заложены в трехкратной повторности. Площадь одной опытной делянки составляла 3 м². В варианте *Фон* для обработок использовалась вода.

В качестве объекта исследований использовалось микроудобрение «*Наноплант-S. Сера*» (далее – *Наноплант-S*, состав не менее: S – 25 г/л). Расход микроудобрения – 200 мл/га. Низкий расход серы на одну обработку (5 г/га) позволяет увеличить кратность некорневых подкормок до девяти и обеспечить растения голубики серой в течение всего сезона: от набухания почек до массового плодоношения.

В качестве аналога для сравнения использовано удобрение *КомплеМет Голубика* (далее – *КомплеМет*) с составом, г/л, не менее: N–3,7; P₂O₅–75; K₂O–62; SO₄–16 (S–5,3); MgO–6,2; Fe–7,5; Mn–2,5; Cu– 2,2; Zn–3,7; Mo–0,03; Co–0,01; B–1,1. Сумма действующих веществ (макро- и микроэлементов) Σ_{дв} – 180 г/л. В испытаниях, в соответствии с Инструкцией по применению, использовали 2 некорневые обработки (в мае и июне) с расходом удобрения: 10 мл/л (3 л на 300 л/га рабочего раствора). Расход на 2 обработки: Σ_{дв} – 1080 г/га, в том числе серы – 31,8 г/га.

Подтверждение наличия наночастиц в микроудобрении *Наноплант-S* выполнено методом динамического рассеяния на лазерном анализаторе «*Zetasizer Nano ZSP*» (Malvern, Великобритания). Наночастицы серы формируют ядра внутри клубков макромолекул полимеров-стабилизаторов структуры водного коллоида. На рисунке представлена диаграмма распределения гранулометрического состава, показывающая, что средневзвешенный гидродинамический размер серо-полимерных кластеров составляет ~ 140 нм.

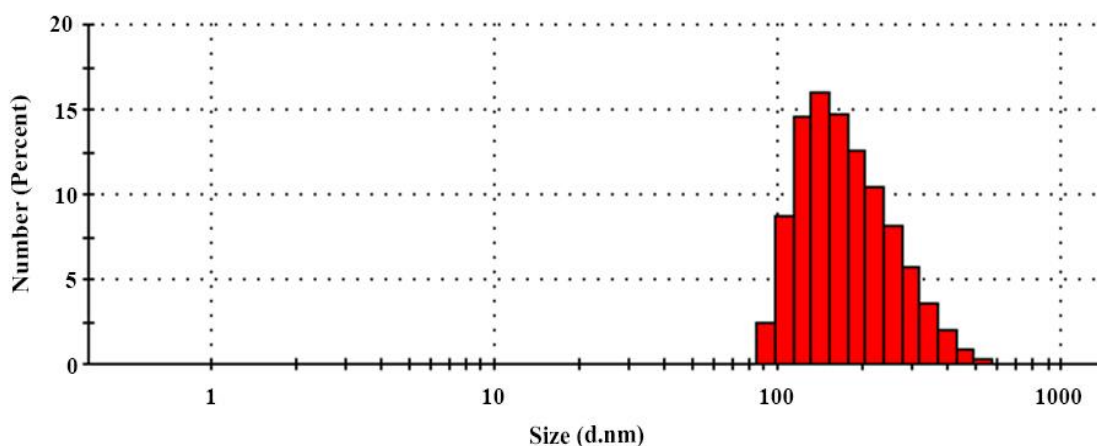


Рис. Диаграмма распределения наночастиц по размерам в микроудобрении *Наноплант-S*

Наблюдения за феноритмикой изучаемых сортов голубики проводились по общепринятым методикам [13]. За исходную дату отсчета начала вегетации было взято 1 апреля (дата проявления первой фенофазы – набухания почек).

Учет урожайности проводили взвешиванием ягод, собираемых отдельно с каждого куста. Определение средней массы ягод проводили взвешиванием 100 ягод в пятикратной повторности.

Для оценки срока хранения плоды голубики снимали в стадии потребительской спелости и закладывали на хранение в холодильник при температуре (4 ± 1 °С) в пластиковых контейнерах объемом

500 мл. Срок хранения плодов оценивали по времени сохранения при уровне общих потерь, не превышающих 10 % [14]. Все опыты закладывали в 3-кратной повторности.

Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Сезон вегетации 2023 года отличался резкими перепадами среднесуточных температур, которые в мае и июле были ниже, а в остальные месяцы – выше климатической нормы. С 15 по 25 июня и с 13 по 21 августа были отмечены интенсивные волны тепла с максимальной температурой воздуха +30 °С. В 7 месяцах года суммы осадков превышали норму. Самым сухим месяцем был май, за который, в среднем, выпало 12 мм осадков, самым влажным стал ноябрь – 86 мм осадков.

Весна 2024 года была аномально теплой. Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через +5 °С в сторону ее повышения (начало периода вегетации) начался 21–29 марта, что на 1,5–2 недели раньше обычных сроков. Теплая погода выше климатической нормы продолжилась летом и осенью. С 25 июня по 1 июля и с 7 по 27 июля, а также в сентябре, зарегистрированы волны тепла с тропическими ночами. В 7 месяцах года суммы осадков были ниже нормы. Самым сухим месяцем стал май, за который, в среднем, выпало 25 мм осадков, (40 % климатической нормы), а самым влажным – апрель, с 85 мм осадков или 218 % климатической нормы, в июне и июле также зафиксирован избыток осадков – 116 и 123 % нормы.

Наблюдениями за феноритмикой сортов установлено, что время наступления фенологических фаз и скорость их протекания зависели от климатических особенностей года, но основное влияние на исследуемые процессы оказали среднесуточные температуры. Так, в связи с аномально теплой погодой весной 2024 года календарные сроки начала и прохождения фенофаз – набухание почек, начало роста, появление листьев, бутонизация и цветение – в 2024 году начались на 15–20 дней раньше, чем в 2023 году.

В ходе двухлетних испытаний отмечено, что некорневые обработки четырех сортов голубики микроудобрением *Наноплант-S* обеспечивают достоверное и стабильное ускорение в сравнении с Фоном и Аналогом начала (на 2–4 дня, 1,4–4,0 %) и окончания (на 2–6 дней, 1,3–9,3 %) срока массового созревания ягод (табл. 1).

Таблица 1. Влияние обработок микроудобрением *Наноплант-S* на начало и окончание срока массового созревания ягод голубики. Используемое сокращение: Δ – разница с Фоном (%)

Сорт	Вариант	2023 г				2024 г			
		День	Δ, %	День	Δ, %	День	Δ, %	День	Δ, %
		Начало		Окончание		Начало		Окончание	
<i>Bluegold</i>	Фон	115,5±1,3	–	181,3±1,3	–	138,3±1,6		146,7±1,5	
	КомплеМет	115,3±1,7	-0,2	179,2*±1,1	1,2	138,4±1,7	-0,1	145,5±1,6	0,8
	<i>Наноплант-S</i>	111,4*±1,6	3,6	179,0*±1,0	1,3	135,4*±1,7	2,1	143,2*±1,1	2,4
	<i>HCP</i> _{0,05}	2,47		1,76		2,57		3,23	
<i>Bluetta</i>	Фон	105,2±1,1	–	178,6±2,2	–	108,4±1,5		124,4±1,2	
	КомплеМет	103,3±1,4	1,8	177,5±1,8	0,7	108,3±1,5	0,1	123,6±1,5	0,6
	<i>Наноплант-S</i>	102,5*±0,7	2,6	162,2*±2,0	9,3	106,7*±1,1	1,6	121,2*±2,0	2,6
	<i>HCP</i> _{0,05}	2,02		3,47		1,32		2,95	
<i>Duke</i>	Фон	105,5±1,8	–	182,3±2,3	–	109,4±1,3	–	121,5±2,2	–
	КомплеМет	106,3±1,1	-0,8	177,2*±1,4	2,8	107,2±1,1	2,0	119,5±1,7	1,7
	<i>Наноплант-S</i>	101,3*±0,8	4,0	177,5*±1,1	2,6	105,8*±0,9	3,3	116,6*±1,8	4,0
	<i>HCP</i> _{0,05}	2,37		2,11		3,18		4,68	
<i>Jersey</i>	Фон	111,2±0,9	–	179,7±1,1	–	132,5±0,9		111,4±1,6	
	КомплеМет	111,7±1,1	-0,5	179,2±1,1	0,3	130,7*±1,1	1,36	109,3±1,5	1,89
	<i>Наноплант-S</i>	109,1±1,4	1,9	177,4*±1,2	1,3	130,6*±1,4	1,4	108,5±1,7	2,60
	<i>HCP</i> _{0,05}	3,12		2,02		1,42		5,12	

* – достоверное отклонение к контролю при $p < 0,05$.

Ускорение созревания ягод позволяет получить более ранний урожай раннеспелых сортов, когда цена на ягоду высокая, а также заполнить промежуток между ранними и среднеспелыми сортами за счет ускорения созревания среднеспелых сортов. Применение препарата на поздних сортах может помочь уйти от позднеосенних заморозков и позволит уменьшить потери урожая от неблагоприятных условий в этот период.

В 2023 г. урожайность была невысокой (0,20–0,63 кг/растения) из-за плохой закладки цветковых почек в связи засухой в 2022 г. Некорневые обработки микроудобрением *Наноплант-S* привели к достоверному повышению средней массы и урожайности всех испытанных сортов голубики (табл. 2). В 2023 г. у сортов *Bluegold* и *Bluetta* отмечено существенное возрастание как массы ягод (на 10,9–38,4 %), так и урожайности (на 11,1–18,7 %). На сортах *Duke* и *Jersey* масса ягод не изменилась, но

положительное влияние обработки микроудобрением *Наноплант-S* ягоды на процессы опыления, сохранения образовавшихся завязей, развития и превращения в полноценные плоды обеспечило увеличение урожайности (на 11,1–145,5 %).

Урожайность в 2024 г. (от 1,6 кг до 5,2 кг на растение) значительно превысила показатели 2023 г., что, естественно, сопровождалось увеличением количества ягод, которым доставалось меньше воды, питания, и ограничило их средний размер. Тем не менее, обработки микроудобрением *Наноплант-S* и в 2024 г. способствовали достоверному увеличению массы ягод у всех изучаемых сортов (на 4,4–17,1 %) и урожайности (на 6,7–50,0 %).

Таблица 2. Влияние обработок микроудобрением *Наноплант S* на массу и урожайность ягод голубики. Используемое сокращение: У – урожайность (кг на растение), Δ – разница с Фоном (%)

Сорт	Вариант	Масса ягоды		Урожайность		Масса ягоды		Урожайность	
		г	Δ, %	У±У _х	Δ, %	г	Δ, %	У±У _х	Δ, %
		2023 г				2024 г			
<i>Bluegold</i>	Фон	1,25±0,02		0,45±0,05		1,23±0,01		4,6±0,3	
	КомплеМет	1,23±0,01	-1,6	0,42±0,05	-6,7	1,41±0,02	14,6	5,2*±0,3	13,0
	<i>Наноплант-S</i>	1,73*±0,04	38,4	0,50*±0,10	11,1	1,44*±0,02	17,1	5,2*±0,9	13,0
	<i>HCP</i> _{0,05}	0,05		0,04		0,21		0,47	
<i>Bluetta</i>	Фон	1,28±0,03		0,53±0,21		0,94±0,01		1,5±0,6	
	КомплеМет	1,28±0,03	0	0,31±0,02	-41,5	0,96±0,01	2,1	1,0±0,6	-66,7
	<i>Наноплант-S</i>	1,42*±0,03	10,9	0,63*±0,23	18,7	1,00±0,03	6,4	1,6±0,6	6,7
	<i>HCP</i> _{0,05}	0,06		0,08		0,04		0,50	
<i>Duke</i>	Фон	1,67±0,04		0,22±0,02		1,12±0,03		2,1±0,2	
	КомплеМет	1,68±0,02	0,6	0,22±0,07	0	1,18±0,01	5,4	2,2±0,5	4,8
	<i>Наноплант-S</i>	1,69±0,02	1,2	0,54*±0,18	145,5	1,29*±0,03	15,2	3,1*±0,4	47,6
	<i>HCP</i> _{0,05}	0,02		0,16		0,14		0,74	
<i>Jersey</i>	Фон	1,22±0,02		0,18±0,02		0,90±0,01		1,2±0,4	
	КомплеМет	1,23±0,01	0,8	0,22*±0,02	22,2	0,93±0,01	0,9	1,5±0,1	25,0
	<i>Наноплант-S</i>	1,22±0,02	0	0,20±0,03	11,1	0,94*±0,01	4,4	1,8*±0,4	50,0
	<i>HCP</i> _{0,05}	0,03		0,03		0,03		0,54	

* – достоверное отклонение к контролю при $p < 0,05$.

Сера играет важную роль в формировании защитного механизма растений, поскольку участвует в синтезе и входит в состав главного строительного элемента клеточных стенок – лигнина [1], который является важным компонентом оболочки ягод, обеспечивает жесткость и прочность, не поддается распаду под воздействием атакующих болезнетворных микроорганизмов.

Некорневые обработки голубики микроудобрением *Наноплант-S* существенно улучшили лежкость ягод и повысили сохраняемость ягод сортов *Bluegold*, *Duke* и *Jersey* – на срок от 5 до 8 суток (на 31,7–71,5 %). У сорта *Bluetta* также зафиксировано достоверное возрастание продолжительности хранения ягод после их уборки, но в несколько меньшей степени (на 4,5–26,3 %).

Таблица 3. Влияние обработок удобрением *Наноплант-S* на сроки хранения ягод голубики. Используемое сокращение: Δ – разница с Фоном (%).

Сорт	Вариант	2023 год		2024 год	
		Сохраняемость, сутки	Δ, %	Сохраняемость, сутки	Δ, %
<i>Bluegold</i>	Фон	10,67±0,33		12,44±0,31	
	КомплеМет	14,33*±0,33	34,3	15,23±0,35	22,4
	<i>Наноплант-S</i>	17,00*±0,58	59,3	19,32*±0,64	55,3
	<i>HCP</i> _{0,05}	0,98		3,12	
<i>Bluetta</i>	Фон	14,67±0,33	-22,8	17,67±0,42	
	КомплеМет	11,33±0,33		18,71±0,54	5,9
	<i>Наноплант-S</i>	15,33*±0,33	4,5	22,32*±0,71	26,3
	<i>HCP</i> _{0,05}	0,63		3,09	
<i>Duke</i>	Фон	9,33±0,67		10,89±0,33	
	КомплеМет	11,33*±0,67	21,4	12,63±0,76	16,00
	<i>Наноплант-S</i>	16,00*±0,58	71,5	18,27*±0,42	67,8
	<i>HCP</i> _{0,05}	1,23		2,89	
<i>Jersey</i>	Фон	6,33±0,33		12,77±0,94	
	КомплеМет	7,33*±0,33	15,8	16,17*±0,93	26,6
	<i>Наноплант-S</i>	11,33*±0,33	31,7	19,42*±0,85	52,1
	<i>HCP</i> _{0,05}	0,63		3,03	

* – достоверное отклонение к контролю при $p < 0,05$.

Фактор повышения сохраняемости имеет важное значение для производителей голубики, поскольку он позволяет удлинить сроки реализации ягод и снизить потери при хранении и транспортировке в дальние регионы.

Заключение

Выполненные в течение двух сезонов полевые испытания влияния некорневых обработок микроудобрением *Наноплант-S* на продуктивность четырех сортов голубики позволили установить, что новый препарат на основе наночастиц серы проявляет высокую биологическую эффективность при низком расходе (5 г S / га на одну обработку). Это открывает возможность экономически оправданного увеличения кратности обработок, что позволяет удовлетворить постоянную потребность растений в сере в период всей вегетации от набухания почек до массового плодоношения. Использование *Наноплант-S* обеспечивает достоверное ускорение (на 2–4 дня) начала периода массового созревания ягод, а также увеличение массы ягод (что повышает их привлекательность для покупателя) и повышение урожайности. В период исследований средняя масса ягод увеличилась на 10,9–38,4 % в 2023 г. и на 6,7–50,0 % в 2024 г., соответственно в 2023 г. урожайность повысилась на 11,1–145,5 %, а в 2024 г. – на 4,4–17,1 %. Сохраняемость ягод сортов *Bluegold*, *Duke* и *Jersey* увеличилась на срок от 5 до 8 суток, что позволяет удлинить сроки реализации урожая, снизить потери при хранении и транспортировке в дальние регионы. Для повышения комплексности действия новое микроудобрение *Наноплант-S* может быть рекомендовано к совместному использованию с ранее испытанными нами на голубике микроудобрениями *Наноплант-Co*, *Mn*, *Cu*, *Fe*, *Zn*, *Cr*, *Mo*, *Se*, *B*. Ультра+Бор и *Наноплант-Ca-Si*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шеуджен А. Х. Агрохимия: учебное пособие / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Н. С. Котляров. 2-е изд., перераб. и доп. – Майкоп: Изд-во «Афиша», 2006. – С. 210, 633.
2. Mittal, D.; Kaur, G.; Singh, P.; Yadav, K.; Ali, S. A. Nanoparticle-Based Sustainable Agriculture and Food Science: Recent Advances and Future Outlook. *Front. Nanotechnol.* 2020, 2, 579954. <https://doi.org/10.3389/fnano.2020.579954>.
3. Chen, H., and Yada, R. Nanotechnologies in agriculture: new tools for sustainable development. *Trends Food Sci. Tech.* 2011, 22, 585–594. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.09.004>.
4. Fraceto, L. F., Grillo, R., de Medeiros, G. A., Scognamiglio, V., Rea, G., and Bartolucci, C. Nanotechnology in agriculture: which innovation potential does it have? *Front. Environ. Sci.* 2016, 4:20 <https://doi.org/10.3389/fenvs.2016.00020>.
5. Азизбеян, С. Г. Наноплант – новое отечественное микроудобрение / С. Г. Азизбеян, В. И. Домаш // Наше сельское хозяйство. – 2015. – № 7 (Апрель). – С. 68–71 (Начало); – № 9 (Май). – С. 38–41.
6. Бруй, И. Г. Нанозащита от стрессов / И. Г. Бруй, С. Г. Азизбеян, В. И. Домаш // Наше сельское хозяйство – 2018. – № 7. – С. 58–61.
7. Конопацкая, М. В. Эффективность применения микроудобрения Наноплант в защите картофеля от болезней / М. В. Конопацкая, В. И. Халаева, С. Г. Азизбеян // Биологически активные препараты для растениеводства. Материалы XIV Международной научно-практической конференции daRostim 2018. Минск. БГУ. – 3–8 июля 2018 г., – С. 105–108.
8. Возделывание жимолости и голубики на рекультивируемых торфяниках низинного типа с использованием органических удобрений и микроэлементного стимулятора Наноплант / Ж. А. Рупасова [и др.] – Минск, 2021. – 229 с.
9. Tamindžić, G. Comprehensive metal-based nanopriming for improving seed germination and initial growth of field pea (*Pisum sativum* L.) / G. Tamindžić, S. Azizbekian, D. Miljaković and etc. // *Agronomy* – 2023, – 13(12), 2932. <https://doi.org/10.3390/agronomy13122932>.
10. Tamindžić, G. Assessment of Various Nanoprimings for Boosting Pea Germination and Early Growth in Both Optimal and Drought-Stressed Environments / G. Tamindžić, S. Azizbekian, D. Miljaković and etc. // *Plants* 2024, 13 (11), 1547. <https://doi.org/10.3390/plants13111547>.
11. Влияние микроудобрения Наноплант-Ca-Si на урожайность и сохраняемость плодов яблок / Е. В. Поух, М. В. Мацеюк, С. Г. Азизбеян [и др.]. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 4 – С. 32–37.
12. Курлович Т. В. Влияние некорневых обработок микроудобрением «Наноплант-Ca-Si» на массу и сроки хранения ягод голубики (*Vaccinium*) / Т. В. Курлович, С. Г. Азизбеян, В. Л. Филипеня. Плодоводство. – Т. 36. – 2024. – С. 106–110.
13. Юркевич, И. Д. Фенологические исследования древесных и травянистых растений (методическое пособие) / И. Д. Юркевич, Д. С. Голод, Э. П. Ярошевич. – Минск: Наука и техника, 1980. – 83 с.
14. Проведение исследований по хранению плодов, ягод и винограда: метод. указания / Е. П. Франчук [и др.]. – М.: ВАСХНИЛ, 1983. – 76 с.

СЕЛЕКЦИЯ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ СОРТОВ ДАЙКОНА НА УРОЖАЙНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ

В. В. СКОРИНА, ДЭН ЖУЦЗЕ

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 16.06.2025)

Среди овощных культур особое место занимает дайкон. Оценка исходного материала культуры дайкона по урожайности, экологической стабильности и реакции генотипов на различающиеся условия среды с целью выявления перспективных образцов представляет интерес в селекции культуры.

В статье представлены результаты исследований по оценке интродуцированных сортов дайкона различного происхождения. Установлено, что между сортами по степени реакции на условия среды наблюдается значительная дифференциация. По комплексному показателю (СЦГ) выделены генотипы Чунбао, Саши, Санчибай, DF Биючун, Чжэцзян Дачанг, Хунхуаюйцуй, Московский белый, Байючунь, Ханьцзян Сюэлянь, Фэнцян. Стабильностью признака характеризовались сорта Чунбайю, Мал, Гуань Ши Чуньцзе, Хунхуаюйцуй, Чунлиган, Ханьцзян Сюэлянь, Фэнцян, Гастинец.

Среди сортов дайкона с округлой формой корнеплода по параметрам X_i и OAC_i выделены Сердце Подмосковья, Чунбао. Генотипы с цилиндрической формой корнеплода Чунбайю, DF Биючун, Мал, Гуань Ши Чуньцзе, Дэгаоцин, Хунхуаюйцуй, Байючунь, Ханьцзян Сюэлянь, Санчибай, Фэнцян обладают стабильностью в изменяющихся условиях среды и могут быть рекомендованы для дальнейшей селекционной работы в качестве источников стабильности и высокой урожайности.

Исследованиями выявлено разнообразие среди генотипов по основным параметрам адаптивности, в том числе по СЦГ. Специфика состоит в сочетании максимальных показателей параметров X_i , OAC_i , CAC_i , при значительной отзывчивости на улучшение условий среды (b_i) и средней относительной стабильности. Сорт с низким значением параметра СЦГ может быть высокостабильным и служить источником в селекции изучаемого признака. При высоком значении может быть использован в качестве родительской формы для передачи потомству свойства урожайности в сочетании со стабильностью.

Ключевые слова: дайкон, сорт, урожайность, интродукция, генотип, адаптивность, стабильность.

Daikon occupies a special place among vegetable crops. Evaluation of the initial material of daikon culture by productivity, ecological stability and genotype response to different environmental conditions in order to identify promising samples is of interest in crop breeding.

The article presents the results of studies on the evaluation of introduced daikon varieties of different origin. It has been established that there is significant differentiation between varieties by the degree of response to environmental conditions. According to the complex indicator (SCGI), the following genotypes were distinguished: Chunbao, Sasha, Sanchibai, DF Biyuchun, Zhejiang Dachang, Honghuayucui, Moskovsky Bely, Baiyuchun, Hanjiang Xuelyan, Fengqiang. The following varieties were characterized by the stability of the trait: Chunbaiyu, Mal, Guan Shi Chunjie, Honghuayucui, Chunligang, Hanjiang Xuelyan, Fengqiang, Gastingets. Among the daikon varieties with a round root shape, the following stand out according to the X_i and OAC_i parameters: Serdtse Podmoskovya, Chunbao. Genotypes with a cylindrical root shape: Chunbaiyu, DF Biyuchun, Mal, Guan Shi Chunjie, Degaoqing, Honghuayucui, Baiyuchun, Hanjiang Xuelian, Sanchibai, Fengqiang are stable in changing environmental conditions and can be recommended for further breeding work as sources of stability and high productivity.

Research has revealed diversity among genotypes according to the main adaptability parameters, including SCGI. The specificity consists in a combination of maximum values of the X_i , OAC_i , CAC_i parameters, with significant responsiveness to improved environmental conditions (b_i) and average relative stability. A variety with a low SCGI parameter value can be highly stable and serve as a source in the selection of the studied trait. At a high value it can be used as a parent form to pass on the properties of productivity in combination with stability to the offspring.

Key words: daikon, variety, productivity, introduction, genotype, adaptability, stability.

Введение

Разнообразие культивируемых растений теоретически позволяет решить проблему обеспечения населения овощной продукцией путем введения в культуру новых видов растений, находивших очень ограниченное применение.

Среди овощных культур интерес представляет дайкон, который обладает хорошими вкусовыми качествами, отсутствие остроты, наличие комплекса витаминов, ферментов и других веществ. В условиях Беларуси дайкон стал пользоваться большой популярностью, не только из-за высокой урожайности и относительно короткого вегетационного периода (30–70 дней), но и хорошими вкусовыми показателями [1, 2].

Дайкон (*Rapbanus sativus* L var. *longipinnatis* Baily) – растение семейства Капустные. Культура отличается от традиционных редиса и редьки низким содержанием горчичных масел и характеризуется отличными пищевыми и лекарственными свойствами.

Выделяют четыре группы сортов дайкона – хару (весенние), нацу (летние), они (осенние) и фуло (зимние), которые в зависимости от конкретного сорта различаются как по длине периода вегетационного периода, так и размеру и форме корнеплодов.

Самые ранние сорта дайкона созревают через полтора месяца после посева, более поздние – через три-четыре месяца. Форма корнеплодов чаще всего цилиндрическая, округлая или овальная. Диаметр корнеплодов составляет 5–40 см, длина – 10–60 см. Иногда встречаются отдельные корнеплоды длиной 1,5 метра. Одним из методов распространения дайкона для его успешного возделывания является интродукция сортов культуры [3–7].

Установлено, что при интродукции в новых экологических условиях растения изменяют ритм, скорость, морфологию роста и развития, урожайность и качество продукции.

Рядом исследований подтверждается, что интродукция новых овощных культур из Восточно-Азиатского центра происхождения получила должное распространение в различных регионах не только России, но и других странах.

Одно из важнейших научных направлений повышения эффективности овощеводства – развитие селекции. Новые сорта должны обладать высокой продуктивностью, устойчивостью к неблагоприятному воздействию биотических факторов среды. При этом следует отметить необходимость придания сортам широкого диапазона приспособительных свойств. Значительных результатов практическая селекция может достигнуть при экологической направленности селекционного процесса.

Как указывают ряд исследователей [8, 9, 10 и др.], увеличивающаяся опасность нарушения экологического равновесия и загрязнения окружающей среды свидетельствует о необходимости максимального использования природных ресурсов как растительных (местных и интродуцированных сортов, дикорастущих видов), так и почвенно-климатических (плодородия почвы, солнечной радиации, тепла, влаги). Этот путь, как отмечают В. Ф. Пивоваров, Е. Г. Добруцкая, Н. Н. Балашова [10], требует более глубоких знаний и взаимосвязей в системе «растение – среда», выявление и создание сортов и гибридов, хорошо адаптированных к определенным экологическим условиям.

Современное состояние селекции и сельскохозяйственного производства требует создания специализированных сортов, устойчивых к основным болезням и превосходящих по своим хозяйственно-биологическим признакам, т. е. сочетание в одном сорте высокой потенциальной продуктивности с устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды [11], а также сортов, способных эффективно использовать местные условия роста (солнечную энергию, питательные вещества, воду и т. п.).

Значительный вклад в теоретическое и экспериментальное обоснование экологических методов селекции ряда сельскохозяйственных культур и реализации их в практической селекции внесли исследования ряда ученых [12–20].

Целью исследований являлась оценка параметров адаптивной способности и экологической стабильности и урожайности интродуцированных сортов дайкона.

Основная часть

Исследования проводили на опытном поле кафедры плодовоовощеводства Белорусская государственная сельскохозяйственная академия в 2022–2024 гг. на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Опыты были заложены с соблюдением агротехнических требований по уходу за растениями в течение всего периода наблюдений. Повторность опытов трехкратная, размещение делянок рандомизированное [21]. Экологическое испытание проводили в соответствии с методическими указаниями по экологическому испытанию овощных культур в открытом грунте (Москва, 1981).

Объектами исследований являлись сортообразцы дайкона, интродуцированные из Китая, сорта белорусской и российской селекции.

В задачу входило: определить параметры адаптивной способности и экологической стабильности генотипов дайкона и выделить среди них сорта с высокой урожайностью и экологической стабильностью. Экологическим фоном служили годы испытания. Погодные условия варьировали по годам, что способствовало объективному изучению реакции сортов дайкона на изменяющиеся факторы внешней среды.

Параметры адаптивной способности и экологической стабильности и среды как фона для отбора генотипов определяли по методике А. В. Кильчевского, Л. В. Хотылевой [22, 23].

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 ОАС с учетом стабильности.

Метеорологические условия в годы проведения исследований значительно отличались по температурному режиму воздуха и количеству атмосферных осадков как по годам, так и от средних многолетних данных, что способствовало объективной оценке коллекционного материала по изучаемым признакам.

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 дайкона в различных условиях установлено, что сроки испытания в значительной степени влияют на параметры, изменяя при этом их значения и ранги.

Параметры адаптивной способности и экологической стабильности определяли у сортов дайкона с округлой (6 образцов) и цилиндрической (23 образца) формой корнеплода. В первом наборе (табл. 1) высокой продуктивностью (X_i) обладали сорта Чунбао (48,69), Красный Подмосковный (47,62) и Сердце Подмосковья (46,02). Данные генотипы по рангу занимали 1,2 и 3 места. Разница между минимальным и максимальным значением у генотипов по урожайности составила 2,64 раза. Данные генотипы выделялись и по параметру ОАС_{*i*}.

Таблица 1. Параметры адаптивной способности генотипов дайкона по урожайности, т/га (2022–2024 гг.)

Генотипы	X_i	Ранг	ОАС _{<i>i</i>}	САС _{<i>i</i>}	S_{gi}	b_i	СЦГ _{<i>i</i>}
520	21,67	6	-14,53	69,78	38,54	0,510	10,42
Сердце Подмосковья	46,02	3	9,81	314,86	38,55	1,503	22,12
Красный Подмосковный	47,62	2	11,41	948,12	64,65	2,701	6,16
Чунбао	48,69	1	12,48	147,94	24,97	0,006	32,31
Ман Танхонг	25,41	5	-10,79	151,80	48,47	1,083	8,82
Саша (контроль)	27,81	4	-8,39	4,46	7,60	0,194	24,96
По фактору А	0,665						
По фактору В	0,470						
Общее НСР	1,152						

Из данных сортов, наименьшим значением параметра S_{gi} (относительная стабильность), характеризовались генотипы Чунбао (24,97), образец 520 (38,54) и Сердце Подмосковья (38,55).

Отзывчивость на улучшение условий среды проявляли сорта Сердце Подмосковья ($b_i = 1,503$), Красный Подмосковный ($b_i = 2,701$), Ман Танхонг ($b_i = 1,083$). По комплексному показателю (СЦГ_{*i*}) выделялись генотипы Чунбао – 32,31 и Саша (контроль) – 24,96, что говорит об их стабильности.

При изучении реакции генотипов на среду (b_i) из 6 генотипов 50,0 % отличались нестабильностью с положительной реакцией на среду, а 50,0 % были стабильными. Генотипы 520 и Саша (контроль) отличались стабильностью. Сорт дайкона Чунбао обладал стабильностью и по реакции на среду (b_i) занимал промежуточное положение. В целом данный генотип обладает стабильностью признака «урожайность». По параметрам X_i и ОАС_{*i*} (общая адаптивная способность) среди генотипов установлены достоверные различия.

При сравнительной оценке параметров адаптивной способности и экологической стабильности (табл. 2) во втором наборе наиболее урожайными были сорта Санчибай, DF Биючун, Чжзцзян Дачанг, Хунхуаюйцуй, Московский белый, Байючунь, Ханьцзян Сюэлянь, Фэнцян. Следует выделить высокоурожайные генотипы Фэнцян – 80,80 т/га, Ханьцзян Сюэлянь – 81,06, Байчунь – 101,4 т/га. Для выделенных генотипов характерно и высокое значение параметра ОАС_{*i*} – от 28,69 до 49,29.

Стабильностью признака (S_{gi}) характеризовались сорта Чунбайю, Мал, Гуань Ши Чуньцзе, Хунхуаюйцуй, Чуньлиган, Ханьцзян Сюэлянь, Фэнцян, Гастинец (контроль), которые также отличались высоким значением параметра селекционная ценность генотипа (СЦГ_{*i*}), что свидетельствует об их стабильности в данных условиях возделывания.

Анализ полученных данных при изучении реакции генотипов на среду (рис. 1) в 2022–2044 гг. показал, что по урожайности из 23 образцов (6) или 26 % отличались нестабильностью с положительной реакцией на среду 69,5 % (16) были стабильными.

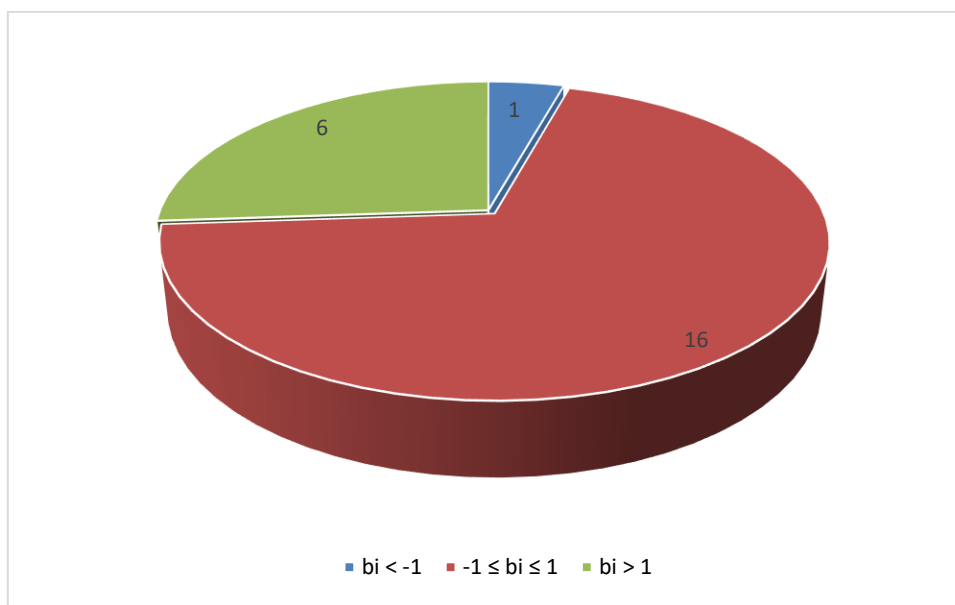


Рис. 1. Реакция генотипов на условия среды

Промежуточное количество генотипов по реакции на условия среды составило 4,3 % (1 генотип).

Таблица 2. Параметры адаптивной способности генотипов дайкона по урожайности, т/га (2022–2024 гг.)

Генотипы	X_i	Ранг	OAC_i	CAC_i	S_{gi}	b_i	CIF_i
Московский белый	72,23	4	20,13	2336,4	66,91	5,45	-22,54
Чунбайю	62,07	7	9,96	8,32	4,64	0,33	56,41
Дуанье 13	48,16	13	-3,94	506,08	46,71	2,33	4,04
DF Биючун	59,39	9	7,29	215,59	24,72	-0,057	30,60
Цзиньша Наньпань чжоу	45,75	15	-6,35	158,24	27,49	-0,014	21,08
Чунбулао Цюцзиньван	33,17	18	-18,92	59,84	23,31	0,561	18,00
Мал	48,96	12	-3,14	12,62	7,25	-0,356	41,99
Чжэцзян Дачанг	69,03	6	16,92	1473,7	55,61	4,35	-6,24
Сякан 40	31,83	19	-20,26	144,9	37,80	0,580	8,23
Гуань Ши Чуньцзе	58,89	10	6,79	39,18	10,62	0,691	46,62
Да Хонгпао	42,80	16	-9,29	435,45	48,74	1,78	1,89
Лу Тоицин	47,89	14	-4,21	844,63	60,68	2,94	-9,09
Гуань Ши Цуй Цин	21,93	23	-30,16	103,02	46,26	0,418	2,03
Дэгаоцин	51,10	11	-1,00	59,84	15,13	0,879	35,93
Хунхуаюйцуй	71,43	5	19,33	22,94	6,70	0,313	62,04
Да Хунфэн	23,54	21	-28,56	8,33	12,25	0,333	17,88
Чуньлиган	27,29	20	-24,81	1,68	4,75	0,171	24,74
Байючунь	101,4	1	49,29	470,9	21,39	2,087	58,85
Ханьцзян Сюэлянь	81,06	2	28,96	38,40	7,64	0,214	68,91
Кесинтия	36,12	17	-15,98	140,15	32,77	-1,355	12,90
Санчибай	60,46	8	8,36	66,28	13,46	0,461	44,50
Фэнцян	80,80	3	28,69	37,97	7,62	0,708	68,71
Гастинец (контроль)	23,01	22	-29,09	0,80	3,90	0,148	21,24
По фактору А	0,948						
По фактору В	0,342						
Общее НСР	1,642						

Самыми нестабильными (S_{gi}) по признаку «урожайность» оказались сорта Московский белый (66,91), Чжэцзян Дачанг (55,61), Лу Тоицин (60,68). Данные генотипы проявляли реакцию (b_i) на условия среды.

Наибольшим значением параметра селекционная ценность генотипа обладали Чунбайю, DF Биючун, Мал, Гуань Ши Чуньцзе, Дэгаоцин, Хунхуаюйцуй, Байючунь, Ханьцзян Сюэлянь, Санчибай, Фэнцян, что говорит об их стабильности. Разница между сортами по продуктивности составила 4,62 раза.

Из общего количества 34,7 % генотипов выделялась по комплексному показателю (СЦГ_i) – Чунбайю (56,41), Мал (41,99), Гуань Ши Чуньцзе (46,62), Хунхуаюйцуй (62,04), Байючунь (58,85), Санчибай (44,50), Фэнцян (68,71).

Заключение

Среди генотипов дайкона в первом наборе по комплексному показателю (СЦГ_i) выделены генотипы Чунбао и Саша. В результате полученных экспериментальных данных во втором наборе наиболее урожайными были сорта Санчибай, DF Биючун, Чжзцзян Дачанг, Хунхуаюйцуй, Московский белый, Байючунь, Ханьцзян Сюэлянь, Фэнцян. Стабильностью признака характеризовались сорта Чунбайю, Мал, Гуань Ши Чуньцзе, Хунхуаюйцуй, Чуньлиган, Ханьцзян Сюэлянь, Фэнцян, Гастинец (контроль) с высоким значением параметра СЦГ_i. В данном наборе по урожайности 26 % генотипов отличались нестабильностью с положительной реакцией на среду 69,5 % были стабильными. Промежуточное количество генотипов по реакции на условия среды составило 4,3 %.

Сорта дайкона с округлой формой корнеплода Сердце Подмоскovie, Чунбао выделяются по параметрам Х_i и ОАС_i. Генотипы с цилиндрической формой корнеплода Чунбайю, DF Биючун, Мал, Гуань Ши Чуньцзе, Дэгаоцин, Хунхуаюйцуй, Байючунь, Ханьцзян Сюэлянь, Санчибай, Фэнцян обладают стабильностью в изучаемых условиях среды и могут быть рекомендованы для селекционной работы в качестве источников стабильности и высокой урожайности.

Таким образом, исследованиями выявлено разнообразие среди генотипов по основным параметрам адаптивности, в том числе по СЦГ_i, что позволяет определить общие свойства у генотипов, отличающихся высоким уровнем параметра СЦГ_i или различия между ними.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кононков, П. Ф. Новые овощные растения / П. Ф. Кононков, М. С. Бунин, С. Н. Конокова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: «Нива России», 1992. – С. 58–68.
2. Дэн Жуцзе Морфо-биологическая оценка сортообразцов дайкона в северо-восточной части Беларуси / Дэн Жуцзе, В. В. Скорина // Вестник Белорус. гос. сельскохозяйств. академии. – 2025. – № 2. – С. 85–89.
3. Бунин, М. С. Интродукция дайкона в Нечерноземье / М. С. Бунин, С. М. Сычѳв // Картофель и овощи. – 1994. – №3. – С. 24–26.
4. Бунин, М. С. Дайкон – качественно новый для России овощ / М. С. Бунин // Картофель и овощи. – 1992. – № 5–6. – С. 10–14.
5. Лудилов, В. А. Всѳ об овощах / В. А. Лудилов, М. И. Иванова. – М., 2010. – С. 98–100.
6. Гвоздѳв, М. В. Формирование показателя урожайности сортов дайкона в зависимости от срока посева / М. В. Гвоздѳв, С. В. Жаркова // International Journal of Humanities and Natural Sciences, 2019. – Vol. 9–1
7. Жученко, А. А. Экологическая генетика культурных растений / А. А. Жученко. – Кишинев: Штиинца, 1980. – 587 с.
8. Кильчевский, А. В. Экологическая селекция растений / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск: Технология, 1997. – 372 с.
9. Пивоваров, В. Ф. Экологическая селекция сельскохозяйственных растений / В. Ф. Пивоваров, Е. Г. Добруцкая, Н. Н. Балашова. – М., 1994. – 204 с.
10. Пивоваров, В. Ф. Экологическая селекция сельскохозяйственных растений / В. Ф. Пивоваров, Е. Г. Добруцкая, Н. Н. Балашова. – М., 1994. – 204 с.
11. Пивоваров, В. Ф. Селекция и семеноводство овощных культур / В. Ф. Пивоваров. – Пенза, 1999. – Т. 1. – 292 с.
12. 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.
13. Жученко, А. А. Экологическая генетика культурных растений / А. А. Жученко. – Кишинев: Штиинца, 1980. – 587 с.
14. Кильчевский, А. В. Генотип и среда в селекции растений / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева; Ин-т генетики и цитологии АН БССР. – Минск: Наука и техника, 1989. – 191 с.
15. Кильчевский, А. В. Экологическая селекция растений / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск: Технология, 1997. – 372 с.
16. Скорина, В. В. Селекция овощных и пряно-вкусовых культур на продуктивность, экологическую стабильность и качество: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.05 / В. В. Скорина; Бел. гос. с.-х. акад. – Горки, 2008. – 43 с.
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. 20–65.
18. Бобкова, О. Н. Оценка параметров адаптивной способности и экологической стабильности при выращивании салата / О. Н. Бобкова, В. В. Скорина // Земледелие и защита растений. – 2019. – № 2. – С. 58–63.
19. Скорина В. В. Комплексная оценка параметров адаптивной способности и экологической стабильности генотипов для селекции чеснока озимого / В. В. Скорина, Вит. В. Скорина // Овощи России. – № 4.– 2023. – С. 58–61.
20. Скорина, В. В. Селекция фасоли овощной (*Phaseolus vulgaris* L.) на продуктивность и экологическую стабильность / В. В. Скорина, Е. В. Панкрутская // Вестник Белорус. гос. сельскохозяйств. академии. – 2023. – № 4.
21. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
22. 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.
23. 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.

СРОКИ ПОСЕВА НИГЕЛЛЫ (*NIGELLA L.*) В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А. Л. ИСАКОВА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: nastyaisakova213@gmail.com

(Поступила в редакцию 20.06.2025)

Нигелла или черный тмин (*Nigella L.*) – однолетнее растение семейства Лютиковые, обладающее лекарственными и декоративными свойствами. В настоящее время широкое применение находит как жирное, так и эфирное масло культуры, а также семена, в качестве специи. Центрами выращивания и экспорта нигеллы являются Индия, Пакистан, Иран и Египет. Наиболее востребованные виды – нигелла посевная (*Nigella sativa*) и нигелла дамасская (*Nigella damascena*). Нигелла – культура больших возможностей и перспектив, поэтому требует детального изучения технологических факторов ее выращивания в конкретных почвенно-климатических условиях и обоснования возможностей получения высоких и постоянных урожаев. В Республике Беларусь ведется разработка технологии возделывания нигеллы отечественных сортов на семенные и товарные цели.

На сегодняшний день в связи с изменением погодных условий в сторону потепления, определение оптимальных сроков сева видов *Nigella L.* в условиях Беларуси является весьма актуальным. Последствия изменения климата в Беларуси оказывают существенное влияние на сектор сельского хозяйства, поэтому целью исследований являлось определение оптимальных сроков сева нигеллы в условиях современного изменения климата.

Сорта Знахарка и Беларускі Духмяны (*N. sativa L.*), Искра и Сунічны Водар (*N. damascena L.*) полноценно развиваются и обладают высокой семенной продуктивностью при посеве весной. Урожайность сорта Знахарка (132 г/м²), Беларускі Духмяны (120 г/м²), Искра (125 г/м²) и Сунічны Водар (115 г/м²). При подзимнем посеве сорта всходят раньше, проходят фазы развития интенсивнее, чем при весеннем сроке посева. Однако растения обладают пониженной семенной продуктивностью, урожайность сорта Знахарка – 105 г/м², Беларускі Духмяны – 100 г/м², Искра – 106 г/м² и Сунічны Водар – 100 г/м². Однако следует отметить: как при весеннем, так и осеннем сроке сева можно получить семенную продукцию, обладающую высокими посевными качествами в условиях Беларуси.

Ключевые слова: сорт; сроки сева; нигелла; селекция, семена.

Nigella or black cumin (Nigella L.) is an annual plant of the Ranunculaceae, which has medicinal and decorative properties. Currently, both fatty and essential oils of the crop, as well as seeds, are widely used as a spice. The centers of nigella cultivation and export are India, Pakistan, Iran and Egypt. The most popular species are Nigella sativa and Nigella damascena. Nigella is a crop of great potential and prospects, therefore it requires a detailed study of the technological factors of its cultivation in specific soil and climatic conditions and justification of the possibilities of obtaining high and constant yields. In the Republic of Belarus, the development of technology for the cultivation of domestic varieties of black cumin for seed and commercial purposes is underway. Today, due to the change in weather conditions towards warming, determining the optimal timing for sowing black cumin (Nigella L.) in the conditions of Belarus is very important. The consequences of climate change in Belarus have a significant impact on the agricultural sector, so the aim of the research was to determine the optimal sowing dates for black cumin (Nigella L.) in the context of modern climate change. The varieties Znaharka and Belaruski Dukhmyany (N. sativa L.), Iskra and Sunichny Vodar (N. damascena L.) develop fully and have high seed productivity when sown in spring. The variety Znaharka (132 g / m²), Belaruski Dukhmyany (120 g / m²), Iskra (125 g / m²) and Sunichny Vodar (115 g / m²). When sown in winter, the varieties emerge earlier, go through the development phases faster than when sown in spring. However, the plants have reduced seed productivity, the yield of the Znaharka variety is 105 g/m², Belaruski Dukhmyany – 100 g/m², Iskra – 106 g/m² and Sunichny Vodar – 100 g/m², but both spring and autumn sowing can produce seed products of high quality in the conditions of Belarus.

Key words: variety; sowing dates; nigella; selection, seeds.

Введение

Нигелла или черный тмин (*Nigella L.*) – однолетнее растение семейства Лютиковые, обладающее лекарственными и декоративными свойствами. В настоящее время широкое применение находит как жирное, так и эфирное масло культуры, а также семена, в качестве специи. Антиоксидантные, противовоспалительные, антиапоптотические и иммуномодулирующие свойства являются основными фармакологическими свойствами нигеллы и тимохинона, которые способствуют их потенциальной пользе для здоровья в отношении широкого спектра заболеваний. Центрами выращивания и экспорта нигеллы являются Индия, Пакистан, Иран и Египет. Наиболее востребованные виды – нигелла посевная (*Nigella sativa*) и нигелла дамасская (*Nigella damascena*). В Республике Беларусь ведется разработка технологии возделывания нигеллы отечественных сортов на семенные и товарные цели [1, 2].

На сегодняшний день в связи с изменением погодных условий в сторону потепления, определение оптимальных сроков сева нигеллы (*Nigella L.*) в условиях Беларуси является весьма актуальным. Последствия изменения климата в Беларуси оказывают существенное влияние на сектор сельского хозяйства, поэтому целью исследований являлось определение оптимальных сроков сева нигеллы (*Nigella L.*) в условиях современного изменения климата [3, 4].

Цель исследования. Нигелла – культура больших возможностей и перспектив, поэтому требует детального изучения технологических факторов ее выращивания в конкретных почвенно-климатических условиях и обоснования возможностей получения высоких и постоянных урожаев.

Основная часть

Исследования проводились в 2022–2024 гг. на учебно-опытных полях учреждения образования сельскохозяйственной академии г. Горки, Могилевской области. Объекты исследований – сорт Знахарка и Беларускі Духмяны (*N. sativa* L.), сорт Искра и Сунічны Водар (*N. damascena* L.). Нами были изучены два срока посева: осенний и весенний. Посев осуществлялся ручной сеялкой, в трех повторениях, площадь учетной делянки – 7 м², схема посева – 45х2 см, возделывание – без применения удобрений, уход заключался в прорывке, культивации, прополке, обработке почвенным гербицидом Сириус, 2,5 л/га до всходов культуры, уборка осуществлялась селекционным комбайном Wintersteiger.

Осенью посев осуществлялся в 3-й декаде сентября (t – 20–22 °С), а также в 3-й декаде октября – 2-й декаде ноября, когда температура окружающей среды в среднем находилась на уровне 8–12 °С. Весенний посев осуществлялся в 3-й декаде апреля – 1-й декаде мая (t – 18–20 °С). За годы проведенных исследований при достаточной увлажненности и температуре воздуха растения нигеллы полноценно развивались и формировали качественные семена. Необходимо отметить, что в 2023 году сумма осадков в мае месяце составила 5,4 мм, что значительно меньше, чем в 2022 и 2024 годах. Так, в 2022 году сумма осадков выше на 54,9 мм, в 2024 году – на 85 мм, однако следует отметить, что продолжительность всходов культуры существенно не отличалась по годам.

В табл. 1. представлены метеорологические данные за годы исследований в период активного роста растений нигеллы.

Почва опытного участка дерново-подзолистая слабоподзоленная легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом мореным суглинком с глубины 1,1 м. Почва имеет среднюю степень окультуренности.

Таблица 1. Метеорологические данные за годы исследований

Месяц/ годы	2022		2023		2024	
	Температура воздуха, °С	Сумма осадков, мм	Температура воздуха, °С	Сумма осадков, мм	Температура воздуха, °С	Сумма осадков, мм
Май	14,6	60,3	16,5	5,4	15,4	90,4
Июнь	22,5	88,0	21,5	46,2	20,6	113,2
Июль	22,5	65,5	22,5	88,5	21,5	110,3
Август	25,6	10,9	25,5	42,8	22,3	64,6
Среднее/Сумма	21,3	224,7	21,5	182,9	19,9	378,5
ГТК	0,86		0,69		1,54	

В табл. 2 представлены фазы и даты массового развития растений нигеллы при весеннем и осеннем сроках сева, а также указана урожайность сортов по годам с м².

Таблица 2. Фазы развития сортов нигеллы при весеннем сроке сева

Фазы/Сорт	Знахарка	Беларускі Духмяны	Искра	Сунічны Водар
Весенний срок сева				
2022 год				
Посев	02.05	02.05	02.05	02.05
Всходы	14.05	13.05	11.05	15.05
3–4 настоящих листьев	30.05	30.05	27.05	28.05
Стеблеобразование	18.06	20.06	18.06	18.06
Бутонизация	01.07	12.07	03.07	10.07
Цветение	20.07	26.07	20.07	22.07
Плодообразование	30.07	08.08	30.07	05.08
Созревание семян	20.08	02.09	17.08	28.08
Урожайность, г/м ²	130	116	124	108
2023 год				
Посев	05.05	05.05	05.05	05.05
Всходы	20.05	16.05	13.05	18.05
3–4 настоящих листьев	05.06	03.06	30.05	08.06
Стеблеобразование	26.06	26.06	22.06	24.06
Бутонизация	12.07	14.07	06.07	10.07

Цветение	18.07	30.07	20.07	20.07
Плодообразование	28.07	14.08	02.08	06.08
Созревание семян	16.08	01.09	15.08	26.08
Урожайность, г/м ²	134	124	130	121
2024 год				
Посев	08.05	08.05	08.05	08.05
Всходы	20.05	20.05	18.05	20.05
3–4 настоящих листьев	08.06	03.06	02.06	04.06
Стеблеобразование	22.06	26.06	28.06	02.07
Бутонизация	04.07	18.07	10.07	14.07
Цветение	16.07	30.07	17.07	20.07
Плодообразование	02.08	12.08	31.07	07.08
Созревание семян	20.08	07.09	20.08	26.08
Урожайность, г/м ²	131	120	120	115
Осенний срок сева				
2022 год				
Посев	27.10	27.10	27.10	27.10
Всходы	15.04	17.04	13.04	22.04
3–4 настоящих листьев	02.05	03.05	01.05	10.05
Стеблеобразование	20.05	24.05	20.05	24.05
Бутонизация	15.06	20.06	12.06	18.06
Цветение	22.06	28.06	27.06	28.06
Плодообразование	02.07	10.07	07.07	08.07
Созревание семян	24.07	08.08	19.07	02.08
Урожайность, г/м ²	102	96	100	95
2023 год				
Посев	03.11	03.11	03.11	03.11
Всходы	20.04	25.04	25.04	20.04
3–4 настоящих листьев	15.05	18.05	16.05	12.05
Стеблеобразование	30.05	04.06	30.05	26.05
Бутонизация	10.06	27.06	18.06	18.06
Цветение	16.06	07.07	28.06	30.06
Плодообразование	02.07	23.07	14.07	10.07
Созревание семян	26.07	14.08	28.07	31.07
Урожайность, г/м ²	108	104	112	104
2024 год				
Посев	12.11	12.11	12.11	12.11
Всходы	22.04	20.04	27.04	24.04
3–4 настоящих листьев	10.05	20.05	18.05	12.05
Стеблеобразование	28.05	10.06	06.06	30.05
Бутонизация	14.06	29.06	20.06	18.06
Цветение	23.06	16.07	05.07	05.07
Плодообразование	11.07	26.07	18.07	27.07
Созревание семян	28.07	10.08	01.08	10.08
Урожайность, г/м ²	104	100	106	102

По результатам исследований было определено, что всходы всех изучаемых сортов нигеллы появлялись через 5–7 дней после посева в последней декаде сентября (25.09, 27.09, 28.09), при снижении температуры до минусовых значений, всходы погибали. При посеве в 3-й декаде октября – 2-й декаде ноября (27.10, 03.11, 12.11) всходы появлялись в весенний период, когда среднесуточная температура устанавливалась на уровне 16–18 °С, период от начала до полных всходов составлял 3–5 дней. При посеве в весенний период в 3-й декаде апреля – 1-й декаде мая всходы отмечались как у сортов *N. sativa*, так и у сортов *N. damascena* через 10–12 дней после посева.

Отмечено, что при весеннем сроке сева сорт Знахарка отличался урожайностью и скороспелостью. Сорт Искра сочетал высокую урожайность и среднюю продолжительность развития. Сунічны Водар являлся средним по всем параметрам, а Беларускі Духмяны – самый продолжительный по фазам развития сорт со средней урожайностью.

Необходимо отметить, что на сегодняшний день оптимальным является весенний срок посева – 3-я декада апреля – 1-я декада мая в северо-восточной зоне Республики Беларусь, сбор семян приходится на 2–3 декаду августа–1 декаду сентября. Подзимний посев также возможен в данной зоне, однако нужно учитывать погодные условия и осуществлять посев семян нигеллы, когда среднесуточная температура будет находиться не выше 6–8 °С. Следует также отметить, что в фазе всходы–3–4 настоящих листа, культура может выдерживать кратковременное понижение температуры до -5 °С. Продолжительность фаз развития нигеллы при весеннем и осеннем сроках сева, в среднем за 2022–2024 гг. представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3. Продолжительность фаз развития нигеллы при весеннем сроке сева (дней), в среднем за 2022–2024 гг.

Фазы/Сорт	Знахарка	Беларускі Духмяны	Искра	Сунічны Водар
посев – всходы	13	11	9	13
всходы – 3–4 настоящих листьев	14	16	16	16
3–4 настоящих листьев – стеблеобразование	18	22	24	22
стеблеобразование – бутонизация	14	21	14	17
бутонизация – цветение	8	14	13	9
цветение – плодообразование	13	13	12	16
плодообразование – созревание семян	14	23	17	21
Вегетационный период	95	109	96	101
Урожайность, г/м ²	132	120	125	115

При осеннем сроке сева сорт Знахарка и Искра отличались урожайностью и скороспелостью. Сорта Сунічны Водар и Беларускі Духмяны являлись средними по всем параметрам.

Необходимо отметить также, что весенний посев устойчиво показывает лучшие результаты по урожайности у всех сортов в сравнении с осенним. Так, урожайность у сорта Знахарка выше на 27 г/м², у сорта Беларускі Духмяны – на 20 г/м², сорта Искра выше на 19 г/м², а у сорта Сунічны Водар оказалась выше на 15 г/м².

Таблица 4. Продолжительность фаз развития нигеллы при осеннем сроке сева (дней), в среднем за 2022–2024 гг.

Фазы/Сорт	Знахарка	Беларускі Духмяны	Искра	Сунічны Водар
всходы – 3–4 настоящих листьев	20	23	20	20
3–4 настоящих листьев – стеблеобразование	17	20	17	15
стеблеобразование – бутонизация	15	23	18	22
бутонизация – цветение	8	13	14	13
цветение – плодообразование	14	13	14	15
плодообразование – созревание семян	20	23	13	20
Вегетационный период	94	115	96	105
Урожайность, г/м ²	105	100	106	100

На рисунке показана урожайность сортов нигеллы и их вегетационный период в среднем за годы исследований.

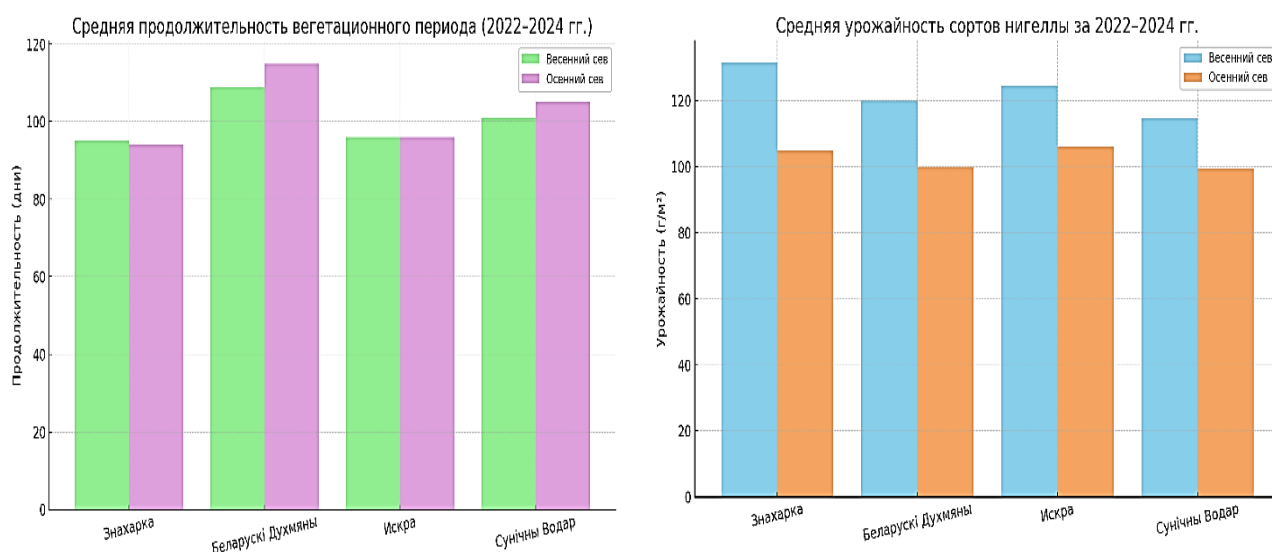


Рис. Урожайность и вегетационный период сортов нигеллы (среднее за 2022–2024 гг.)

При подзимнем (осеннем) сроке посева урожайность, семенная продуктивность растения снижалась за годы исследований в условиях северо-восточной зоны Беларусь, что может быть связано прежде всего с природно-климатическими особенностями зоны выращивания при прохождении определенных фаз развития культуры, а в особенности формирования побегов 1-го и последующих порядков. Данное снижение урожайности в сравнении с посевом в весенний период может нивелироваться внесением комплексных удобрений, листовых микроудобрений и регуляторов роста, а также своевременным внесением гербицидов почвенного и раннего послевсходового действия.

Заключение

Таким образом, сорта Знахарка и Беларускі Духмяны (*N. sativa* L.), Искра и Сунічны Водар (*N. damascena* L.) полноценно развиваются и обладают высокой семенной продуктивностью при посеве весной. Урожайность сорта Знахарка 132 г/м², Беларускі Духмяны 120 г/м², Искра 125 г/м² и Сунічны Водар 115 г/м².

При подзимнем посеве сорта всходят раньше, проходят фазы развития интенсивнее, чем при весеннем сроке посева, но растения обладают пониженной семенной продуктивностью, сорт Знахарка – 105 г/м², Беларускі Духмяны – 100 г/м², Искра – 106 г/м² и Сунічны Водар – 100 г/м². Однако следует отметить, что как при весеннем, так и осеннем сроке сева можно получить семенную продукцию, обладающую высокими посевными качествами в условиях Беларуси.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исакова, А. Л. Некоторые аспекты возделывания черного тмина (*Nigella* L.) в условиях Беларуси / А. Л. Исакова // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: сб. ст. по материалам XXII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня рожд. проф. Д. И. Мельничука., Горки, 28–26 июня 2023 г. / Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: А. С. Мастеров [и др.]. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 95–99.
2. Нигелла в Беларуси: Монография / А. Л. Исакова [и др.] – Горки, 2021. – 120 с.
3. Особенности развития образцов нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.) в условиях северо-восточной зоны Республики Беларусь / А. Л. Исакова [и др.] // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2016. – № 3. – С. 79–82.
4. Оценка изменений агроклиматических ресурсов территории Республики Беларусь в период осеннего сева сельскохозяйственных культур: отчет по НИР (заключительный) / Отв. исполнитель В. И. Мельник; Минск: Институт природопользования НАН Беларуси, № госрегистрации 20212460, 2021. – 64 с.

ВЛИЯНИЕ ФУНГИЦИДНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПИГМЕНТНОГО ФОНДА АССИМИЛИРУЮЩИХ ОРГАНОВ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО В ФАЗЫ ЦВЕТЕНИЯ И БОБООБРАЗОВАНИЯ

Ж. А. РУПАСОВА, С. Н. АВРАМЕНКО, А. В. УШАКОВА,
Е. В. СПИРИДОВИЧ, К. С. ШАНБАНОВИЧ

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220012, e-mail:j.rupasova@cbg.org.by

И. Г. БРУЙ, Ю. А. КАРАПЕТЯН

РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию»,
г. Жодино, Республика Беларусь, 222160

(Поступила в редакцию 15.07.2025)

Приведены результаты сравнительного исследования в опытной культуре изменений в составе комплекса фотосинтезирующих пигментов ассимилирующих органов люпина узколистного при испытании 4 систем защиты растений от фитопатогенов с двукратным комбинированным применением в фазы бутонизации и цветения фунгицидных препаратов Ревистар Топ, КЭ (0,5 л/га) и Скор, КЭ (0,2 л/га), Серкадис, КС (0,8 л/га) и Пиктор Актив, КС (0,5 л/га), а также Импакт эксклюзив, КС (0,5 л/га) и Солигор, КЭ (0,8 л/га) соответственно и использованием в качестве контроля варианта с обработками фунгицидом Прозаро, КЭ (0,8 л/га). Установлено, что лишь применение препаратов Ревистар Топ, КЭ и Скор, КЭ оказало значительное позитивное влияние на накопление в листовой ткани зеленых пластидных пигментов, особенно хлорофилла b, при отсутствии значимых изменений в содержании желтых пигментов. При использовании остальных парных комбинаций фунгицидов выявлено, напротив, ингибирование биосинтеза и хлорофиллов, и каротиноидов в листовой ткани, особенно в фазу цветения, наиболее выраженное при обработках препаратами Серкадис, КС и Пиктор Актив, КС и менее значительное при использовании препаратов Импакт эксклюзив, КС и Солигор, КЭ, причем на стадии бобообразования обеднение пигментного фонда зелеными пигментами при нормализации их состава проявилось менее контрастно, чем в период цветения, при отсутствии подобных различий в содержании желтых пигментов. Показано, что, независимо от стадии сезонного развития растений, обработки препаратом Прозаро, КЭ по степени влияния на исследуемые характеристики пигментного фонда пластид занимали промежуточное положение между системой защиты с использованием фунгицидов Ревистар Топ, КЭ и Скор, КЭ, способствующей его обогащению хлорофиллами, и системой с использованием препаратов Импакт эксклюзив, КС и Солигор, КЭ, обеспечивающей противоположный эффект.

Ключевые слова: люпин узколистный, фенофазы цветения и бобообразования, ассимилирующие органы, системы защиты от фитопатогенов, фунгицидные препараты, фотосинтезирующие пигменты, хлорофиллы, каротиноиды.

The article presents the results of a comparative study of changes in the composition of the complex of photosynthetic pigments of the assimilating organs of narrow-leaved lupine in an experimental crop when testing 4 systems of plant protection against phytopathogens with a double combined application in the budding and flowering phases of the fungicide preparations Revistar Top, EC (0.5 l/ha) and Skor, EC (0.2 l/ha), Sercadis, KS (0.8 l/ha) and Pictor Active, KS (0.5 l/ha), as well as Impact Exclusive, KS (0.5 l/ha) and Soligor, EC (0.8 l/ha), respectively, and using as a control the variant with treatments with the fungicide Prozar, EC (0.8 l/ha). It was found that only the use of Revistar Top, KE and Skor, KE preparations had a significant positive effect on the accumulation of green plastid pigments in the leaf tissue, especially chlorophyll b, in the absence of significant changes in the content of yellow pigments. When using other paired combinations of fungicides, on the contrary, inhibition of the biosynthesis of both chlorophylls and carotenoids in the leaf tissue was revealed, especially in the flowering phase, which was most pronounced when treated with Sercadis, KS and Pictor Active, KS and less significant when using Impact Exclusive, KS and Soligor, KE preparations, and at the stage of bean formation, the depletion of the pigment fund of green pigments with the normalization of their composition was manifested less contrastingly than during the flowering period, in the absence of such differences in the content of yellow pigments. It was shown that, regardless of the stage of seasonal development of plants, treatment with Prozar, EC in terms of the degree of influence on the studied characteristics of the pigment fund of plastids occupied an intermediate position between the protection system using the fungicides Revistar Top, EC and Skor, EC, promoting its enrichment with chlorophylls, and the system using the preparations Impact Exclusive, KS and Soligor, EC, providing the opposite effect.

Key words: narrow-leaved lupine, flowering and bean formation phenophases, assimilating organs, protection systems from phytopathogens, fungicidal preparations, photosynthetic pigments, chlorophylls, carotenoids.

Введение

Повышенный интерес аграриев Беларуси к культуре люпина узколистного обусловлен, прежде всего, тем, что его надземные части являются важнейшим сырьевым источником кормового белка, введение которого в рацион сельскохозяйственных животных обуславливает существенное повышение их продуктивности. Наряду с этим способность корневых выделений растений люпина к высвобождению питательных элементов из прочносвязанного состояния с переводом в доступные формы обеспечивает их значительное накопление в фитомассе, что впоследствии оказывает положительное влияние на уровень почвенного плодородия. В настоящее время в Государственный реестр Республики Беларусь включен ряд сортов люпина, способных продуцировать до 50 ц/га зерна и более 500 ц/га

зеленой массы, тем более что почвенно-климатические условия республики являются весьма благоприятными для их культивирования.

Вместе с тем не существует таксонов данного вида, как, впрочем, и других сельскохозяйственных растений, абсолютно устойчивых к фитопатогенам, среди которых наиболее опасными являются антракноз, бактериозы и фузариозные корневые гнили, поражающие растения на самом раннем этапе развития. Как показал практический опыт, введение в технологический процесс возделывания люпина любых химических средств, в том числе фунгицидов, является весьма сильным стрессовым фактором и зачастую оказывает негативное влияние на ростовую функцию и развитие растений, обусловленное ингибированием работы фотосинтетического аппарата. Вместе с тем эти агенты должны не только препятствовать проникновению в растения фитопатогенов, но и активизировать в них защитные реакции пролонгированного действия в отношении данного негативного фактора, при повторном возникновении которого должна происходить не только локализация болезнетворных микроорганизмов в очагах их проникновения со снижением способности к размножению, но и обеспечиваться включение механизмов, повышающих устойчивость растений в целом к негативным абиотическим факторам.

В настоящее время создан ряд высокоэффективных фунгицидных препаратов нового поколения, в связи с чем представлялось необходимым провести сравнительную оценку их эффективности в посевах нового сорта люпина узколистного Искандер универсального направления использования, что и было осуществлено в рамках задания «Оптимизация элементов технологии возделывания люпина узколистного с целью повышения на 8–10 % реализации генетического потенциала его продуктивности и улучшения качества зерна» ГНТП «Инновационные агропромышленные технологии в АПК» (2023–2028 гг.). В условиях опытной культуры были испытаны 4 варианта системы защиты растений люпина от фитопатогенов, предусматривающие двукратное применение в фазы бутонизации и симподиальных побегов ветвления (ВВСН 50-52) и цветения (ВВСН 59-60) 7 видов фунгицидных препаратов, при чередовании действующих веществ различных классов в зависимости от стадии сезонного развития растений. Так, при обработках последних в фазы ВВСН 50-52 и ВВСН 59-60 в 1-м варианте опыта, выбранном в качестве контроля, в обоих случаях был применен препарат *Прозаро, КЭ* (0,8 л/га), во 2-м – соответственно *Ревистар Топ, КЭ* (0,5 л/га) и *Скор, КЭ* (0,2 л/га), в 3-м – соответственно *Серкадис, КС* (0,8 л/га) и *Пиктор Актив, КС* (0,5 л/га), а в 4-м варианте – препараты *Импакт эксклюзив, КС* (0,5 л/га) и *Солигор, КЭ* (0,8 л/га).

Исследования проводили на опытном участке РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на среднеоккультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развитой на легком песчаном суглинке, подстилаемом с глубины 30–50 см рыхлым песком, с содержанием гумуса в пахотном горизонте 1,9 %, подвижных соединений фосфора и калия – 325 и 527 мг/кг почвы соответственно. Опыты закладывали в четырехкратной повторности с размером опытной делянки 72 м². Технология возделывания люпина узколистного предусматривала внесение фосфорных (60 кг д.в/га) и калийных (120 кг д.в/га) удобрений осенью под вспашку, азотных – в дозе 60 кг/га д.в. под предпосевную культивацию. Посев проведен 28.03.2025 г. с нормой высева семян 1,2 млн. всхожих зерен на гектар.

Заметим, что в многочисленных публикациях отечественных и зарубежных авторов [1–17] убедительно показано, что фунгициды, тестируемые на различных сельскохозяйственных культурах, в большинстве случаев проявляли доказанное положительное действие. При этом они не только обеспечивали защиту от фитопатогенов, но и позволяли получать прибавку урожая производимой продукции при улучшении ее качественных характеристик. Вместе с тем установлена также способность данных препаратов оказывать значительное влияние и на физиологическое состояние культуров, что указывало на необходимость оценки его основных наиболее информативных характеристик. На наш взгляд, важнейшим критерием ответной реакции опытных растений на применение испытываемых фунгицидов являлось выявление соответствующих изменений в пигментном комплексе пластид ассимилирующих органов на основных стадиях сезонного развития, определяющих активность фотосинтетических процессов, а следовательно, и темпы формирования надземной фитомассы.

Для оценки состояния пигментного фонда хлоропластов ассимилирующих органов люпина узколистного, в свежих усредненных пробах листовой ткани определяли содержание сухих веществ – по ГОСТ 31640-2012 [18], фотосинтезирующих пигментов – хлорофиллов *a* и *b* по методу Т.Н. Годнева [19] и суммы каротиноидов – по ГОСТ 8756.22-80 [20]. Все определения выполнены в 2-кратной биологической и 3-кратной аналитической повторностях. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel. Отбор растительных образцов произведен на 6-й (фаза цветения–ВВСН 63-65) и на 28 день (фаза бобообразования – ВВСН 7071) после второй обработки фунгицидами.

Цель исследования – определение влияния фунгицидных препаратов на формирование пигментного фонда ассимилирующих органов люпина узколистного в фазы цветения и бобообразования.

Основная часть

Общеизвестно, что обработки растений фунгицидными препаратами, как и другие внешние воздействия, являются сильным стрессовым фактором, в связи с чем следовало ожидать значительного их влияния на состояние пигментного фонда пластид ассимилирующих органов опытных растений. Напомним, что сравнительное повариантное исследование содержания в них зеленых и желтых фотосинтезирующих пигментов после двукратных обработок растений серией испытываемых препаратов проводили дважды за период вегетации – в фазы цветения (ВВСН 63-65) и бобообразования (ВВСН 70-71). При этом были апробированы 4 варианта их защиты от фитопатогенов, различавшиеся набором фунгицидов на обозначенных этапах сезонного развития растений, за исключением варианта с применением *Прозаро*, выбранного в качестве контроля.

В результате данных исследований установлено, что на стадии цветения содержание сухих веществ в листовой ткани растений, дважды по схеме обработанных фунгицидными препаратами, варьировалось в рамках эксперимента в весьма узком диапазоне, составлявшем 13,0–15,9 %. При этом достоверным превышением контрольного уровня данного показателя отмечены варианты с обработками *Ревистар Топ+Скор* и *Серкадис+Пиктор Актив* при отставании от него варианта с использованием *Импакт эксклюзив + Солигор*. Как следует из табл.1, в данный период суммарное содержание хлорофиллов в сухой массе листовой ткани было относительно невысоким и варьировалось по вариантам опыта в диапазоне 44,8–110,5 мг/100 г, в том числе хлорофилла *a* – 38,1–88,8 мг/100 г, хлорофилла *b* – 6,7–46,4 мг/100 г, а общее содержание желтых пигментов было также незначительным и не превышало 5,0–7,2 мг/100 г. Приведенные показатели оказались вполне сопоставимы с результатами, полученными для культуры люпина белорусскими и российскими исследователями [21, 22].

Заметим, что обработки растений испытываемыми препаратами оказали наиболее существенное влияние на темпы биосинтеза зеленых пластидных пигментов на стадии цветения растений, о чем свидетельствовала значительная ширина диапазонов варьирования в рамках эксперимента не только их общего количества, но и содержания отдельных форм. При этом максимальные значения данных показателей выявлены во 2-м варианте опыта с последовательными обработками препаратами *Ревистар Топ и Скор*, оказавшими наибольшее стимулирующее влияние на формирование хлорофилльного комплекса, тогда как минимальные значения его характеристик установлены в 3-м варианте, что свидетельствовало, напротив, о наиболее сильном ингибирующем воздействии на него препаратов *Серкадис и Пиктор Актив*. Обращает на себя внимание значительное подавление биосинтеза хлорофилла *b* не только в последнем случае, но даже в большей степени на фоне обработок растений по схеме *Импакт эксклюзив+Солигор*, что обусловило увеличение соотношения содержания хлорофиллов *a* и *b* в этих вариантах опыта до 5,8 и 10,6 соответственно против 1,4 и 2,1 при применении препаратов по схеме *Ревистар Топ+Скор* и *Прозаро+Прозаро* (см. табл. 1). В работах ряда исследователей [1, 2, 4, 7, 9] также есть указания на проявление подобного эффекта при обработке растений фунгицидными препаратами, объяснение которому авторы находят в токсичном воздействии последних на состояние хлоропластов, проявляющемся в повреждении их структуры, препятствующем синтезу хлорофиллов и способствующем их разрушению. Наряду с этим ими показано, что некоторые фунгициды способны ингибировать работу ферментов, участвующих в биосинтезе фотосинтезирующих пигментов, особенно в метаболических путях, ведущих к образованию хлорофилла *b*, что и вызывает относительный дефицит последнего по сравнению с хлорофиллом *a*. При этом исследователи отмечают более высокую чувствительность хлорофилла *b* к воздействию некоторых фунгицидов или их компонентов, что способствует подавлению его биосинтеза или ускорению разрушения.

Несмотря на то, что хлорофилл *a* является основным компонентом фотосинтетической системы растений, а хлорофилл *b* играет лишь вспомогательную роль в сборе и передаче световой энергии, выявленное в эксперименте столь интенсивное снижение его содержания в ассимилирующих органах люпина при использовании 3-го и 4-го вариантов фунгицидной защиты (см. табл. 1) косвенно свидетельствовало о наиболее сильном нежелательном влиянии обработок данными препаратами на фотосинтетические процессы, что впоследствии могло привести к снижению продуктивности растений. Вместе с тем, несмотря на весьма низкое содержание в листовой ткани люпина желтых пластидных пигментов и чрезвычайно узкий диапазон его варьирования в рамках эксперимента, только на фоне обработок растений двумя этими препаратами установлено достоверное снижение общего количества каротиноидов относительно контроля. Заметим, что в фазу цветения в трансформации пигментного фонда ассимилирующих органов при обработках фунгицидами *Ревистар Топ+Скор* и *Импакт эксклюзив+Солигор* темпы биосинтеза хлорофиллов в большей степени, нежели в контроле, достоверно превосходили таковые каротиноидов на фоне статистически значимого отставания от него по данному признаку при использовании варианта защиты *Серкадис+Пиктор Актив*.

Таблица 1. Содержание хлорофиллов и каротиноидов в ассимилирующих органах растений люпина узколистного в фазы цветения (ВВСН 63-65) и бобообразования (ВВСН 70-71) на фоне обработок фунгицидными препаратами (мг на 100 г сухой массы)

Варианты опыта	Хлорофилл а		Хлорофилл b		Хлорофилл а /Хлорофилл b	
	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t
Фаза ВВСН 63-65						
1. Прозаро (0,8 л/га) двукратно- Контр.	57,6±0,2		27,6±0,4		2,1±0,1	
2. Ревистар Топ (0,5 л/га) + Скор (0,2 л/га)	64,1±0,5	11,3*	46,4±0,6	24,9*	1,4±0,1	-29,3*
3. Серкадис (0,8 л/га) + Пиктор Актив (0,5 л/га)	38,1±1,0	-19,3*	6,7±0,6	-29,2*	5,8±0,3	10,7*
4. Импакт эксклюзив (0,5 л/га) + Солигор (0,8 л/га)	88,8±2,1	14,9*	8,4±0,4	-32,4*	10,6±0,3	26,0*
Фаза ВВСН 70-71						
1. Прозаро (0,8 л/га) двукратно- Контр.	60,0±0,1		24,0±0,6		2,5±0,1	
2. Ревистар Топ (0,5 л/га) + Скор (0,2 л/га)	65,3±0,3	20,2*	31,3±0,1	12,6*	2,1±0,1	-6,8*
3. Серкадис (0,8 л/га) + Пиктор Актив (0,5 л/га)	52,4±0,3	-22,0*	21,2±0,1	-4,7*	2,5±0,1	-0,4
4. Импакт эксклюзив (0,5 л/га) + Солигор (0,8 л/га)	54,1±0,6	-10,2*	22,5±0,1	-2,8*	2,4±0,1	-1,5
	Сумма хлорофиллов а и b		Сумма каротиноидов		Сумма хлорофиллов / Сумма каротиноидов	
	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t	$\bar{x} \pm s_x$	t
Фаза ВВСН 63-65						
1. Прозаро (0,8 л/га) двукратно- Контр.	85,2±0,6		6,9±0,1		12,3±0,1	
2. Ревистар Топ (0,5 л/га) + Скор (0,2 л/га)	110,5±1,2	19,1*	7,2±0,2	1,6	15,4±0,5	5,5*
3. Серкадис (0,8 л/га) + Пиктор Актив (0,5 л/га)	44,8±1,6	-24,0*	5,0±0,3	-6,5*	9,1±0,4	-7,8*
4. Импакт эксклюзив (0,5 л/га) + Солигор (0,8 л/га)	97,2±2,5	4,7*	5,9±0,2	-5,6*	16,5±0,1	28,8*
Фаза ВВСН 7-71						
1. Прозаро (0,8 л/га) двукратно- Контр.	84,0±0,6		9,0±0,1		9,3±0,1	
2. Ревистар Топ (0,5 л/га) + Скор (0,2 л/га)	96,6±0,2	20,3*	9,0±0,1	-0,8	10,8±0,1	16,4*
3. Серкадис (0,8 л/га) + Пиктор Актив (0,5 л/га)	73,6±0,3	-15,9*	7,2±0,2	-11,3*	10,3±0,2	5,1*
4. Импакт эксклюзив (0,5 л/га) + Солигор (0,8 л/га)	76,5±0,6	-9,1*	7,5±0,1	-19,2*	10,2±0,1	14,1*

Примечание. Звездочка (*) – статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с контролем при $p < 0,05$.

Аналогичные исследования с ассимилирующими органами растений люпина в фазу бобообразования на фоне двукратного применения фунгицидов, являющихся парными компонентами 4 испытываемых систем защиты растений от фитопатогенов, выявили заметное сходство с предыдущей стадией развития по содержанию в листовой ткани сухих веществ, варьировавшемуся в рамках эксперимента в диапазоне 14,7–17,1 % при достоверном превышении контрольного уровня на фоне обработок препаратами *Ревистар Топ+Скор* и особенно *Импакт Эксклюзив+Солигор* и отсутствии различий с ним при применении варианта защиты *Серкадис+Пиктор Актив*.

Сравнительный анализ состояния пигментного фонда листьев на данной стадии сезонного развития растений люпина выявил также заметное сходство в содержании хлорофиллов *a* и *b* при двукратном применении *Прозаро* (см табл. 1). Это представляется нам весьма логичным, учитывая роль данного варианта опыта при испытании систем защиты от фитопатогенов в качестве контроля. В остальных же вариантах наблюдалось заметное нивелирование межвариантных различий в общем содержании зеленых пигментов по сравнению с фазой цветения до 73,6–96,6 мг/100 г против 44,8–110,5 мг/100, обусловленное активизацией накопления обеих форм хлорофилла при обработках препаратами *Серкадис+Пиктор Актив*, а также ингибированием биосинтеза хлорофилла *b* при применении схемы *Ревистар Топ+Скор* и противоположными по знаку изменениями в содержании хлорофиллов *a* и *b* при использовании варианта *Импакт эксклюзив+Солигор*. Выявленное сближение в рамках полевого эксперимента основных характеристик хлорофилльного комплекса ассимилирующих органов люпина на стадии бобообразования нашло отражение в нормализации соотношения количеств хлорофиллов *a* и *b*, подтверждаемой существенным сужением диапазона варьирования данного показателя по сравнению с фазой цветения до 2,1–2,5 против 1,4–10,6. На наш взгляд, это свидетельствовало об определенной стабилизации фотосинтетического аппарата ассимилирующих органов растений в результате их адаптации к стрессовому воздействию фунгицидных препаратов. Что касается комплекса желтых пластидных пигментов, то на стадии бобообразования во всех вариантах опыта наблюдалось усиление их накопления по сравнению с предыдущим этапом развития растений до 7,2–9,0 мг/100 г против 5,0–7,2 мг/100 г на фоне заметного нивелирования межвариантных различий соотношения количеств хлорофиллов и каротиноидов, варьировавшегося в диапазоне 9,3–10,8 против 9,1–16,5 мг (см. табл. 1).

Поскольку основной задачей настоящих исследований являлось выявление варианта опыта с наиболее выраженным позитивным либо наименьшим негативным влиянием испытываемых фунгицидных препаратов на фотосинтетический аппарат растений люпина, то на обеих стадиях их сезонного развития проведено определение статистически значимых относительных различий тестируемых вариантов опыта с контролем (обработки фунгицидом *Прозаро*) по содержанию в листьях зеленых и желтых пластидных пигментов, результаты которого приведены в табл. 2.

Таблица 2. Относительные различия тестируемых вариантов опыта с контролем по содержанию фотосинтезирующих пигментов в ассимилирующих органах растений люпина узколистного в фазы ВВСН 63-65 и ВВСН 70-71 на фоне двукратного применения фунгицидных препаратов, %

Показатели	Фаза ВВСН 63-65			Фаза ВВСН 70-71		
	Варианты фунгицидной защиты					
	2.Ревистар Топ+Скор	3.Серкадис+ Пиктор Актив	4.Импакт эксклюзив+Солигор	2.Ревистар Топ+Скор	3.Серкадис+ Пиктор Актив	4.Импакт эксклюзив+Солигор
Хлорофилл a	+11,3	-33,9	+54,2	+8,8	-12,7	-9,8
Хлорофилл b	+68,1	-75,7	-69,6	+30,4	-11,7	-6,3
Сумма хлорофиллов	+29,7	-47,4	+14,1	+15,0	-12,4	-8,9
Сумма каротиноидов	–	-27,5	-14,5	–	-20,0	-16,7
Суммарный эффект	+109,1	-174,7	-15,8	+54,2	-56,8	-41,7

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

Как и следовало ожидать, на стадии цветения лидирующее положение в активизации биосинтеза первых, особенно хлорофилла *b*, принадлежало варианту опыта с обработками препаратами *Ревистар Топ+Скор* при сопоставимых с контролем темпах биосинтеза каротиноидов, тогда как наиболее выраженное ингибирующее влияние на накопление последних, как, впрочем, и зеленых пигментов, особенно хлорофилла *b*, оказало применение фунгицидов *Серкадис+Пиктор Актив*. Заметим, что на фоне обработок препаратами *Импакт эксклюзив+Солигор* отмечена наиболее значительная в эксперименте активизация биосинтеза хлорофилла *a*, сочетавшаяся со столь же существенным, как и при использовании фунгицидов *Серкадис+Пиктор Актив*, подавлением биосинтеза хлорофилла *b* при заметном отставании от контроля в накоплении желтых пластидных пигментов.

На стадии бобообразования, наблюдалась довольно близкая этой картина ответной реакции пигментного комплекса ассимилирующих органов, но вместе с тем характеризовавшаяся заметным ослаблением проявления выявленных тенденций (см. табл. 2). При этом в единственном варианте опыта с комбинированным применением в системе защиты препаратов *Ревистар Топ* + *Скор* установлено их значительное позитивное влияние на накопление в листовой ткани зеленых пластидных пигментов, особенно хлорофилла *b*, с превышением контрольного уровня их общего содержания соответственно на 30 % и 15 %, при отсутствии значимых различий с ним в содержании желтых пигментов. Наиболее существенное нежелательное влияние на состояние фотосинтетического аппарата опытных растений оказало комбинированное применение в системе защиты фунгицидов *Серкадис*+*Пиктор Актив*, обусловившее ингибирование биосинтеза и желтых, и зеленых пластидных пигментов, наиболее значительное в фазу цветения, с отставанием от контроля их содержания при обработках первым препаратом на 28 и 76 %, а вторым – на 12 и 20 %. Наименее выраженное отрицательное воздействие на накопление в листовой ткани фотосинтезирующих пигментов оказало применение системы защиты от фитопатогенов с использованием препаратов *Импакт эксклюзив*+*Солигор*, обусловившее в период цветения превышение на 54 % контрольного уровня содержания хлорофилла *a* при отставании от него на 70 % такового хлорофилла *b*, что привело в итоге к увеличению их общего количества на 14 % и сопровождалось отставанием на 14 % от контроля в содержании каротиноидов. При этом на стадии бобообразования степень обеднения пигментного фонда хлорофиллами уступала таковой в период цветения и не превышала 9%, тогда как для снижения содержания каротиноидов величина данного показателя была сопоставима с установленной на предыдущей стадии и составляла 17 % (см. табл. 2).

Вместе с тем при столь разноплановой картине трансформации пигментного комплекса фотосинтетического аппарата под действием испытываемых систем защиты от фитопатогенов на разных стадиях сезонного развития растений, для интегральной оценки степени влияния данного фактора на содержание хлорофиллов и каротиноидов был определен суммарный эффект. Для этого в каждом варианте опыта проведено суммирование относительных размеров статистически значимых различий исследуемых показателей с контролем (обработки препаратом *Прозаро*), с учетом их знака (см. табл. 2). Как и следовало ожидать, только использование в эксперименте системы защиты с комбинированным применением на обозначенных этапах сезонного развития растений фунгицидов *Ревистар Топ* + *Скор* способствовало существенной активизации биосинтеза фотосинтезирующих пигментов, тогда как в остальных случаях получен отрицательный эффект, наиболее значительный при применении системы защиты с чередованием обработок препаратами *Серкадис*+*Пиктор Актив* и минимальный – при использовании системы защиты с применением препаратов *Импакт эксклюзив*+*Солигор*. При этом, независимо от стадии сезонного развития растений, обработки препаратом *Прозаро* по степени влияния на исследуемые характеристики пигментного комплекса пластид листьев люпина занимали промежуточное положение между лидирующей системой защиты и системой с использованием фунгицидов *Импакт эксклюзив*+ *Солигор*.

Заключение

В результате сравнительного исследования в опытной культуре изменений в составе пигментного комплекса ассимилирующих органов люпина узколистного при испытании 4 вариантов системы защиты растений от фитопатогенов, предусматривающей комбинированное двукратное применение фунгицидных препаратов *Ревистар Топ*, КЭ (0,5 л/га) и *Скор*, КЭ (0,2 л/га), *Серкадис*, КС (0,8 л/га) и *Пиктор Актив*, КС (0,5 л/га), а также *Импакт эксклюзив*, КС (0,5 л/га) и *Солигор*, КЭ (0,8 л/га) соответственно и использование в качестве контроля варианта с двукратным применением фунгицида *Прозаро*, КЭ (0,8 л/га) установлено, что лишь применение препаратов по схеме *Ревистар Топ*, КЭ+*Скор*, КЭ оказало значительное позитивное влияние на накопление в листовой ткани зеленых пластидных пигментов, особенно хлорофилла *b*, при отсутствии значимых изменений в содержании желтых пигментов. При использовании остальных парных комбинаций фунгицидов выявлено, напротив, ингибирование биосинтеза и хлорофиллов, и каротиноидов в листовой ткани растений, особенно в фазу цветения, наиболее выраженное при обработках препаратами *Серкадис*, КС+*Пиктор Актив*, КС и менее значительное при использовании препаратов *Импакт эксклюзив*, КС+*Солигор*, КЭ, причем на стадии бобообразования обеднение пигментного фонда зелеными пигментами при нормализации их состава проявилось менее контрастно, чем в период цветения, при отсутствии подобных различий в содержании желтых пигментов. Показано, что, независимо от стадии сезонного развития растений, обработки фунгицидом *Прозаро*, КЭ по степени влияния на исследуемые характеристики пигментного фонда пластид занимали промежуточное положение

между системой защиты с использованием препаратов *Ревистар Топ, КЭ+Скор, КЭ*, способствующей его обогащению хлорофиллами, и системой с использованием фунгицидов *Импакт эксклюзив, КС+Солигор, КЭ*, обеспечивающей противоположный эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физиологические эффекты действия на растения фунгицидов триазольной природы / Т. П. Побежимова [и др.] // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2019. – Т. 9. – 3. – 461–475.
2. Лукпанов, Ж. Л. Изменение основных физиологических и биохимических показателей пшеницы под влиянием пестицидов. Защита зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков / Ж. Л. Лукпанов // Труды Казахского научно-исследовательского института защиты растений. – Алма-Ата, 1973. – Т. XII. – С. 202–207.
3. Федулов, Ю. П. Фотосинтез и урожай / Ю. П. Федулов, Ю. В. Подушин // В кн. Фотосинтез и дыхание растений: учеб. пособие. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – С. 51–57
4. Effects of pyraclostrobin on leaf diseases, leaf physiology, yield and quality of durum wheat under Mediterranean conditions / J. T. Tsialtas [et al.]. Crop Protection, 2018. – 113: 48–55.
5. Увеличение продолжительности жизни листьев пшеницы при обработке растений фунгицидом / А. А. Иванов [и др.] // Физиология и биохимия культурных растений. – 2013. – Т. 45. – 2. – С. 164–172.
6. Влияние удобрений и фунгицидов на фитосанитарное, физиологическое состояние и продуктивность зерновых культур / Н. Н. Лысенко [и др.] // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012. – 4 (37). – 14–20.
7. Макаров, В. И. Влияние удобрений и средств химической защиты растений на фотосинтетическую деятельность и урожай озимой пшеницы / В. И. Макаров, В. В. Коломейченко // Удобрения и мелиоранты в интенсивном земледелии Центрально-Чернозёмной зоны Сборник научных трудов Воронежского сельскохозяйственного института имени К. Д. Глинки. – Воронеж, 1989. – С. 59–68.
8. Кошкин Е. И. Физиологические эффекты фунгицидов и гербицидов / Е. И. Кошкин // В кн. Патопфизиология сельскохозяйственных культур: учеб. пособие. – Москва: Проспект, 2016. – С. 87–106.
9. Modern Fungicides: Mechanisms of Action, Fungal Resistance and Phytotoxic effects. Annual Research & Review in Biology / E. V. Baibakova [et al.], 2019. – 3 (32): 1–16.
10. Fungicide Difenconazole Induced Biochemical and Developmental Toxicity in Wheat (*Triticum aestivum* L.). PlantsLiu, R. [etal.], 2021.-10: 2304. <https://doi.org/10.3390/plants10112304>.
11. Юрин, В. М. Пестициды и растение: влияние на ион-транспортные системы плазматической мембраны: монография / В. М. Юрин [и др.]. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2011. – С. 23–30.
12. Байбакова, Е. В. Физиологические аспекты повышения устойчивости проростков пшеницы и ячменя к ретардантному действию фунгицидов: дисс. ... кандидата сельскохозяйственных наук / Е. В. Байбакова. – Волгоград, 2022. – 59–61, 111–116.
13. The influence of cyproconazole, fludioxonil and preparations on their basis on the growth of wheat and barley, and grains contamination with fungal diseases. / E. V. Baybakova [et al.] // Conference: The All-Russian Scientific Conference with International Participation and Schools of Young Scientists “Mechanisms of resistance of plants and microorganisms to unfavorable environmental”, 2018: 102–105.
14. Effects of fungicides JS399-19, azoxystrobin, tebuconazole, and carbendazim on the physiological and biochemical indices and grain yield of winter wheat. / Yan-Jun Zhang [et al.] // Pesticide Biochemistry and Physiology, 2010.-98; 151–157.
15. Physiological, biochemical, and nutritional parameters of wheat exposed to fungicide and foliar fertilizer. / L. N. Marques [et al.] // Semina: Ciências Agrárias, Londrina, 2016. – Vol. 37; 3: 1243–1254.
16. Multi-aspect Comparative Investigation on the Use of Strobilurin and Triazole - based Fungicides for Winter Wheat Disease Control. Fungicides / I. Gaurilčikienė [et al.], 2010: 69–94.
17. Physiological Effects of the Fungicide Azoxystrobin on Wheat Seedlings under Extreme Heat. / LAN Chiu-Yueh [et al.] // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 2019. 47 (3): 683–690. <https://doi.org/10.15835/nbha47311448>.
18. Методы определения сухих веществ: ГОСТ 8756.2-82. – Введ. 01.01.1983. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 5 с.
19. 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.
20. 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.
21. Содержание хлорофилла у люпина и ячменя в одновидовом и люпино-злаковом агроценозе / А. С. Кононов, М. Ю. Никитушкина // Вестник Брянского государственного университета, -2008. – №4. – С. 44–48.
22. Некоторые физиологические и биохимические показатели сортов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius*), возделываемых в условиях Витебской области / И. М. Морозова [и др.] // Веснік ВДУ, 2013. – № 1(73). – С. 28–33.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ НА ЯЧМЕНЕ ОЗИМОМ ПРИ ПОСЕВЕ В РАННИЕ И ПОЗДНИЕ ОПТИМАЛЬНЫЕ СРОКИ СЕВА

И. Г. БРУЙ, Е. И. ЛУЖИНСКАЯ, В. В. ХОЛОДИНСКИЙ

РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию»,
г. Жодино, Республика Беларусь, 222160

(Поступила в редакцию 15.07.2025)

В Беларуси ячмень больше воспринимается и возделывается как яровая культура, но в последние годы ячмень озимый привлекает к себе наибольший интерес, благодаря хорошему сочетанию скороспелости и высокой урожайности. Однако, несмотря на некоторые преимущества озимого перед ячменем яровым, и увеличение удельного веса в структуре площадей эта культура все еще занимает небольшой процент [1]. В последнее время расширились и экспериментальные программы по изучению технологии возделывания ячменя, в которых изучаются возможные приемы интенсивного земледелия. Ряд авторов утверждает, что необходимы дополнительные исследования по уточнению норм высева, сроков сева, с учетом сортовых и почвенно-климатических особенностей, а также в связи с появлением новых эффективных средств защиты растений расширяются возможности адаптировать те или иные агроприемы к конкретным условиям произрастания.

В статье приведены результаты исследования эффективности предпосевного обеззараживания семян ячменя озимого протравителем Кинто Дуо, КС, (2,5 л/т) и Систива, КС (0,75 л/т), которое повышает полевую всхожесть и перезимовку культуры в среднем на 7,5–23,8 % и 5,3–18,7 % и обеспечивает рост урожайности зерна на 4,4–9,9 ц/га (11,1–31,7 %) за счет формирования и сохранения достоверно большей плотности продуктивного стеблестоя на 9,6–17,0 %. Причем рост урожайности выше при посеве в ранние оптимальные сроки сева. Установлено, что при посеве в ранние оптимальные сроки сева увеличение нормы высева семян с 3,0 до 4,0 млн. зерен/га приводит к снижению урожайности на 4,6 ц/га; при посеве в поздние оптимальные сроки не оказывает значимого влияния на урожайность.

Ключевые слова: ячмень озимый, протравливание семян, норма высева, срок сева, перезимовка, урожайность.

In Belarus, barley is more often perceived and cultivated as a spring crop, but in recent years, winter barley has attracted the greatest interest due to its good combination of early maturity and high yield. However, despite some advantages of winter barley over spring barley, and the increase in the specific weight in the structure of areas, this crop still occupies a small percentage. Recently, experimental programs for studying barley cultivation technology have expanded, in which possible methods of intensive farming are studied. A number of authors argue that additional research is needed to clarify seeding rates, sowing dates, taking into account varietal and soil-climatic features, and in connection with the emergence of new effective plant protection products, the possibilities for adapting certain agricultural practices to specific growing conditions are expanding. The article presents the results of a study of the effectiveness of pre-sowing disinfection of winter barley seeds with the seed treatment agent Kinto Duo, KS (2.5 l/t) and Sistiva, KS (0.75 l/t), which increases field germination and overwintering of the crop by an average of 7.5–23.8 % and 5.3–18.7 % and ensures an increase in grain yield by 4.4–9.9 c/ha (11.1–31.7 %) due to the formation and maintenance of a significantly higher density of productive stems by 9.6–17.0 %. Moreover, the yield increase is higher when sowing in the early optimal sowing dates. It was found that when sowing at early optimal sowing dates, increasing the seeding rate from 3.0 to 4.0 million grains/ha leads to a decrease in yield by 4.6 c/ha; when sowing at late optimal dates, it does not have a significant effect on yield.

Key words: winter barley, seed treatment, seeding rate, sowing date, overwintering, yield.

Введение

В последнее время расширились и экспериментальные программы по изучению технологии возделывания ячменя, где изучаются возможные приемы интенсивного земледелия [2]. Ряд авторов утверждает, что необходимы дополнительные исследования по уточнению норм высева, сроков сева, с учетом сортовых и почвенно-климатических особенностей, а также в связи с появлением новых эффективных средств защиты растений расширяются возможности адаптировать те или иные агроприемы к конкретным условиям произрастания [3–6].

Исследования проводили с 2015 по 2018 гг. на опытном участке РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на среднеоккультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком песчаном суглинке, подстилаемом с глубины 30–50 см рыхлым песком, с содержанием гумуса в пахотном горизонте 1,9–2,1 %, фосфора и калия – 325–348 и 462–527 мг/кг почвы соответственно. Опыты закладывали в четырехкратной повторности. Размер опытной делянки 20 м². Технология возделывания согласно общепринятым рекомендациям. Посев проводили 02 сентября и 12–15 сентября с нормой высева семян 3,0 и 4,0 млн. всхожих зерен на гектар. В качестве протравителей использовали препараты Кинто Дуо, КС (2,5 л/т) и Систива, КС (0,75 л/т).

Цель исследований заключалась в изучении эффективности протравливания семян ячменя озимого сорта Циндерелла при посеве в ранние и поздние оптимальные сроки сева при норме высева семян.

Основная часть

Установлено, что протравливание семенного материала фунгицидными препаратами Кинто Дуо, КС и Систива, КС оказывает значительное влияние на полевую всхожесть семян ячменя озимого. При посеве непротравленными семенами (далее «контроль») полевая всхожесть составила в среднем 77,9–73,3 % при посеве 2 сентября и 83,1–79,6 % при посеве 12–15 сентября (табл. 1; 2). При этом число растений на одном метре квадратном составило в среднем 233,7–293,2 шт. и 249,3–318,4 шт. соответственно.

Предпосевная обработка семян ячменя озимого протравителем Кинто Дуо, КС, (2,5 л/т) повышала число взошедших растений на 22,0–41,2 шт/м², или в среднем на 7,5–12,9 % (табл. 2). Эффективность препарата Систива, КС, (0,75 л/т) несколько выше: число взошедших растений повысилось в среднем по опыту на 32,1–55,8 шт/м², или на 10,7–23,8 % относительно контрольного варианта.

Таблица 1. Влияние протравителей на полевую всхожесть ячменя озимого при норме высева 4,0 млн зерен/га

Вариант	Норма расхода	Год исследований			Среднее, %	± к контролю, %
		2015	2016	2017		
Посев 02 сентября						
Контроль		76,5	62,5	81,0	73,3	
Кинто Дуо, КС	2,5 л/т	85,0*	69,5*	82,0	78,8	7,5
Систива, КС	0,75 л/т	88,0*	73,5*	97,0	86,1	17,5
Среднее по опыту		83,2	68,5	86,7	79,4	
<i>HCP</i> 05		6,1	6,0	4,9		
Посев 12–15 сентября						
Контроль		74,0	75,0	89,8	79,6	
Кинто Дуо, КС	2,5 л/т	90,3*	83,0*	96,5*	89,9	12,9
Систива, КС	0,75 л/т	96,0*	92,0*	92,0	93,3	17,2
Среднее по опыту		86,8	83,3	92,8	87,6	
<i>HCP</i> 05		6,2	6,0	5,7		

Положительное отклонение к варианту Кинто Дуо, КС, видимо, связано с известными свойствами флуксопироксада стимулировать развитие корневой системы и выживаемость растений. Больше в сравнении с контролем число вошедших растений в вариантах протравливания обусловило и большие показатели полевой всхожести семян ячменя озимого при различных нормах высева семян. В варианте Кинто Дуо, КС, (2,5 л/т) полевая всхожесть была выше контрольного варианта при первом сроке сева в среднем на 7,5–9,4 % и составила 78,8–85,3 % и на 9,5–12,9 % при втором сроке сева, где рассматриваемый показатель составил 89,9–92,6% (табл. 1; 2). Протравливание семян препаратом Систива, КС, в норме расхода 0,75 л/т повышало полевую всхожесть семян в сравнении с контролем при первом сроке сева в среднем на 17,5–23,8 %, которая составила 86,1–96,5 % и на 10,7–17,2 % при втором сроке сева, где рассматриваемый показатель составил 89,9–92,6%.

Таблица 2. Влияние протравителей на полевую всхожесть ячменя озимого при норме высева 3,0 млн. зерен/га

Вариант	Норма расхода	Год исследований			Среднее, %	± к контролю, %
		2015	2016	2017		
Посев 02 сентября						
Контроль		74,6	78,0	81,0	77,9	
Кинто Дуо, КС	2,5 л/т	94,0*	80,0	82,0	85,3	9,4
Систива, КС	0,75 л/т	95,3*	97,3*	97,0	96,5	23,8
Среднее по опыту		88,0	85,1	86,7	86,6	
<i>HCP</i> 05		7,0	6,3	4,7		
Посев 12–15 сентября						
Контроль		87,3	74,0	88,0	83,1	
Кинто Дуо, КС	2,5 л/т	94,7*	90,3*	92,7	92,6	9,5
Систива, КС	0,75 л/т	94,7*	96,0*	90,6	93,8	10,7
Среднее по опыту		92,2	86,8	90,4	89,8	
<i>HCP</i> 05		6,4	5,8	5,1		

Необходимо отметить, что сроки сева не оказывают значимого влияния на полевую всхожесть семян в целом. При посеве ячменя 2 сентября в среднем полевая всхожесть составила 79,4–86,6 %, а при посеве в оптимально-поздние сроки сева – 87,6–89,8 % (рис. 1).



Рис. 1. Сроки сева ячменя озимого

ЯЧМЕНЬ: основные элементы агротехники

Сохраняемость растений в период зимовки зависит от многих условий. Важное значение имеет фаза развития растений перед уходом в зиму. По мнению многих специалистов, ни у одной другой зерновой культуры сроки сева не имеют такого большого значения, как у озимого ячменя. Для успешной перезимовки растения ячменя озимого должны сформировать 2–3 побега кушения [7]. Для этого им необходимо 40–50 дней вегетации с суммой положительных температур 450–550 °С. Поэтому сроки сева озимого ячменя должны устанавливаться дифференцированно для каждого региона и зоны возделывания, т.к. во многом зависят от складывающихся условий [2].

В опытах установлено (табл. 3; 4), что в целом перезимовка ячменя озимого сорта Циндерелла незначительно отличалась при посеве в ранний и поздний оптимальные сроки сева. При посеве 2 сентября перезимовка в среднем по опыту составила 68,6–73,1, а 12–15 сентября – 70,1–75,1 % соответственно. Продолжительный теплый осенний период вегетации в годы проведения исследований позволил растениям раскуститься, накопить достаточный запас сахаров и хорошо перезимовать.

В опытах установлено, что использование препарата Кинто Дуо, КС в норме расхода 2,5 л/т для предпосевной обработки семян увеличило перезимовку на двух сроках сева и в двух нормах высева в среднем на 5,3–13,7 %. Влияние протравителя Систива, КС в норме расхода 0,75 л/т на рассматриваемый показатель было выше – перезимовка ячменя повысилась на 10,4–18,7 % (табл. 3; 4, рис. 2).

Таблица 3. Влияние протравителей на перезимовку ячменя озимого при норме высева 3,0 млн./га

Вариант	Норма расхода	Год исследований			Среднее, %	± к контролю, %
		2015/2016	2016/2017	2017/2018		
Посев 02 сентября						
Контроль		91,1	66,7	45,5	67,8	
Кинто Дуо, КС	2,5 л/т	84,3	76,7*	58,4*	73,1	5,3
Систива, КС	0,75 л/т	91,6	79,5*	64,4*	78,5	10,7
Среднее по протравит.		88,0	78,1	61,4	75,8	8,0
Среднее по опыту		89,0	74,3	56,1	73,1	
НСР ₀₅		7,3	7,9	8,6		
Посев 12–15 сентября						
Контроль		71,8	76,4	38,2	62,1	
Кинто Дуо, КС	2,5 л/т	77,5	89,2*	60,7*	75,8	13,7
Систива, КС	0,75 л/т	76,8	83,6*	57,1*	72,5	10,4
Среднее по протравит.		77,2	86,4	58,9	74,2	12,1
Среднее по опыту		75,4	83,1	52,0	70,1	
НСР ₀₅		не дост.	6,8	8,4		



Рис. 2. Ячмень озимый весной

Таблица 4. Влияние протравителей на перезимовку ячменя озимого при норме высева 4,0 млн. зерен/га

Вариант	Норма расхода	Год исследований			Среднее, %	± контролю, %
		2015/2016	2016/2017	2017/2018		
Посев 02 сентября						
Контроль		62,7	71,2	40,1	58,0	
Кинто Дуо, КС	2,5 л/т	68,8	94,2*	50,0*	71,0	13,0
Систива, КС	0,75 л/т	81,8*	83,5*	64,7*	76,7	18,7
Среднее по протравит.		75,3	88,9	57,4	73,9	15,8
Среднее по опыту		71,1	83,0	51,6	68,6	
НСР ₀₅		7,8	8,4	8,1		
Посев 12–15 сентября						
Контроль		87,2	82,5	34,1	67,9	
Кинто Дуо, КС	2,5 л/т	92,3	88,6	52,6*	77,8	9,9
Систива, КС	0,75 л/т	90,0	88,4	60,6*	79,7	11,8
Среднее по протравит.		91,2	88,5	56,6	78,8	10,9
Среднее по опыту		89,8	86,5	49,1	75,1	
НСР ₀₅		не дост.	7,1	7,9		

В целом протравливание семян ячменя фунгицидами Систива, КС и Кинто Дуо, КС повысило перезимовку ячменя озимого при посеве в норме высева 3,0 млн. всхожих зерен на 8,0–12,1 %, при посеве в норме высева 4,0 млн. зерен – на 10,9–15,8 %, т. е. значимость протравливания возростала с увеличением нормы высева семян (рис. 3).

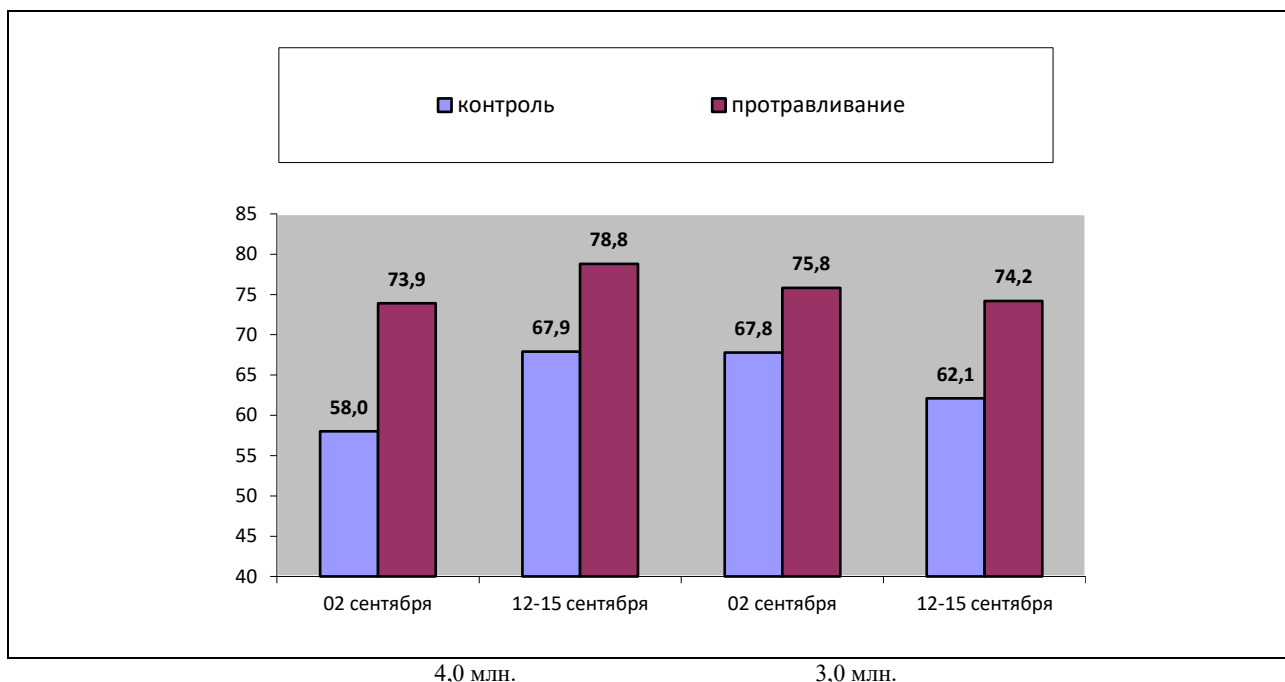


Рис. 3. Влияние протравливания на перезимовку ячменя озимого, %

Урожайные данные свидетельствуют, что наибольшую урожайность ячмень озимый формировал при посеве 3,0 млн. всхожих зерен на гектар – 42,1–42,5 ц/га независимо от срока посева и при посеве 4,0 млн. в середине сентября – 43,0 ц/га (табл. 5; 6).

Таблица 5. Влияние протравителей на урожайность ячменя озимого при норме высева 3,0 млн. зерен/га, ц/га

Вариант	Год исследований			Среднее	± к контролю	
	2016	2017	2018		ц/га	%
Посев 02 сентября						
Контроль	50,2	44,4	20,7	38,4		
Кинто Дуо, КС. 2,5 л/т	55,1*	50,3*	29,6*	45,0	6,6	17,1
Систива, КС. 0,75 л/т	52,8	54,6*	24,9*	44,1	5,7	14,7
Среднее по протравит.	54,0	52,5	27,3	44,6	6,1	15,9
Среднее по опыту	52,7	49,8	25,1	42,5		
<i>НСР₀₅</i>	4,8	5,4	4,1			
Посев 12–15 сентября						
Контроль	48,3	45,0	22,8	38,7		
Кинто Дуо, КС. 2,5 л/т	52,4*	50,3*	30,7*	44,5	5,8	14,9
Систива, КС. 0,75 л/т	53,8*	48,9	27,1*	43,3	4,6	11,8
Среднее по протравит.	53,1	49,6	28,9	43,9	5,2	13,4
Среднее по опыту	51,5	48,1	26,9	42,1		
<i>НСР₀₅</i>	4,1	5,0	3,2			

Эффективность протравливания семенного материала отличалась по годам исследований. Так, в 2015/2016 гг. на норме высева 3,0 млн. зерен при перезимовке в среднем в вариантах протравливания 77,2–88,0 % (табл. 3) прибавка урожайности составила в среднем 3,8–4,8 ц/га (табл. 5). На норме высева 4,0 млн. зерен при перезимовке на уровне 75,3–91,2 % (табл. 4) прибавка урожайности составила 3,5–10,5 ц/га (табл. 6). В 2016/2017 гг. на норме высева 3,0 млн. зерен и перезимовке 78,1–86,4 % в вариантах протравливания было получено зерна больше в сравнении с контролем на 4,6–8,1 ц/га. При посеве 4,0 млн. зерен и перезимовке в вариантах протравливания 88,5–88,9 % прибавка составила 2,5–13,5 ц/га.

Так, в 2017/2018 гг. на норме высева 3,0 млн. зерен при перезимовке в среднем в вариантах протравливания 58,9–61,4 % прибавка урожайности составила в среднем 6,1–6,4 ц/га (табл. 5). На норме высева 4,0 млн. зерен при перезимовке на уровне 56,6–57,4 % прибавка урожайности в среднем по протравителям составила 5,4–7,8 ц/га (табл. 6).

Таблица 6. Влияние протравителей на урожайность ячменя озимого при норме высева 4,0 млн/га, ц/га

Вариант	Год исследований			Среднее	± контролю	
	2016	2017	2018		ц/га	%
Посев 02 сентября						
Контроль	42,3	34,9	16,9	31,4		
Кинто Дуо, КС. 2,5 л/т	51,4*	47,9*	23,5*	40,9	9,6	30,5
Систива, КС. 0,75 л/т	54,1*	48,8*	21,0*	41,3	9,9	31,7
Среднее по протравит.	52,8	48,4	22,3	41,1	9,8	31,1
Среднее по опыту	49,3	43,9	20,5	37,9		
НСР ₀₅	5,1	4,7	4,1			
Посев 12–15 сентября						
Контроль	48,3	52,6	18,9	39,9		
Кинто Дуо, КС. 2,5 л/т	53,3*	54,6	26,1*	44,7	4,7	11,9
Систива, КС. 0,75 л/т	50,2	55,6	27,3*	44,4	4,4	11,1
Среднее по протравит.	51,8	55,1	26,7	44,5	4,6	11,5
Среднее по опыту	50,6	54,3	24,1	43,0		
НСР ₀₅	3,8	5,5	3,9			

Протравитель семян Кинто Дуо, КС в норме расхода 2,5 л/га обеспечил рост урожайности на 3,0 млн. 5,8–6,6 ц/га, или 14,9–17,1 %, на 4,0 млн. – 4,7–9,6 ц/га, или 11,9–30,5 %. Прирост урожайности зерна при применении протравителя Систива, КС в норме расхода 0,75 л/га составил 4,6–5,7 ц/га, или 11,8–14,7 % и 4,4–9,9 ц/га, или 11,1–31,7 % соответственно.

В 2016/2017 гг. на норме высева 3,0 млн. зерен и перезимовке 78,1–86,4 % в вариантах протравливания было получено зерна больше в сравнении с контролем на 4,6–8,3 ц/га. При посеве 4,0 млн. зерен и перезимовке в вариантах протравливания 88,5–88,9 % дополнительная урожайность составила 2,5–13,5 ц/га.

Необходимо отметить, что хозяйственная эффективность протравителей выше при посеве в ранние оптимальные сроки сева – из 12 случаев в 11 получен достоверный рост урожайности и составил в среднем по опытам 6,1–9,8 ц/га, или 15,9–31,1 %. При посеве в поздние оптимальные сроки достоверный рост урожайности протравители обеспечили в 6 случаях из 12, который составил 4,6–5,2 ц/га, или 11,5–13,4 % в среднем на двух нормах высева (табл. 5; 6).

Анализ структуры урожайности зерна ячменя озимого показал ее зависимость от плотности продуктивного стеблестоя. Наиболее тесная корреляционная связь $r=0,743$ установлена между числом продуктивных стеблей и урожайностью в год с самой низкой перезимовкой (2017/2018 гг.). Сопряженная изменчивость формирования урожайности и плотности продуктивного стеблестоя описывается уравнением полинома второго порядка ($R^2=0,552$) (рис. 4):

$$Y = -0,000x^2 + 0,506x + 12,12, \quad (1)$$

где Y – урожайность, % к контролю; X – число колосьев, шт/м².

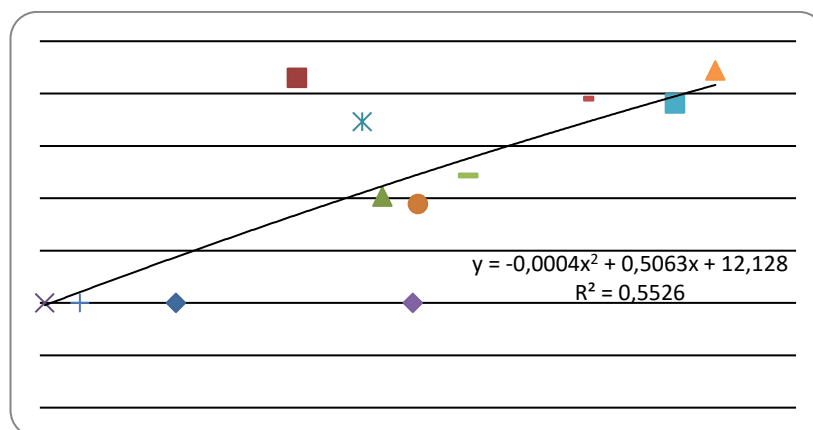


Рис. 4. Связь урожайности и плотности продуктивного стеблестоя ячменя озимого

В обоих вариантах протравливания семян сформировалась большая плотность продуктивного стеблестоя независимо от срока посева и нормы высева. В среднем за три года на норме высева 3,0 млн. протравители повысили рассматриваемый показатель на 48–60 шт/м², или на 48,0–61,0 %. На опыте, где высевали 4,0 млн. протравители повысили рассматриваемый показатель на 51–73 шт/м², или на 11,1–16,2 % (рис. 5).

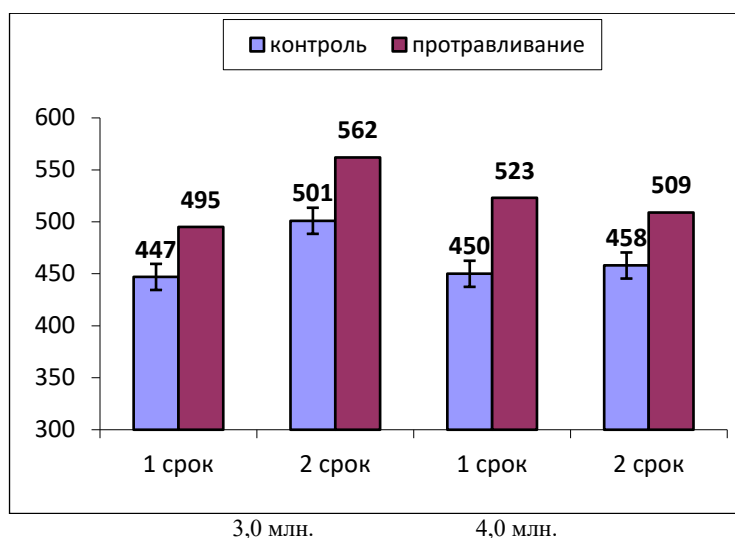


Рис. 5. Плотность продуктивного стеблестоя ячменя озимого (среднее 2016–2018 гг.)

Масса 1000 зерен и число зерен в колосе в опыте изменялись в пределах ошибки и не оказывали достоверного влияния на формирование урожайности по вариантам.

Заключение

1. Предпосевная обработка семян ячменя озимого протравителем Кинто Дуо, КС, в норме расхода 2,5 л/т повышает полевую всхожесть и перезимовку культуры в среднем на 7,5–12,9 % и 5,3–13,7 %; препаратом Систива, КС в норме расхода 0,75 л/т на 10,7–23,8 % и 10,4–18,7 % соответственно. Значимость протравливания возрастает с увеличением нормы высева семян.

2. Протравители семян Кинто Дуо, КС и Систива, КС обеспечили рост урожайности зерна на уровне 4,7–9,6 ц/га (11,9–30,5 %) и 4,4–9,9 ц/га (11,1–31,7 %) за счет формирования и сохранения большей плотности продуктивного стеблестоя на 9,6–17,0 и 11,0–15,3 % соответственно.

3. При посеве в ранние оптимальные сроки сева озимого ячменя увеличение нормы высева семян с 3,0 до 4,0 млн. зерен на га приводит к снижению урожайности зерна в среднем по опыту с 42,5 до 37,9 ц/га, т. е. на 4,6 ц/га. При посеве в поздние оптимальные сроки сева озимого ячменя увеличение нормы высева семян не оказывает значимого влияния на урожайность – прибавка составила 0,9 ц/га в среднем по опыту за 2016–2018 гг.

4. Хозяйственная эффективность протравителей Кинто Дуо, КС и Систива, КС выше при посеве в ранние оптимальные сроки сева и составляет в среднем 6,1–9,8 ц/га, или 15,9–31,1 %. При посеве в поздние оптимальные сроки достоверный рост урожайности составил 4,6–5,2 ц/га, или 11,5–13,4%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яцкевич, И. И. Оценка исходного материалов озимого ячменя на зимостойкость в условиях Минской области / И. И. Яцкевич // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., 18 мая 2012 г., Гродно в 2 ч. / УО «Гродненский аграрный университет». – Гродно, 2012. – Ч. 1: Агронимия, защита растений, зоотехния, ветеринария. – С. 135–136.

2. Яцкевич, И. И. Озимый ячмень в Беларуси: особенности культуры и осенние элементы технологии / И. И. Яцкевич // Наше сельское хозяйство: журнал настоящего хозяина. – 2010. – № 8. – С. 22–25.

3. Найденов, А. С. Интенсификация технологии возделывания озимого ячменя на Северном Кавказе: автореф. дис. д-ра с.-х. наук: 06.01.09 / Найденов Александр Семёнович; Кубан. Гос. аграр. ун-т – Краснодар, 1991. – 54 с.

4. Влияние сроков сева, норм высева семян, азотных удобрений и пестицидов на урожайность зерна озимого ячменя в условиях Беларуси / Т. М. Булавина [и др.] // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»; редкол.: Ф. И. Привалов (гл.ред.) [и др.]. – Несвиж: Нежсвижская укрупненная типогр. им. С. Буденого, 2011. – Вып. 47. – С. 49–58.

5. Adebisi, M. Interrelationship between seed vigour traits and field performance in new rice for Africa (Nerica) genotypes (*Oryza sativa* L.). / M. Adebisi, F. Okelola, C. Alake, M. Ayo-Vaughan, M. Ajala // Journal of Agricultural Science and Environment. – 2010. – V. 10(2) – С. 15–24.

6. Основные факторы, определяющие перезимовку и продуктивность озимого ячменя в условиях Беларуси / Л. А. Булавин [и др.] // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. / Гроднен. гос. аграр. ун-т; редкол. В. К. Пестис (гл. ред.) [и др.]. – Гродно, 2012. – Т. 16 – С. 32–43.

7. Сенченко, В. Г. Озимый ячмень в Беларуси / В. Г. Сенченко, И. И. Яцкевич // Белорусское сельское хозяйство. – 2009. – №8. – С. 8–10.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТЕРИЛЬНЫХ ФОРМ В СЕЛЕКЦИИ ТОМАТА ЧЕРРИ И ВОЗДЕЛЫВАНИЕ СОЗДАННЫХ НА ИХ ОСНОВЕ РАЙОНИРОВАННЫХ ГИБРИДОВ

А. Г. ХМАРСКИЙ, М. М. ДОБРОВЬКИН, Т. В. НИКОНОВИЧ,
Н. Ю. ЛЕЩИНА, А. М. ДОБРОВЬКИН

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

А. В. КИЛЬЧЕВСКИЙ

ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси»
г. Минск, Республика Беларусь, 220027

(Поступила в редакцию 18.06.2025)

Для достижения высоких урожаев томатов необходимо создавать сорта и гибриды с высокими показателями хозяйственно ценных признаков, что обеспечивает эффективность производства и качество продукции при минимальных затратах труда. В последние годы особое внимание уделяется разработке сортов и гибридов томата черри, которые активно используются в общественном питании и ресторанном бизнесе. Их преимущество заключается в том, что содержание сухих веществ (антиоксидантов, витаминов, сахаров) в них в 1,5–2 раза выше, чем у крупноплодных форм. Процесс получения гибридных семян томатов требует значительных затрат ручного труда, что и обуславливает их высокую стоимость. Применение исходных материнских форм с функциональной мужской стерильностью позволяет сократить затраты ручного труда, в сравнении с технологией на фертильной основе, в 14,1 раза и обеспечивает экономию 513,2 ч/часов при производстве одного килограмма гибридных семян.

По результатам исследований, проведенных в 2021–2023 годах, три гибридные комбинации томатов черри с высокими значениями хозяйственно ценных признаков 2023 году были переданы в Государственную инспекцию по испытанию и охране сортов растений под названием Бася F₁, Редлорд F₁ и Сорс F₁. В Государственном испытании на хозяйственную полезность в грунтовых теплицах выявлено превышение гибридов томата черри по товарной урожайности над контролем Артемон F₁ – Бася F₁ на 2,0 кг/м², Редлорд F₁ на 3,1 кг/м², и Сорс F₁ на 2,9 кг/м².

Выращивание гибридов томата черри, включенных в Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений Республики Беларусь с 2025 года в раздел производственного возделывания, в грунтовых теплицах позволяет получить дополнительный чистый доход у гибрида Бася F₁ до 92668,5 руб/га; у гибрида Редлорд F₁ до 143637,0 руб/га; у гибрида Сорс F₁ до 134368,5 руб/га.

Ключевые слова: томат черри, гибрид, грунтовые теплицы, урожайность, эффективность, сортоиспытание, чистый доход, функциональная мужская стерильность.

To achieve high yields of tomatoes, it is necessary to create varieties and hybrids with high indicators of economically valuable traits, which ensures production efficiency and product quality with minimal labor costs. In recent years, special attention has been paid to the development of cherry tomato varieties and hybrids, which are actively used in public catering and the restaurant business. Their advantage is that the content of dry matter (antioxidants, vitamins, sugars) in them is 1.5–2 times higher than in large-fruited forms. The process of obtaining hybrid tomato seeds requires significant manual labor, which determines their high cost. The use of original maternal forms with functional male sterility allows to reduce manual labor costs, in comparison with the technology on a fertile basis, by 14.1 times and provides savings of 513.2 h/hour in the production of one kilogram of hybrid seeds. Based on the results of research conducted in 2021–2023, three hybrid combinations of cherry tomatoes with high values of economically valuable traits were transferred to the State Inspectorate for Testing and Protection of Plant Varieties in 2023 under the names Basya F₁, Redlord F₁ and Source F₁. The State Test for Economic Utility in Ground Greenhouses revealed that cherry tomato hybrids exceeded the Artemon F₁ control in commercial yield by 2.0 kg/m², Redlord F₁ by 3.1 kg/m², and Sors F₁ by 2.9 kg/m².

Growing cherry tomato hybrids included in the State Register of Agricultural Plant Varieties of the Republic of Belarus since 2025 in the production cultivation section in ground greenhouses allows for additional net income of up to 92,668.5 rubles/ha for the Basya F₁ hybrid; up to 143,637.0 rubles/ha for the Redlord F₁ hybrid; up to 134,368.5 rubles/ha for the Sors F₁ hybrid.

Key words: cherry tomato, hybrid, ground greenhouses, yield, efficiency, variety testing, net income, functional male sterility.

Введение

Экономическая эффективность результатов научных исследований играет ключевую роль в определении их практической ценности в сельскохозяйственном производстве. Создание новых сортов и гибридов томатов черри отвечает на растущий спрос в общественном питании и ресторанной индустрии, где эти маленькие, сладкие плоды становятся популярным ингредиентом для салатов и других блюд. Томаты черри благодаря своему высокому содержанию химических веществ, таких как антиоксиданты, витамины и сахара, становятся более привлекательными как для потребителей, так и для производителей. Это делает их не только вкусными, но и полезными. Повышенная

концентрация этих веществ способствует улучшению здоровья человека и снижает риск онкологического заболевания, что увеличивает их коммерческую и потребительскую ценность. Однако без семян невозможно получить растения, следовательно, необходимо вести семеноводство сортов и гибридов, включенных в Государственный реестр.

Ежегодное воспроизводство гибридных семян у томата связано с большими затратами ручного труда (кастрация, изоляция, маркировка цветков), что является одной из причин, сдерживающих широкое возделывание гетерозисных гибридов томата [1, 2].

По мнению многих селекционеров и генетиков, сокращение затрат ручного труда возможно при использовании самостерильных форм томатов, не требующих заблаговременной кастрации с изоляцией цветков. Селекционеры и генетики пришли к выводу, что экономически выгодно получать гибридные семена, не прибегая к кастрации цветков, если выход их достигает 90–95 % [3]. Кроме того, по данным А. В. Алпатьева [4], при скрещивании без кастрации цветков получено на 37 % больше гибридных семян, чем с кастрацией. Таким образом, одним из наиболее удобных способов, позволяющих получать необходимое количество дешевых гибридных семян, является использование при гибридизации стерильных форм в качестве материнского компонента [5–9]. При этом исключаются трудоемкие процессы – кастрация, изоляция, маркировка опыленных цветков. Это делает гибридные семена более дешевыми и доступными для возделывания на больших площадях как в открытом, так и закрытом грунте [10].

Создание новых гибридов томатов черри не только отвечает современным требованиям рынка, но и способствует повышению экономической эффективности сельскохозяйственного производства.

Целью исследования является оценка экономической эффективности получения гибридных семян томата черри на стерильной основе и возделывание созданных на их основе районированных гибридов.

Основная часть

Научно-исследовательская работа проводилась в 2021–2023 гг. в грунтовых теплицах на опытном поле кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии УО БГСХА.

Нами проведен анализ экономической эффективности ресурсосберегающей технологии производства гибридных семян томата черри. При расчете экономического эффекта мы ориентировались на затраты ручного труда при получении 1 кг гибридных семян с помощью традиционной технологии и ресурсосберегающей, не учитывая расходные материалы на изоляцию и маркировку цветков при традиционной технологии производства.

Для расчета затрат ручного труда в качестве примера нами была выбрана исходная Линия 19/1-1, у которой среднее количество гибридных семян в одном плоде составляло 64 штуки. Зная массу 1000 семян (2,66 г), мы определили массу семян в одном плоде – 0,17 г ($64 \times 2,66 / 1000 = 0,17$ г). Таким образом, для получения одного килограмма семян нам потребуется получить 5882 плода с гибридными семенами ($1000 / 0,17 = 5882$ шт.), а с учетом непредвиденных факторов еще дополнительно на 15 % больше ($5882 \times 0,15 = 882$ шт.) от этого количества, т. е. всего 6764 шт. ($5882 + 882 = 6764$ шт.) [9, 10]. Далее необходимо изолировать 13528 цветков ($6764 \times 2 = 13528$ шт.), этот процесс выполняется дважды: после кастрации и после опыления. Получение гибридных семян также включает снятие изолятора с 6764 цветков перед опылением, само опыление и маркировку этих цветков. При ресурсосберегающей технологии требуется провести только опыление 5882 цветков (пыльники при необходимости удаляются непосредственно перед опылением). При получении гибридных семян на фертильной основе высококвалифицированный специалист способен произвести кастрацию изоляцией около 40 цветков в течение одного часа, опылить около 20 цветков (включая снятием изолятора, опыление, изоляция и маркировка опыленных цветков), изготовить 150 этикеток для маркировки. В то же время с использованием ресурсосберегающей технологии специалист способен опылить до 150 цветков и более за один час. Исходя из этой информации, рассчитываем количество человеко-часов, необходимых для получения одного килограмма гибридных семян табл. 1.

Таким образом, использование упрощенной технологии семеноводства гибридов томата черри на основе ФМС и маркерного признака «картофельный лист» высокоэффективна, поскольку уменьшает затраты ручного труда в 14,1 раза и обеспечивает экономию 513,2 ч/часов при производстве одного килограмма гибридных семян.

Таблица 1. Экономическая оценка ресурсосберегающей технологии производства одного килограмма гибридных семян у томата

Приемы гибридизации.	Необходимый объем работ, шт.	Норма выработки за один час работы, шт.	Затраты рабочего времени при традиционной технологии, ч/часов	Затраты рабочего времени при упрощенной технологии, ч/часов
Кастрация цветков с изоляцией	6764	40	169,1	–
Опыление со снятие изолятора, изоляция и маркировка шт.	6764	20	338,2	
Опыление без кастрации, изоляции и маркировки цветков.	5882	150		39,2
Изготовление этикеток шт.	6764	150	45,1	–
ИТОГО ч/часов			552,4	39,2
Количество экономленных ч/часов			513,2	

Проведен анализ результатов испытания в ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» хозяйственно ценных признаков и экономической эффективности возделывания гибридов томата черри, созданных на стерильной основе.

На основании проведенных трехлетних исследований нами были переданы в ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» три гибридные комбинации под названием «Бася F₁», «Сорс F₁», «Редлорд F₁», созданные на основе функциональной мужской стерильности. После успешного прохождения оценки на хозяйственную полезность гибриды включены Государственный реестр Республики Беларусь с 2025 года. Результаты Государственного сортоиспытания районированных гибридов представлены в табл. 2. По результатам испытания в 2024 году гибриды Бася F₁, Редлорд F₁ и Сорс F₁ превысили контроль Артемон F₁ на 2,0, 3,1 и 2,9 кг/м² соответственно. По ранней урожайности гибриды Редлорд F₁ и Сорс F₁ на 1,1 и 2,6 кг/м². Дегустационная оценка находилась на уровне 5,0 баллов. Период от всходов до первого сбора находился в пределах 110 дней.

Таблица 2. Средние результаты сортоиспытания в ГСХУ «Кобринская СС» в 2024 году

Гибрид	Товарная урожайность, кг/м ²	Отклонение от контроля, кг/м ²	Ранняя урожайность, кг/м ²	Масса плода, г	Дегустационная оценка, балл	Период от всходов до первого сбора, дни
Артемон F ₁ (контроль)	12,9		6,5	31	5,0	110
Бася F ₁	14,9	2,0	6,4	29	5,0	109
Редлорд F ₁	16,0	3,1	7,6	31	5,0	111
Сорс F ₁	15,8	2,9	9,1	23	5,0	111

Районированные гибриды по товарной урожайности превысили контроль Артемон F₁, что позволяет оценить экономическую эффективность от их возделывания в сельскохозяйственном производстве. Прибавка товарной урожайности по отношению к контролю составила Бася F₁–2,0 кг/м² (200 ц/га), Редлорд F₁–3,1 кг/м² (310 ц/га), и Сорс F₁ –2,9 кг/м² (290 ц/га),превысили контроль Артемон F₁ на 2,0, и кг/м² 3,1 кг/м², или 310 ц/га, 2,9 кг/м², или 290 ц/га (табл. 3). При средней цене реализации одного килограмма плодов томата черри в 2024 году 5,0 руб. стоимость прибавки составляет 100, 155 и 145 тыс. руб. с одного га. Дополнительные затраты на уборку прибавки урожайности складываются из оплаты труда работникам, занятым на уборке урожая. Норма выработки за смену сборщикам томата черри – 150 кг. Количество нормосмен составит для гибридов: Бася F₁ 133,3 смен (20000 кг : 150=133,3); Редлорд F₁ 206,6 смен (31000 кг : 150=206,6); Сорс F₁ 193,3 смен (29000 кг : 150=193,3). Оплата труда за норму выработки по четвертому разряду (2024 г.) – 55 руб., плата за уборку дополнительной продукции составит 7331,5 руб. (133,3 x 55 руб.), 11363,0 руб. (206,6 x 55), 10631,5 руб. (193,3 x 55) соответственно.

Таблица 3. Экономическая оценка внедрения гетерозисного гибрида томата Бася F₁, Сорс F₁, Редлорд F₁ для защищенного грунта

Показатели	Артемон F ₁ (контроль)	Бася F ₁	Редлорд F ₁	Сорс F ₁
Товарная урожайность кг/м ²	12,9	14,9	16,0	15,8
Превышение по отношению к стандарту кг/м ²	–	2,0	3,1	2,9
Превышение по отношению к стандарту ц/га	–	200,0	310,0	290,0
Стоимость 1кг продукции, руб.	5,0	5,0	5,0	5,0
Стоимость прибавки с 1га, тыс. руб.	–	100000,0	155000,0	145000,0
Дополнительные расходы на сбор прибавки урожайности, руб.	–	7331,5	11363,0	10631,5
Дополнительный чистый доход в расчете на 1 га, руб.	–	92668,5	143637,0	134368,5

Полученный дополнительный чистый доход при возделывании данных гибридов в грунтовых теплицах составит: Бася F₁ – 92668,5 руб./га; Редлорд F₁ – 143637,0 руб./га; Сорс F₁ –

134368,5 руб/га. Полученная чистая прибыль позволяет судить о высокой экономической эффективности возделывания вышеуказанных гетерозисных гибридов томата черри.

Таким образом, создание новых гибридов томатов черри не только отвечает современным требованиям рынка, но и способствует повышению экономической эффективности сельскохозяйственного производства.

Заключение

Ресурсосберегающая технология производства гибридных семян гибридов томата черри на основе функциональной мужской стерильности позволяет сократить затраты ручного труда, в сравнении с технологией на фертильной основе, в 14,1 раза и обеспечивает экономию 513,2 ч/часов при производстве одного килограмма гибридных семян.

В Государственном испытании на хозяйственную полезность в грунтовых теплицах выявлено превышение созданных гибридов томата черри по товарной урожайности над контролем Артемон F₁ – Бася F₁ на 2,0 кг/м², Редлорд F₁ на 3,1 кг/м², и Сорс F₁ на 2,9 кг/м².

Выращивание гибридов томата черри, включенных в Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений Республики Беларусь с 2025 года в раздел производственного возделывания, в грунтовых теплицах позволяет получать дополнительный чистый доход у гибрида Бася F₁ до 92668,5 руб/га; у гибрида Редлорд F₁ до 143637,0 руб/га; у гибрида Сорс F₁ до 134368,5 руб/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Губко, В. Н. Использование ФМС у томатов при селекции на гетерозис / В. Н. Губко // Науч.-техн. бюл. / Сиб. НИИ растениеводства и селекции. – 1980. – Вып. 4. – С. 3–8.

2. Гуляев, В. И. Стерильные формы томата, пригодные для получения гетерозисных гибридов в условиях лесостепи УССР / В. И. Гуляев // Сб. ст. молодых ученых и аспирантов НИИ овощного хозяйства МСХ РСФСР. – 1973. – Вып. 5. – С. 274–279.

3. Авдеев, Ю. И. Некоторые подходы в селекции гетерозисных гибридов / Ю. И. Авдеев // Гетерозис сельскохозяйственных растений: сб. науч. тр. – М., 1997. – С. 84–85.

4. Алпатьев, А. В. Помидоры / А. В. Алпатьев. – М.: Колос, 1981. – 304 с.

5. Новицкий, А. И. Изучение линий томата с функциональной мужской стерильностью с целью создания гетерозисных гибридов F₁ для пленочных теплиц: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А. И. Новицкий; Бел. с.-х. акад. – Горки, 1997. – 19 с.

6. Новицкий, А. И. Биология цветения и размножения болгарских форм томата с функциональной мужской стерильностью / А. И. Новицкий, А. В. Кильчевский, М. М. Добродькин // Весці НАН Беларусі. Сер. біял.наук. – 2000. – №1. – С. 32–35.

7. Добродькин, М. М. Экономическая эффективность возделывания томата черри в защищенном грунте / М. М. Добродькин, И. Г. Пугачева, А. М. Добродькин Т. В. Никонович, А. В. Кильчевский // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1. – С. 132–136.

8. Добродькин, А. М. Экономическая эффективность возделывания в открытом и защищенном грунте гибридов томата с повышенной лежкостью плодов / А. М. Добродькин, И. Г. Пугачева, Т. В. Никонович, А. В. Кильчевский // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 3. – С. 148–152.

9. Генетические основы селекции растений: в 4 т. / науч. ред. А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск: Беларуская навука, 2020. – Т. 2: Частная генетика растений. – С. 511–517.

10. Добродькин, М. М. Создание партенокарпических гетерозисных гибридов томата для пленочных теплиц на основе функциональной мужской стерильности: автореф. дис. канд. с.-х. наук / М. М. Добродькин. – Горки, 2004. – 19 с.

СЕЛЕКЦИЯ ПЕРЦА СЛАДКОГО (*CAPUSICUM ANNUUM L.*) НА ХОЗЯЙСТВЕННУЮ ПОЛЕЗНОСТЬ ДЛЯ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

О. В. НОВИКОВА, М. М. ДОБРЮДИН, И. Г. ПУГАЧЕВА, Н. А. НЕВЕСТЕНКО

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

А. В. КИЛЬЧЕВСКИЙ

ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси»
г. Минск, Республика Беларусь, 220027

(Поступила в редакцию 18.06.2025)

В статье приведены результаты оценки хозяйственно ценных признаков константных линий перца сладкого в грунтовых теплицах.

Важнейшими признаками, влияющими на хозяйственную ценность перца сладкого, являются размеры и форма плодов, их масса, цвет, вкус, содержание витаминов и биологически активных веществ, а также устойчивость к болезням и вредителям. Эти признаки напрямую связаны с условиями выращивания, сортовым наследованием и агротехническими мероприятиями.

В результате исследования были выделены лучшие по хозяйственно ценным признакам константные линии для передачи в Государственное испытание и для использования в дальнейшей селекционной работе:

– по толщине стенок перикарпия константные линии: Линия – 664/20, Линия – 481/21, Линия – 699/20 толщина перикарпия у которых составляла от 7,43 до 7,88 мм;

– по ранней урожайности лучшие константные линии: Сибирский князь, Линия – 478/21, Линия – 476/21, Линия – 481/21 урожайность которых составила от 1,0 до 1,41 кг/м²;

– по товарной урожайности линии: лучшими образцами желтой окраски являлись: Линия – 30/2 (5,26 кг/м²), Оранжевое наслаждение (5,79 кг/м²), Линия – 664/20 (6,01 кг/м²). Образцы красной окраски: Линия – 477/21, Линия – 484/21, Сибирский князь, Линия – 108/0 (Красновал) с товарной урожайностью от 4,78 – 5,67 кг/м²;

– лучшие образцы по массе плода желтой окраски: Линия – 128,3 (169,7 г), Линия – 172/1 (178,4 г). Образец красной окраски: Линия – 108/0 (184,3 г).

В результате исследований выявлено 7 линий перца сладкого, обладающих ценными признаками, две линии в 2023 году переданы в Государственное испытание под названием Красновал и Руна, в 2024 году линии успешно прошли испытания и включены в Государственный реестр сортов Республики Беларусь с 2025 года.

Ключевые слова: перец сладкий, линия, урожайность, хозяйственно ценные признаки, желтый, красный, перикарпий, тип куста.

The article presents the results of assessing the economically valuable traits of constant lines of sweet pepper in ground greenhouses.

The most important traits influencing the economic value of sweet pepper are the size and shape of the fruit, their weight, color, taste, content of vitamins and biologically active substances, as well as resistance to diseases and pests. These traits are directly related to growing conditions, varietal inheritance and agrotechnical measures.

As a result of the study, the best constant lines in terms of economically valuable traits were identified for transfer to the State Test and use in further breeding work:

– by the thickness of the pericarp walls, constant lines: Line – 664/20, Line – 481/21, Line – 699/20, the pericarp thickness of which ranged from 7.43 to 7.88 mm.

– by early yield, the best constant lines: Sibirsky knyaz, Line – 478/21, Line – 476/21, Line – 481/21, the yield of which ranged from 1.0 to 1.41 kg/m².

– by marketable yield of the line: the best yellow samples were: Line – 30/2 (5.26 kg/m²), Orange Delight (5.79 kg/m²), Line – 664/20 (6.01 kg/m²). Red samples: Line – 477/21, Line – 484/21, Sibirsky Knyaz, Line – 108/0 (Krasnoval) with a marketable yield of 4.78 – 5.67 kg/m².

– the best yellow samples by fruit weight: Line – 128.3 (169.7 g), Line – 172/1 (178.4 g). Red sample: Line – 108/0 (184.3 g).

As a result of the research, 7 lines of sweet pepper with valuable traits were identified, two lines were transferred to the State Testing in 2023 under the name Krasnoval and Runa, in 2024 the lines successfully passed the tests and were included in the State Register of Varieties of the Republic of Belarus since 2025.

Key words: sweet pepper, line, yield, economically valuable traits, yellow, red, pericarp, bush thia.

Введение

В современном сельском хозяйстве особое значение приобретает повышение урожайности и качества сельскохозяйственных культур, что обусловлено ростом потребности в экологически чистых продуктах и необходимостью обеспечения продовольственной безопасности. Перец (*Capsicum annuum L.*) является одной из важнейших овощных культур, широко культивируемых в различных регионах, включая Республику Беларусь. Его хозяйственно ценные признаки, такие как размер пло-

дов, их вкус, содержание биологически активных веществ и урожайность, напрямую влияют на экономическую эффективность производства и качество конечного продукта [1, 2].

Селекционная работа проводится с учетом многих признаков и свойств. Их роль в формировании урожайности и качества продукции неравноценна. К основным направлениям селекции растений относят селекцию на урожайность, продолжительность вегетационного и межфазных периодов, адаптивность к неблагоприятным факторам среды, технологичность, качество продукции в [1, 2].

Оценка урожайности проводится во всех селекционных программах, даже если не ставится цель ее повысить, а сохранить на уровне контрольного образца, например, в селекции на устойчивость к какому-либо фактору или на качественные показатели.

Важнейшими признаками, влияющими на хозяйственную ценность перца сладкого, являются размеры и форма плодов, их масса, цвет, вкус, содержание витаминов и биологически активных веществ, а также устойчивость к болезням и вредителям. Эти признаки напрямую связаны с условиями выращивания, сортовым наследованием и агротехническими мероприятиями [3].

Размер и форма плодов перца являются важными показателями для потребителей и производителей. Крупные, ровные и правильной формы плоды обычно пользуются большим спросом, так как они более привлекательны и удобны для переработки. Масса напрямую влияет на урожайность и экономическую эффективность возделывания. В зависимости от сорта и условий выращивания, размеры и форма могут значительно варьировать, что требует учета при выборе сортов и методов агротехники.

Цвет плодов – еще один важный хозяйственно ценный признак, так как он влияет на привлекательность продукции и ее питательную ценность. В начальной стадии созревания перец имеет зеленый цвет, затем он меняется на желтый, оранжевый, красный или даже фиолетовый, в зависимости от сорта. Цвет плода связан с содержанием каротиноидов и антоцианов, которые являются мощными антиоксидантами и определяют его питательную ценность. Яркий и насыщенный цвет свидетельствует о высоком содержании биологически активных веществ и витаминов, что повышает его коммерческую ценность [3].

Физические и морфологические признаки, такие как толщина стенок плода, наличие или отсутствие семян, структура мякоти, также имеют хозяйственное значение. Толщина стенок влияет на технологические свойства плодов, например, при консервировании и переработке. Наличие семян и их количество могут влиять на вкус и качество продукта, а также на его сохранность. Структура мякоти определяет текстуру и сочность плода, что важно для потребительских предпочтений [4].

Кроме того, важным аспектом является урожайность, которая зависит от совокупности всех хозяйственно ценных признаков и условий выращивания. Высокая урожайность при сохранении качественных характеристик позволяет повысить экономическую эффективность производства и обеспечить стабильные поставки продукции на рынок [5].

Цель наших исследований – создание скороспелых, высокоурожайных сортов перца сладкого для грунтовых теплиц.

Основная часть

Селекционная работа по созданию сортов перца сладкого проводилась на опытном поле кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия». В течение трех лет (2021–2023 гг.) в грунтовых теплицах проводилось конкурсное испытание 24 лучших константных линий перца сладкого, обладающих различным габитусом куста, окраской, формой плода. Изучаемые образцы высаживались в 3-кратной повторности по 3 растения на делянке. Схема посадки 70 x 30 см. Доза удобрений N₆₀ (P₂O₅)₁₂₀ (K₂O)₁₂₀. Агротехника общепринятая для перца сладкого в защищенном грунте. Для анализа данных использовались показатели хозяйственно ценных признаков линий – стандарт Алтын и Чырвоны Магнат.

Максимальная высота растений (77,22–82,00 см) отмечена у линии Желтый букет, Сибирский князь, Линия – 30/2, Оранжевое наслаждение. Самыми низкорослыми (61,83 см) в группе исследуемых образцов была отмечена Линия – 470/21. Высота остальных составляла от 62,50 до 80,50 см.

Из изучаемых образцов 23 линии имели полураскидистый тип куста. Раскидистый тип куста отмечен у одной линии.

Число боковых побегов чаще всего составляло 2–3 шт. Об этом свидетельствует значение данного признака – 2,0–3,0 шт. Определение степени облиственности проводили по пятибалльной шкале, учитывая большое количество крупных и развитых листьев, заслоняющих ствол и плоды. У 24 образцов наблюдалась средняя степень облиственности, которая оценена в 3,11–4 балла. У всех испытанных образцов плоды располагались вершиной вниз. У Кубика красного и Линия – 699/20 расположение плодов на растении смешанное.

В табл. 1 представлены значения биометрических признаков за три года исследований, характеризующие изучаемые образцы в защищенном грунте.

Таблица 1. Биометрические признаки образцов константных линий перца сладкого в грунтовых теплицах

образец	высота растений, см	число боковых побегов, шт	степень облиственности	тип куста	расположение плодов на растении
Линия – 108/0	66,50	2,94	4,22	полураскидистый	вниз
Линия – 128/3	74,39	2,78	3,94	полураскидистый	вниз
Линия – 158/1	69,00	3,00	4,00	полураскидистый	вниз
Линия – 172/1	74,44	2,83	3,89	полураскидистый	вниз
Линия – 700/20	71,33	3,17	4,00	полураскидистый	вниз
Линия – 699/20	68,67	3,00	3,83	полураскидистый	смешанное
Линия – 657/20	66,78	2,94	3,89	полураскидистый	вниз
Линия – 664/20	68,89	3,00	3,83	полураскидистый	вниз
Линия – 470/21	61,83	2,83	4,00	полураскидистый	вниз
Линия – 476/21	69,67	2,95	3,67	полураскидистый	вниз
Линия – 477/21	76,00	2,83	4,11	полураскидистый	вниз
Линия – 478/21	69,39	2,89	3,89	полураскидистый	вниз
Линия – 481/21	73,56	2,83	3,89	полураскидистый	вниз
Сонечны	75,33	2,83	3,94	полураскидистый	вниз
Оранжевое наслаждение	82,00	3,06	3,89	полураскидистый	вниз
Сиреневый	74,83	2,72	3,11	полураскидистый	вниз
Сибирский князь	79,44	2,72	3,89	полураскидистый	вниз
Блондин	62,50	3,00	4,89	раскидистый	вверх
Линия 30/2	80,50	2,89	3,56	полураскидистый	вниз
Здоровье	66,61	2,78	3,33	полураскидистый	вниз
Кубик красный	73,11	2,89	4,00	полураскидистый	смешанное
Желтый букет	77,22	3,00	4,00	полураскидистый	вниз
Алтын (стандарт)	65,94	2,78	4,22	полураскидистый	вниз
Чырвоны магнат (стандарт)	64,00	3,17	4,39	полураскидистый	вниз

Наряду с признаками растений важное селекционное значение имеют признаки плодов (табл. 2) число камер в плодах изучаемых линий чаще всего находилось в пределах от трех до четырех штук. Ширина плодов варьировала от 3,86 до 9,04 см; длина – от 6,77 до 15,78 см.

Число камер в плодах изучаемых гибридов первого поколения чаще всего находилось в пределах от трех до четырех штук. Ширина плодов варьировала от 5,13 до 9,04 см; длина – от 7,28 до 11,86 см, толщина стенок перикарпия – от 4,40 до 7,88 мм.

Таблица 2. Признаки плода образцов константных линий перца сладкого в грунтовых теплицах

Образцы	Число камер, шт.	Ширина, см	Длина, см	Толщина перикарпия, мм	Форма плода	Окраска плода в биологической спелости
Линия - 108/0	3,55	8,46	8,84	6,66	кубовидная	красная
Линия - 128/3	3,89	8,81	7,53	6,99	кубовидная	желтая
Линия -158/1	3,57	9,04	7,28	6,76	кубовидная	желтая
Линия - 172/1	3,55	8,68	7,82	6,89	кубовидная	желтая
Линия - 700/20	2,89	7,07	10,53	7,12	кубовидная	желтая
Линия -699/20	3,46	7,26	9,48	7,88	удлиненно-кубовидная	красная
Линия -657/20	3,32	7,18	9,22	5,89	удлиненно-кубовидная	красная
Линия -664/20	2,66	6,76	11,86	7,43	трапециевидная	желто-оранжевая
Линия - 470/21	3,11	6,72	9,60	5,67	удлиненно-кубовидная	красная
Линия -476/21	3,11	7,39	10,22	5,99	удлиненно-кубовидная	красная
Линия - 477/21	3,27	7,02	8,53	6,33	кубовидная	красная
Линия - 478/21	3,21	7,38	9,74	6,56	кубовидная	красная
Линия - 481/21	3,43	7,59	9,89	7,67	кубовидная	красная
Сонечны	3,34	7,41	11,66	6,23	удлиненно-трапециевидная	желтая
Оранжевое наслаждение	2,79	7,02	11,72	6,67	удлиненно-кубовидная	оранжевая
Сиреневый	3,45	8,10	7,94	7,32	кубовидная	желтая с антоцианом
Сибирский князь	2,98	6,40	10,68	5,90	трапециевидная	красная
Блондин	3,43	8,16	8,73	7,22	кубовидная	желтая
Линия 30/2	3,34	6,97	9,37	6,69	трапециевидная	желтая с антоцианом
Здоровье	2,77	5,13	9,73	4,40	удлиненно-трапециевидная	красная
Кубик красный	3,34	6,72	9,43	5,67	удлиненно-кубовидная	красная
Желтый букет	3,90	7,46	7,77	7,32	кубовидная	желтая
Алтын (стандарт)	3,43	9,49	6,97	7,34	кубовидная	желтая
Чырвоны магнат (стандарт)	3,10	7,92	9,50	6,88	кубовидная	красная

Для лучшего представления о внешнем виде плодов была определена их форма. Она была весьма разнообразной: кубовидной, удлинённо-кубовидной, трапецевидной, удлинённо-трапецевидной.

Окраска в биологической зрелости плодов у испытываемых образцов была желтой, оранжевой, красной, желтой с антоциановыми прожилками.

В табл. 3 представлены данные об урожайности и массе товарного плода константных линий.

Раннюю урожайность выше стандарта Алтын сформировали 8 образцов (0,31–0,69 кг/м²). Девять линий сформировали раннюю урожайность выше, чем у стандарта Чырвоны Магнат: (0,41–1,41 кг/м²), самыми лучшими образцами оказались Сибирский князь, Линия – 478/21, Линия – 476/21, Линия – 481/21, урожайность которых составила от 1,0 до 1,41 кг/м².

По товарной урожайности выше, чем у стандарта Алтын (3,02 кг/м²) выявлено одиннадцать образцов (3,03 – 6,01 кг/м²). Самыми лучшими образцами по данному критерию являлись: Линия – 30/2 (5,26 кг/м²), Оранжевое наслаждение (5,79 кг/м²), Линия – 664/20 (Руна) (6,01 кг/м²). Образцов, превзошедших стандарт Чырвоны Магнат (4,74 кг/м²), выявлено четыре – Линия – 477/21, Линия – 484/21, Сибирский князь, Линия – 108/0 (Красновал) с товарной урожайностью от 4,78 – 5,67 кг/м². Остальные образцы не сформировали урожайность на уровне стандарта.

По признаку «общая урожайность» изучаемые образцы сформировали урожайность аналогично товарной урожайности.

Масса плода изучаемых образцов перца сладкого изменялась от 59,2 до 184,3 г. Масса плода лучших образцов желтой окраски составила от 169,7 до 178,4 г, что на 0,53–5,69 % выше, чем у стандарта Алтын (168,8 г). Лучшие образцы: Линия – 128,3 (169,7 г.), Линия – 172/1 (178,4 г.). У одного образца (Линия – 108/0) красной окраски масса плода выше, чем у стандарта Чырвоны магнат (183,3 г) и составляет 184,3 г, что на 0,54 % больше.

Таблица 3. Хозяйственно ценные признаки образцов перца сладкого константных линий в грунтовых теплицах

Образцы	Урожайность, кг/м ²			Масса плода, г
	ранняя	товарная	общая	
Линия – 108/0	0,37	5,67	6,05	184,3
Линия – 128/3	0,11	3,56	3,68	169,7
Линия – 158/1	0,62	4,85	5,47	158,1
Линия – 172/1	0,59	3,85	4,44	178,4
Линия – 700/20	0,69	4,87	5,56	143,2
Линия – 699/20	0,40	2,77	3,17	154,8
Линия – 657/20	0,62	3,58	4,20	116,6
Линия – 664/20	0,69	6,01	6,70	121,2
Линия – 470/21	0,68	3,48	4,16	134,7
Линия – 476/21	1,11	4,11	5,22	125,5
Линия – 477/21	0,69	4,78	5,47	122,2
Линия – 478/21	1,00	4,42	5,42	114,6
Линия – 481/21	1,41	5,21	6,62	147,4
Сонечны	0,59	4,11	4,71	123,4
Оранжевое наслаждение	0,63	5,79	6,41	132,4
Сиреневый	0,36	3,35	3,71	144,3
Сибирский князь	1,00	5,42	6,42	105,4
Блондин	0,26	3,03	3,29	136,0
Линия 30/2	0,31	5,26	5,58	110,0
Здоровье	0,63	3,06	3,69	59,2
Кубик красный	0,41	3,97	4,39	116,3
Желтый букет	0,28	4,51	4,80	122,5
Алтын (стандарт)	0,29	3,02	3,30	168,8
Чырвоны магнат (стандарт)	0,40	4,74	5,14	183,3
НСР ₀₅	0,930	1,621	1,475	48,698

Результаты показали, что определённые морфологические признаки, такие как размер и форма плодов, толщина стенок, наличие семян и структура мякоти, имеют значительную корреляцию с урожайностью и качественными характеристиками продукции. Эти данные позволяют использовать биометрические признаки для быстрого и эффективного отбора перспективных линий, что способствует повышению селекционной эффективности и созданию сортов, обладающих оптимальными хозяйственно ценными признаками. Такой подход облегчает процесс оценки и способствует развитию селекции перца сладкого с улучшенными качественными и урожайными характеристиками [6].

Заключение

В результате исследования были выделены лучшие константные линии по хозяйственно ценным признакам для передачи в Государственное испытание и для использования в дальнейшей селекционной работе:

- по толщине стенок перикарпия константные линии: Линия – 664/20, Линия – 481/21, Линия – 699/20 толщина перикарпия у которых составляла от 7,43 до 7,88 мм;
- по ранней урожайности лучшие константные линии: Сибирский князь, Линия – 478/21, Линия – 476/21, Линия – 481/21 урожайность которых составила от 1,0 до 1,41 кг/м²;
- по товарной урожайности линии: лучшими образцами желтой окраски являлись: Линия – 30/2 (5,26 кг/м²), Оранжевое наслаждение (5,79 кг/м²), Линия – 664/20 (6,01 кг/м²). Образцы красной окраски: Линия – 477/21, Линия – 484/21, Сибирский князь, Линия – 108/0 с товарной урожайностью от 4,78–5,67 кг/м²;
- лучшие образцы по массе плода желтой окраски: Линия – 128,3 (169,7 г.), Линия – 172/1 (178,4 г.), образец красной окраски Линия – 108/0 (184,3 г).

По товарной урожайности выше, чем у стандарта Алтын (3,02 кг/м²) выявлено одиннадцать образцов (3,03–6,01 кг/м²). Самыми лучшими образцами по данному критерию являлись: Линия – 30/2 (5,26 кг/м²), Оранжевое наслаждение (5,79 кг/м²), Линия – 664/20 (Руна) (6,01 кг/м²). Образцов, превзошедших стандарт Чырвоны Магнат (4,74 кг/м²), выявлено четыре: Линия – 477/21, Линия – 484/21, Сибирский князь, Линия – 108/0 с товарной урожайностью от 4,78 – 5,67 кг/м² Остальные образцы не сформировали урожайность на уровне стандарта.

На основании вышеизложенного в результате исследований отобрано 7 линий обладающих ценными признаками, в 2023 году две линии переданы в Государственную инспекцию по испытанию и охране сортов растений под названием Красновал и Руна, в 2024 году линии успешно прошли испытания и включены в Государственный реестр сортов Республики Беларусь с 2025 года.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Пышная, О. Н. Селекция перца / О. Н. Пышная, М. И. Мамедов, В. Ф. Пивоваров. – М., 2012. – 248 с.
- 2 Изучение эффекта гетерозиса перца сладкого при подборе родительских пар с использованием данных молекулярного анализа / Е. А. Снигирь [и др.] // Овощи России. – 2012. – № 4. – С. 25.
- 3 Гикало, Г. С. Овощные культуры (перцы) / Г. С. Гикало. – Краснодар: «КСХИ», 1979. – 99 с.
- 4 Мамедов, М. И. Сравнительная оценка холодостойкости образцов перца сладкого / М. И. Мамедов, А. Н. Кудряшов, О. Н. Пышная // Актуальные проблемы биологии: сб. науч. ст. – Брест, 1997. – С. 29–33.
- 5 Селекция перца сладкого (*Capsicum annuum* L) по урожайности и качеству плодов на основе модели сорта для обогреваемых грунтовых теплиц / Н. А. Невестенко, И. Г. Пугачева, М. М. Добродькин [и др.] // Овощи России. – 2023. – №1. – С. 14–22.
- 6 Создание исходного материала для селекции перца сладкого с комплексной устойчивостью к ВТМ, ВОМ и абиотическим факторам среды: метод. указ. / С. П. Мишин [и др.]. – М., 1997. – 14 с.

СПОСОБЫ РАЗМНОЖЕНИЯ ДУШИЦЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

А. А. БЛОХИН

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

Т. В. САЧИВКО

ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220108, email: sachyuka@rambler.ru

(Поступила в редакцию 03.09.2025)

Душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.) относится к перспективным пряно-ароматическим и эфирно-масличным культурам в Республике Беларусь и применяется в кулинарии и пищевой промышленности, парфюмерии и косметологии, традиционной и народной медицине. Душица обыкновенная используется также в садово-парковом строительстве и ландшафтной архитектуре, ценится как отличный медонос. Товарной продукцией душицы обыкновенной является надземная часть растения (листья, стебли, цветки), которые заготавливаются в период массового цветения.

В полевых исследованиях на окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии изучены семенной (семенами в открытый грунт, рассадой) и вегетативный (делением куста) способы размножения душицы обыкновенной сорта Завіруха.

В результате исследований установлено, что наибольшие показатели продуктивности (высота растения, количество побегов, масса одного растения) и урожайности зеленой массы (первый год возделывания – 863 г/м², второй год возделывания – 1108 г/м²) при чистом доходе 1,95 руб/м² получены при вегетативном размножении делением куста.

При семенном способе размножения рассадой урожайность зеленой массы в первый год возделывания составила 490 г/м², во второй год возделывания – 1085 г/м² при чистом доходе 1,82 руб/м². При размножении семенами в открытый грунт урожайность зеленой массы в первый год возделывания оказалась 233 г/м², во второй год возделывания – 595 г/м² при чистом доходе 0,61 руб/м².

Содержание сырого протеина в зеленой массе душицы обыкновенной (второй год возделывания, фаза массового цветения) составило 9,9–10,5 %, сырого жира – 1,3–1,4 %, сырой золы – 6,8–7,8 %, сырой клетчатки – 29,2–31,7 %, витамина С – 37,9–42,2 мг/100 г, каротина – 21,8–23,5 мг/кг и в меньшей мере зависело от способа размножения.

Ключевые слова: душица обыкновенная, способы размножения, продуктивность, зеленая масса, урожайность, качество, экономическая эффективность.

Oregano (Origanum vulgare L.) is considered a promising spicy-aromatic and essential oil plants in the Republic of Belarus and is used in cooking and the food industry, perfumery and cosmetics, as well as in traditional and folk medicine. Oregano is also used in garden and park construction and landscape architecture, and is valued as an excellent honey plant. The marketable product of oregano consists of the above-ground parts of the plant (leaves, stems, flowers). Which are harvested during the period of mass flowering.

Field studies on cultivated sod-podzolic light loamy soil at the Belarusian State Agricultural Academy investigated the seed (sown with seeds directly in the open ground, seedlings) and vegetative (division of the bush) methods of propagation of common oregano variety Zaviruha.

As a results of the studies, it was established that the highest indicators of productivity (plant height, number of shoots, mass of one plant) and yield of green mass (first year of cultivation – 863 g/m², second year of cultivation – 1108 g/m²) with a net income of 1.95 rubles/m² were obtained through vegetative propagation by dividing the bush.

With the seed propagation method, the yield of green mass in the first year of cultivation was 490 g/m², in the second year of cultivation – 1085 g/m² with a net income of 1.82 rubles/m². When propagating seeds in open ground, the yield of green mass in the first year of cultivation was 233 g/m², in the second year of cultivation – 595 g/m² with a net income of 0,61 rubles/m².

The content of raw protein in the green mass of oregano (2 years of cultivation, phase of mass flowering) was 9.9–10.5 %, raw fat – 1.3–1.4 %, raw ash – 6.8–7.8 %, raw fiber – 29.2–31.7 %, vitamin C – 37.9–42.2 mg/100 g. carotene – 21.8–23.5 mg/kg, and to a lesser extent depended on the method of propagation.

Key words: oregano, breeding methods, productivity, green mass, yield, quality, economic efficiency.

Введение

Душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.) принадлежит к перспективным для Республики Беларусь пряно-ароматическим и эфирно-масличным культурам, её товарная продукция (цветки, листья, стебли) используется в различных отраслях экономики [1–17].

Среди агротехнических приемов возделывания пряно-ароматических и эфирно-масличных культур важное значение имеют способы их размножения, что позволяет получать высокие и устойчивые урожаи товарной продукции, а также вести семеноводство этих культур, в т. ч. в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь [18–29].

Существует два основных способа размножения пряно-ароматических и эфирно-масличных культур: семенной (непосредственно семенами в открытый грунт или через выращивание рассады с

ее последующей пересадкой на постоянное место) и вегетативный (черенками, делением куста, отводками и т. д.), использование которых во многом зависит от биологических особенностей растений и почвенно-климатических условий [20, 24, 26, 27, 30].

В Государственный реестр сортов Республики Беларусь в настоящее время внесено 5 сортов душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.), рекомендуемых для товарного производства и приусадебного возделывания: Грета (2002 г.), Мрия (2013 г.), Розовая Фея (2014 г.), Завіруха (2019 г.), Аксаміт (2021 г.) [7, 11, 30].

Цель исследования – изучить агроэкономическую эффективность различных способов размножения душицы обыкновенной.

Основная часть

Исследования по оценке основных хозяйственно полезных признаков в зависимости от способа размножения душицы обыкновенной проводили в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии на протяжении 2023–2024 гг.

Полевые исследования выполняли на опытном поле в условиях дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, пахотный горизонт которой характеризовался следующими агрохимическими показателями: рН_{KCl} 6,1–6,2, P₂O₅ (0,2 М HCl) – 173–182 мг/кг, K₂O (0,2 М HCl) – 205–212 мг/кг, гумус (0,4 н K₂Cr₂O₇) – 2,5–2,7 % (индекс агрохимической окультуренности 0,85) [31].

В исследованиях изучали сорт душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.) Завіруха селекции Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, внесенный в Государственный реестр сортов Республики Беларусь [7, 11, 30].

Схемы опытов предусматривали варианты с различными способами семенного (семенами в открытый грунт, рассадой) и вегетативного (делением куста) размножения. Полевые исследования, проведение лабораторных измерений и статистическую обработку результатов проводили согласно существующим методикам [30, 32–35].

Производственные затраты на возделывание душицы обыкновенной согласно технологической карте ее возделывания [35]. Средние оптовые закупочные цены за 1 кг зеленой массы брали из расчета 2,5 руб. Следует, однако, отметить, что величина закупочных цен может значительно варьировать в зависимости востребованности культуры, а также сезонности и емкости рынка сбыта товарной продукции [36, 37].

Как показали результаты исследования, способы размножения оказали существенное влияние на рост и развитие душицы обыкновенной (табл. 1).

Таблица 1. Продуктивность душицы обыкновенной в зависимости от способа размножения

Год возделывания	Высота растения, см	Количество побегов, шт.	Масса одного растения, г	Фаза цветения	Зеленая масса, г/м ²
Семенами в открытый грунт					
1-й год	14	3	20	нет	233
2-й год	50	14	51	+	595
Рассадой					
1-й год	33	6	42	+	490
2-й год	54	57	93	+	1085
Делением куста					
1-й год	41	18	74	+	863
2-й год	55	57	95	+	1108
НСР ₀₅	2,1	1,3	3,1		36,5

Из данных, приведенных в таблице, видно, что при возделывании душицы обыкновенной посев семенами в открытый грунт характеризовался наиболее низкими показателями продуктивности. В первый год возделывания средняя высота растений в данном варианте составила 14 см, количество побегов – 3 шт., масса одного растения – 20 г при урожайности зеленой массы 233 г/м²; на протяжении вегетационного периода не было отмечено также наступления фазы цветения.

Полевая всхожесть душицы обыкновенной при посеве ее семенами остается невысокой, что приводит к изреженности посевов. Увеличение нормы высева приводит к перерасходу семян. Кроме того, слабое развитие в начальные периоды роста и низкая конкурентоспособность с сорными растениями требует дополнительных ручных прополок, так как механизированная обработка на начальных этапах приводит к повреждению растений и их засыпанию почвой [24, 26, 29].

При размножении рассадой, для получения которой семена высевали в теплице в конце марта, а хорошо развитую рассаду высаживали на постоянное место в конце третьей декады мая, обеспечивалось гораздо лучшее развитие посевов: средняя высота растений составила 33 см, количество по-

бегов – 6 шт., масса одного растения – 42 г, урожайность зеленой массы – 490 г/м²; у растений в первый год наступила фаза цветения. Эффективность механической борьбы с сорняками была также гораздо выше, так как растения душицы обыкновенной были уже хорошо различимы, что исключало их случайное повреждение или засыпание землей.

При вегетативном размножении делением куста растения душицы обыкновенной высаживали на постоянное место во второй декаде мая (одновременно с высадкой рассады). Уход за посевами, в частности борьба с сорной растительностью, на делянках с растениями, размножаемыми вегетативно, был практически аналогичен, как и на делянках с растениями при их размножении рассадой.

Основные показатели продуктивности душицы обыкновенной при размножении делением куста в первый год оказались наибольшими: средняя высота растений составила 55 см, количество побегов – 18 шт., масса 1 растения – 74 г, урожайность зеленой массы – 863 г/м²; у растений в первый год также, как и при размножении рассадой, наступила фаза цветения.

Следует отметить, что при вегетативном размножении делением куста с одного 3-летнего куста можно получить от 24 до 33 деленок. При этом одно растение душицы обыкновенной может дать гораздо большее количество семян, особенно если растение хорошо развито и имеет много соцветий, соответственно можно заложить посева на значительно большей площади. Средняя урожайность семян душицы обыкновенной составляет 0,5 ц/га при массе 1000 семян 0,1 г [7, 11]. Однако вегетативное размножение душицы обыкновенной, как и других перекрестноопыляемых растений, обеспечивает сохранение сортовой чистоты и возможность быстро заложить большие сортовые плантации [24, 26, 29].

На второй год возделывания душицы обыкновенной большинство показателей продуктивности в вариантах с размножением рассадой и делением куста оказались в значительной части выровненными, что и обеспечило урожайность зеленой массы в фазу массового цветения 1085 (размножение рассадой) и 1108 (размножение делением куста) г/м².

В варианте при размножении семенами в открытый грунт все показатели продуктивности уступали другим опытным вариантам, в результате чего урожайность зеленой массы в фазу цветения оказалась 595 г/м².

Так как сбор товарной продукции душицы обыкновенной (зеленая масса в фазу массового цветения) начинают со второго года возделывания, был проведен анализ экономической эффективности различных способов размножения в этот период [36, 37].

В результате исследований установлено, что максимальный чистый доход 1,95 руб/м² был получен в варианте с делением куста. При возделывании через рассаду чистый доход оказался несколько ниже и составил 1,82 руб/м², а при посеве семенами в открытый грунт величина чистого дохода составила лишь 0,61 руб/м² (табл. 2).

Таблица 2. Экономическая эффективность возделывания душицы обыкновенной в зависимости от способа размножения, второй год возделывания

Способ размножения	Урожайность зеленой массы, ц/га	Стоимость продукции, руб/га	Затраты, руб/га	Чистый доход	
				руб/га	руб/м ²
Семенами	59,5	14875	8817,7	6057,3	0,61
Рассадой	108,5	27125	8943,3	18181,7	1,82
Делением куста	110,8	27700	8225,8	19474,2	1,95
НСР ₀₅	4,6				

Наряду с продуктивностью, качественные показатели товарной продукции также относятся к основным хозяйственно ценным признакам душицы обыкновенной, от которых во многом зависит ее использование в различных отраслях экономики [2, 10, 16, 17, 38–41].

В наших исследованиях основные показатели биохимического состава зеленой массы душицы обыкновенной (второй год возделывания, фаза массового цветения) характеризовался определенной вариабельностью, но в меньшей мере зависели от способа размножения (табл. 3).

Таблица 3. Биохимический состав душицы обыкновенной в зависимости от способа размножения

Сырой протеин	Сырой жир	Сырая зола	Сырая клетчатка	Витамин С, мг/100 г	Каротин, мг/кг
% в сухом веществе				при натуральной влажности	
Семенами					
10,5	1,4	7,2	29,2	38,9	21,9
Рассадой					
9,9	1,3	6,8	30,0	42,2	23,5
Делением куста					
10,3	1,4	7,8	31,7	37,9	21,8
НСР ₀₅					
0,3	0,1	0,4	1,5	1,9	1,1

Содержание сырого протеина в зеленой массе душицы обыкновенной составило 9,9–10,5 %, сырого жира – 1,3–1,4 %, сырой золы – 6,8–7,8 %, сырой клетчатки – 29,2–31,7 %, витамина С – 37,9–42,2 мг/100 г, каротина – 21,8–23,5 мг/кг.

Заключение

В исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве установлено, что наибольшие показатели продуктивности и урожайность зеленой массы (первый год возделывания – 863 г/м²; второй год возделывания – 1108 г/м²) получены при вегетативном размножении делением куста.

При семенном способе размножения более высокие показатели продуктивности получены при размножении рассадой при урожайности зеленой массы в первый год возделывания 490 г/м², во второй год возделывания – 1085 г/м².

При размножении семенами в открытый грунт урожайность зеленой массы в первый год возделывания составила 233 г/м², во второй год возделывания – 595 г/м².

Содержание сырого протеина в зеленой массе душицы обыкновенной (2 год возделывания, фаза массового цветения) составило 9,9–10,5 %, сырого жира – 1,3–1,4 %, сырой золы – 6,8–7,8 %, сырой клетчатки – 29,2–31,7 %, витамина С – 37,9–42,2 мг/100 г, каротина – 21,8–23,5 мг/кг.

При размножении душицы обыкновенной делением куста получены максимальные показатели чистого дохода – 1,95 руб/м². При размножении рассадой чистый доход составил 1,82 руб/м², семенами в открытый грунт – 0,61 руб/м².

ЛИТЕРАТУРА

1. Антимикробные свойства эфирных масел новых сортов душицы обыкновенной / Т. В. Сачивко, Т. И. Ахрамович, Н. А. Коваленко [и др.] // Химия растительного сырья. – 2023. – № 4. – С. 343–351.
2. Антиоксидантная активность новых сортов пряно-ароматических и эфирно-масличных культур / Т. В. Сачивко, Н. А. Коваленко, Г. Н. Супиченко, В. Н. Босак // 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, Н. А. Дуктова, О. А. Порхунцова [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 22 с.
4. Компонентный и энантиомерный состав эфирных масел душицы обыкновенной / Т. В. Сачивко, Н. А. Коваленко, Г. Н. Супиченко, В. Н. Босак, М. В. Наумов // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы. – Гродно: ГГАУ, 2020. – Т. 51. – С. 133–140.
5. 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.
6. Оценка душицы обыкновенной по хозяйственно полезным признакам / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак, А. А. Блохин [и др.] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 4. – С. 44–51.
7. Оценка новых сортов *Origanum vulgare* L. по хозяйственно полезным признакам / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак, Г. С. Егорова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 4 (72). – С. 151–159.
8. Пряно-ароматические и эфирно-масличные культуры: урожайность и жирнокислотный состав семян / Т. В. Сачивко, Е. В. Феськова, Н. А. Коваленко [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2022. – Т. 52, № 4. – С. 675–684.
9. Сачивко, Т. В. Аллелопатические свойства пряно-ароматических и эфирно-масличных растений / Т. В. Сачивко, А. А. Блохин, В. Н. Босак // Овощеводство. – 2021. – Т. 29. – С. 171–179.
10. Сачивко, Т. В. Жирнокислотный состав зеленой массы новых сортов пряно-ароматических растений / Т. В. Сачивко // Высокоэффективные технологии в агропромышленном комплексе. – Елец: ЕГУ, 2023. – С. 149–152.
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. Алелапатычныя 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. Сачыўка, Т. У. Перспектывыя накірункі выкарыстання вострасмакавых і эфірна-алеіных культур / Т. У. Сачыўка, В. М. Босак // Лесное хозяйство. – Минск: БГТУ, 2025. – С. 478–480.
15. Сачыўка, Т. У. Роля вострасмакавых і эфірна-алеіных культур у забеспячэнні харчовай бяспекі / Т. У. Сачыўка, В. М. Босак, І. І. Сяргеева // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2025. – Вып. 10. – С. 82–84.
16. Содержание витаминов в зеленой массе новых сортов пряно-ароматических растений / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак, С. В. Егоров, Е. В. Егорова // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2024. – С. 215–217.
17. Antimicrobial Properties of the Essential Oils of New Varieties of *Origanum Vulgare* L. / Т. В. Sachivko, Т. І. Akhramovich, N. А. Kovalenko [et al.] // Russian Journal of Bioorganic Chemistry. – 2024. – Т. 50, No. 7. – P. 2859–2865.
18. Блохин, А. А. Подзимнее черенкование лаванды узколистной / А. А. Блохин, Т. В. Сачивко // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 36–39.
19. Гордеева, А. П. Особенности подзимнего способа размножения листовых древесно-кустарниковых растений / А. П. Гордеева, Т. В. Сачивко // Современные технологии сельскохозяйственного производства. – Гродно: ГГАУ, 2016. – С. 41–43.

20. Земскова, Ю. К. Особенности способов размножения овощных культур семейства Яснотковые / Ю. К. Земскова, А. В. Фляженков // Овощи России. – 2011. – № 2. – С. 26–29.
21. Сачивко, Т. В. Агрономическая эффективность различных способов возделывания базилика / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Современное состояние и перспективы развития овощеводства. – Самохваловичи, 2017. – С. 18–19.
22. Сачивко, Т. В. Влияние росторегулирующих препаратов на укореняемость черенков иссопа лекарственного и руты душистой / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 223–224.
23. Сачивко, Т. В. Особенности размножения коллекционных интродукций листовых растений / Т. В. Сачивко, А. П. Гордеева, В. Н. Босак // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – 2018. – Т. 21. – С. 215–217.
24. Сачивко, Т. В. Особенности способов размножения *Hyssopus officinalis* L. и *Ruta graveolens* L. / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак, Е. В. Яковлева // Вестник аграрной науки. – 2023. – № 2. – С. 49–56.
25. Сачивко, Т. В. Особенности технологии возделывания базилика / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы. – Гродно: ГГАУ, 2015. – Т. 29. – С. 134–139.
26. Сачивко, Т. В. Приемы возделывания иссопа лекарственного / Т. В. Сачивко // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы. – Гродно: ГГАУ, 2023. – Т. 62. – С. 127–133.
27. Сачивко, Т. В. Рассадный и семенной способы возделывания базилика / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Сельское хозяйство: проблемы и перспективы. – Гродно: ГГАУ, 2017. – Т. 38. – С. 201–207.
28. Сачивко, Т. В. Рассадный и семенной способы возделывания базилика / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2018. – № 2. – С. 24–28.
29. Сачивко, Т. В. Эффективность и особенности способов размножения пряно-ароматических и эфирно-масличных культур / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3. – С. 64–69.
30. Характеристика и особенности агротехники новых сортов пряно-ароматических культур / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак, А. П. Гордеева, М. В. Наумов. – Горки: БГСХА, 2019. – 20 с.
31. Почвенная характеристика опытного участка «Полигон» / В. Н. Босак, Е. Ф. Вале́йша, Т. В. Сачивко [и др.] // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2024. – С. 28–30.
32. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Москва: Альянс, 2011. – 352 с.
33. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: Инфра-М, 2016. – 336 с.
34. Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов. – Москва: ВНИИО, 2011. – 650 с.
35. Технология возделывания овощных, бахчевых культур, картофеля, пряно-ароматических и лекарственных растений / А. А. Аутко, В. К. Пестис, В. В. Гракун [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2022. – 614 с.
36. Босак, В. Н. Агроэкономическая эффективность возделывания пряно-ароматических и эфирно-масличных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы. – Гродно: ГГАУ, 2023. – Т. 62. – С. 37–44.
37. Сачивко, Т. В. Экономические аспекты возделывания пряно-ароматических и эфирно-масличных культур / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России. – Красноярск, 2025. – С. 194–196.
38. Биохимический состав новых сортов пряно-ароматических и эфирно-масличных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, Н. В. Барбасов [и др.] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 1. – С. 64–68.
39. Блохин, А. А. Особенности биохимического состава душицы обыкновенной и лаванды узколистной / А. А. Блохин // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2025. – С. 23–25.
40. Блохин, А. А. Особенности накопления эфирных масел растениями душицы обыкновенной и лаванды узколистной / А. А. Блохин, Т. В. Сачивко // Наука и инновационные технологии в решении проблем продовольственной безопасности. – Горки: БГСХА, 2025. – Ч. 1. – С. 47–48.
41. Блохин, А. А. Элементный состав пряно-ароматических растений душицы обыкновенной и лаванды узколистной / А. А. Блохин // Наука и инновационные технологии в решении проблем продовольственной безопасности. – Горки: БГСХА, 2025. – Ч. 1. – С. 49–52.

**РАЗРАБОТКА И УНИВЕРСАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МАРКЕРОВ EST-SSR
ЖИТНЯКА МОНГОЛЬСКОГО (*AGROPYRON MONGOLICUM KENG.*) НА ОСНОВЕ
СЕКВЕНИРОВАНИЯ ТРАНСКРИПТОМА**

**ХАНЬ ЦЗЯФАНЬ, ВАН ЦЗИЛУН, ЛИ ЮЙЧЭНЬ, ХУАН СИНТЯНЬ,
ДУ ЦЗИНЬЮЙ, ЧЖАО ЯНЬ**

*Сельскохозяйственный университет Внутренней Монголии
Хух-Хото, Китайская Народная Республика, 010070*

ЛЮ ЯЛИН

*Mengcao Ecological Environment (Group),
Хух-Хото, Китайская Народная Республика, 010070*

(Поступила в редакцию 20.06.2025)

*Растения рода *Agropyron* являются отличным кормом и обладают высокой устойчивостью к стрессу. На основе данных секвенирования транскриптома (*A. Mongolicum Keng*) были случайным образом отобраны и синтезированы 99 пар SSR-праймеров. Эти праймеры были валидированы для пяти различных видов *Agropyron*: *Agropyron Mongolicum Keng*, *A. michnoi*, *A. desertorum*, *A. desertorum cv. nordan* и *Agropyron cristatum* × *A. desertorum cv. Hycrest*. Были протестированы пять видов изучаемого растения. Целые полосы были успешно амплифицированы 89 парами праймеров, что соответствует эффективности в 90 %. Размеры целевых фрагментов соответствовали результатам секвенирования. Результаты показали, что SSR-маркеры, разработанные на основе данных транскриптома *A. Mongolicum Keng*, обладают практичностью и универсальностью. Эти маркеры заложили прочную основу для оценки генетических ресурсов, картирования, улучшения сортов и анализа генетического разнообразия *Agropyron**

Ключевые слова: житняк монгольский, секвенирование транскриптома, молекулярный маркер EST-SSR, праймер, ПЦР-амплификация.

*Plants of the genus *Agropyron* are excellent forage crops and exhibit high stress tolerance. Based on transcriptome sequencing data (*A. mongolicum Keng*), 99 pairs of SSR primers were randomly selected and synthesized. These primers were validated for five different *Agropyron* species: *Agropyron mongolicum Keng*, *A. michnoi*, *A. desertorum*, *A. desertorum cv. nordan*, and *Agropyron cristatum* × *A. desertorum cv. Hycrest*. Five species of the studied plant were tested. Whole bands were successfully amplified with 89 primer pairs, corresponding to 90% efficiency. The target fragment sizes were consistent with sequencing results. The results demonstrated that the SSR markers developed on the basis of data of *A. mongolicum Keng* transcriptome are practical and versatile. These markers provide a solid foundation for genetic resource assessment, mapping, cultivar improvement, and genetic diversity analysis of *Agropyron*.*

Key words: mongolian wheatgrass, transcriptome sequencing, EST-SSR molecular marker, primer, PCR amplification.

Введение

Житняк монгольский (*Agropyron mongolicum Keng*) является отличной кормовой травой и обладает очень высокой кормовой ценностью. В данном исследовании метод секвенирования транскриптома был использован для высококачественного секвенирования транскриптома житняка. Праймеры для разработки SSR-маркеров были отобраны случайным образом. Обнаружен ряд праймеров SSR с высокой эффективностью амплификации и практичностью, которые удобны для будущего применения в идентификации ресурсов генетического материала того же рода [1–6].

Молекулярные SSR-маркеры, разработанные в этом исследовании на основе секвенирования транскриптома монгольского житняка [7, 8], являются эффективными и практичными. Результаты исследования закладывают основу для дальнейшей разработки молекулярных SSR-маркеров монгольского житняка. Эти маркеры являются базой для анализа разнообразия генетических ресурсов житняка [9, 10, 11], составления генетической карты, оценки генофонда и улучшения сортов.

Основная часть

Объектами исследований служили пять видов житняка, которые были собраны из питомника кормовых ресурсов и кормовой базы Сельскохозяйственного университета Внутренней Монголии (табл. 1).

Таблица 1. Виды житняка

Наименование вида	Латинское название	Источник	Тип
Житняк монгольский	<i>Agropyron mongolicum Keng</i>	Внутренняя Монголия	разновидность
Житняк пустынный	<i>Agropyron desertorum (Fisch.) Schult</i>	Внутренняя Монголия	дикие ресурсы
Житняк пустынный стандартный	<i>Agropyron desertorum CV.nordan</i>	США	разновидность
Гибрид житняка	<i>Agropyron cristatum</i> × <i>A. desertorum cv. Hycrest</i>	США	разновидность
Житняк Михно	<i>Agropyron michnoi</i>	Внутренняя Монголия	разновидность

Экстракция геномной ДНК и синтез праймеров EST-SSR.

Для выделения ДНК использовали свежие и нежные листья 5 видов житняка (стадия озеленения). Навеску массой около 0,10 г от каждого материала, поместить в центробежную пробирку со стальными шариками, быстро заморозить жидким азотом, измельчить шаровой мельницей. Экстрагировать геномную ДНК с помощью набора для экстракции геномной ДНК растений компании Tiangen (центробежная колонка). Определенные действия выполняются в соответствии с инструкцией. Качество ДНК определяли с помощью электрофореза в 1 % агарозном геле, а концентрацию ДНК определяли с помощью ультрафиолетового спектрофотометра DROP 2000.

ПЦР амплификация. ПЦР-амплификация проводилась в объеме 20 мкл [15]. Смесь состояла из 10 мкл Master Mix, 1 мкл прямого и обратного праймеров, 1 мкл матрицы ДНК (разбавленной) и 7 мкл ddH₂O для пополнения всего объема.

Процедура реакции предварительного скрининга 95 °С предварительная денатурация в течение 3 мин; денатурация при 95 °С в течение 30 с, оптимальная температура отжига праймера составляет 55 °С, отжиг составляет 30 с, элонгация 72 °С в течение 30 с, 35 циклов; 72 °С завершающая элонгация в течение 7 минут. Хранить при 4 °С.

Извлечение и обнаружение ДНК. Экстрагированная геномная ДНК житняка была обнаружена с помощью 1 % электрофореза в агарозном геле. Результаты электрофореза показали, что экстрагированная геномная ДНК имела хорошую целостность без явных разрывов и деградации. После электрофореза концентрация и чистота были определены с помощью количественного прибора измерения нуклеиновых кислот. Результаты обнаружения показали, что концентрация геномной ДНК пяти извлеченных видов житняка была высокой, значение OD260/OD280 составляло около 1,8–2,0, и в OD260 был очевидный пик поглощения, чистота была высокой, что подходило для последующей реакции ПЦР-амплификации праймеров молекулярного маркера SSR.

Значения концентрации ДНК пяти видов житняка выглядят следующим образом (табл. 2).

Таблица 2. Результаты теста ДНК

Наименование вида	Нуклеиновая кислота	Группа по эксплуатации	A260(Abs)	A280(Abs)	260/280	260/230
Житняк монгольский	63,7	ng/μL	1,275	0,621	2,05	1,13
Житняк пустынный	44,3	ng/μL	0,885	0,430	2,06	0,87
Житняк пустынный стандартный	46,3	ng/μL	0,927	0,460	2,02	0,93
Гибрид житняка	64,2	ng/μL	1,284	0,644	1,99	1,16
Житняк Михно	135,1	ng/μL	2,701	1,335	2,02	1,55

Последовательность праймеров SSR.

В этом эксперименте, основанном на секвенировании транскриптома житняка монгольского, параметры праймера были разработаны с содержанием GC 40–60 %, температурой отжига 50–60 °С, длиной праймера 18–25 п.н., а целевой фрагмент, как ожидается, будет более 50 п.н.

Таблица 3. Информация о 99 парах SSR- праймеров

№ п.п.	Номер праймера	Повторяющийся мотив	Нуклеотидная последовательность праймеров (5'-3')	Нуклеотидная последовательность праймеров (5'-3')
1	CL1017	TTTG	CAGCATATCAACACAGACAAT	TTTTTGGATTCTGCAGTCTCAGT
2	CL1018	TC	GCACCTATGTAGATGGCAACT	AGAGAGGAAAGTCCATTTCGATT
3	CL101	AGC	CCACCAACCTCTCTCCTGTAT	GTTACCGATTTGACAGCGAAGT
4	CL103	GCCTCC	GAACATCGGCTACGAGTACG	GTCCTTCTCAGTCTCTTCTTG
5	CL1064	CGT	CGCTCGTTCACATTGTAGC	ACGGACAGCTTCTGCTCACT
6	CL1073	TGC	TCTTGTCTCTGTTGTACCGAA	TGTCGACTTCCATGGATTAGAT
7	CL1085	GGC	AGATCCACAGATCCAAATCCA	CGATCGAGGAGACGAAACTAAT
8	CL1087	CGC	TTACCTTGATCTGGTACAGCT	GTCGCTGTAGGGGGCTTC
9	CL1111	GGT	GAAATTCTTCACACGTAGGCA	ATATTGCACTTTCATTTCTTCCG
10	CL1121	CGG	CTTAAATCTGAGTGATGGCCT	CTCCTCTCTCCTGCCCTAAATC
11	CL1140	CT	CTCTGAATCTGAATCTTGTTG	CATGGGGACTACAAAATGAACA
12	CL1172	CGC	AACTTGCGCACGAACGAC	GTGACTCTGGAGGACGACAAC
13	CL1193	AG	TTCTTCAGTTCAGCAAACATG	AGTGGAGGTGCAGGGTAGAAG
14	CL1237	TGC	CCTCTCTGAGTCTCTGTGCTTG	GGTCTGGTTCTCCAAGAAAGAA
15	CL1242	TA	GCTGATTGCTGGGAATATGAG	AAGATTCTGGTGAGACAGAGTG
16	CL1244	TGC	ATCTCTAAATGCCAACAGGTC	GATGCTTGTGGTGATCTTCCT
17	CL1278	AGC	GGCACAATGAATCCAGAGA	CATCATGGGGATATGGTTAAAT
18	CL1298	CA	ACTGATCGGCATCATCTTGTA	CTCAAAAGATCTGTCCCCAGTA
19	CL1317	CGG	GGACTTCTGCATCGCCATC	GAGGTCCGCCACGTAGAG
20	CL1343	GCC	GCTTTAATCCACACTTCCGTC	CCGTGGTAGCGACTGCTG

21	CL1348	CCG	AGCAGCTACCTCTGCGACA	ACGCAGAGCTTGGCGTTG
22	CL1361	TCC	AGGATTTATCGCCTTGGACAC	CTCGGAGAGGCAAAAAGAAAAG
23	CL1367	CTT	AACCTGCCAGTATGCTTAAAA	GGATCTTCTGTACGATGATTTG
24	CL1403	GTC	GATACTGCTAAATCTCGGCTT	ATTGTTCTAAGGAACCCGAAAT
25	CL1440	AGG	AGTTAGAGACGGCAGAGAGG	CCCGTCACACCTCAGCTC
26	CL1454	GA	GGAGAGGATCAAAGAAGAGG	ACTATCGACCGACACATCCAG
27	CL1458	TG	GTGGTGCAATCTTTGGATAAG	TCTTGTGTTGGCTGCTTCTG
28	CL1497	CGA	CTTCTGCTACCATGGCAC	CTCATTTTCTTCCGTTGCCTC
29	CL1520	AAGG	TACTTGTCAAGAGAAGGAACG	ACCAAATCAAGGAACCAAGCTA
30	CL1533	CCT	ATGGTTCCTGACAGTTTGCC	GAGAGTTCTCGGCTTGTAATCA
31	CL1571	TC	ACCTGGAGGTTCTCAAGCACT	GTACCACTACCACTGCATCATC
32	CL1602	CCA	ATGAAAAGGAGCTTCAGCCAT	ACCGAAGTAATTAACGACCAA
33	CL1680	GAG	GTCCGCGCAAAAAGGTGTC	CACGACCTTCGCGCTATC
34	CL168	CTG	AACCCCGACCATGATAAGAA	GTTTCACTACGGGTTTGGTCAT
35	CL1695	CGG	GCTTGCTGGAAGTCGAGG	ACACGACGTGGACCACCAT
36	CL1709	GA	AAGGAAGAAGAAGCAGCAAA	AGGAGAAAAGAAAATCGGTGAA
37	CL1728	CCG	CAAGGAGGACAAGAAGGACG	CTGTGGTTGTGGTAGTACGGGT
38	CL1754	GGA	TCTATTTGCTCGACTCTAGGC	GCCGTACTGGCAATAGAGTACA
39	CL1760	GCT	GCTCCGTTATTCATGTGATGT	CACCAGAGAAGTTCAAGGAAG
40	CL1765-1	GAG	AGGTCCTACTACGAAGACGGC	GTCCGAGGTCAAGGAAGTCAG
41	CL1765-2	CCT	GTCGAGCAGCAACCACGAC	CCCTGTAAATTTTGTAAAGAAC
42	CL1774-2	GCTTCT	TTTTAGAAAATGAAGCGACCC	CATAAAAGTTCTGGACGCTTTG
43	CL1774	AGC	GCTCACTCCATAAGCACTCAA	AGGTTGTCGACTATGCCTTGAT
44	CL1801	CT	CATACGATCTTGCTCGATTT	TTTGGATTGATTGTGTGCTCA
45	CL1813	GGC	GAACGAACGATTTGTTTATTG	GGTACCCTGTGGAGGAGGAGTA
46	CL1829	CGG	CTTGAGCTAGCCGAGGAGC	CTTCTCCTCGATCATCCTGAC
47	CL182-1	AAC	CTAACTCCTGGCAAAGAGACC	CACCTCCATGCTCCATACTTAC
48	CL182	TTG	CACCTCCATGCTCCATACTTT	TCTATCCGCTTGATATCGAATGT
49	CL1837	AGG	TACGAGGTTGTCCTCACTGAT	CAATTCCATCTCATTTCACAAC
50	CL1859	GCT	ACGGAGCTCTCGTCCCTG	CAAACCCTAAGCCAGCCAG
51	CL1875	TGG	AGCGAAGCCACGATAGGAT	ACCAACGGATAAGATAGACCCA
52	CL1915	GCT	GTTAGCCTTGACAAAGGAGTC	GAGCATAAAGCAGTACAAATGC
53	CL1925	CCT	GGGAATAGTTCGTCTCTGTTT	GCTGGTCTGGACGAGCAC
54	CL1934	CGG	CAGCTTCAGCACGTCCAC	GAAGCTAGCTAGGCAGTCACCA
55	CL1937	TCC	AGAGCGGGAGCTAGGGTTC	GACCTGGAGGTCTTCTTCCC
56	CL1941	AT	GCTTTCGTCTACAGAGAAGA	CTTCGGTAATTACGTTTACGG
57	CL1944	CGG	ATTGGAGACGGTTGTGTCC	TCTTCTCTTCTTACCTTGTG
58	CL1950	TCG	GCTTGTCTTCTTCTGCGGTT	GAATCTTCGAAAGACGACCTGT
59	CL1952	GCG	CAAGGATTACAGCTCCTACAA	AAGTAGTCGAACGACTCGATGT
60	CL1964	CAGT	ATGGCTGATCTGATTTGAAGA	GTTGTTGTGAGTGGAGGCAGTA
61	CL1967	ATCAA	CATCTTTTGATGATCCTGGTG	AGGGTGCTTGCTAATCTAGGAC
62	CL1980	CTC	CCTGGTGATCCTCTCTCTCT	TAAACTAAGTACTTCTCCGGG
63	CL1987	CGC	CAATGGTCGATCTGATCTG	ACAGGCTGCTGGTGTGTG
64	CL2032	CT	TTTCCACTACCATCAATTTCA	CACACTTGTCTGTGTGTGAGA
65	CL2039	TC	TCCTCGGTTACAGATAAGTCTT	TCACAATCATTACAAAAGAAC
66	CL2044	GA	CTTGAGTCTGAACTGAAAGTGG	TGCTCTTCAATCAAGCAATACA
67	CL206	TG	CAAACCTGAAGGGTTTTCTCC	TGTCGACAACCAGATCATCATT
68	CL2086	CCT	CAGCTTCAGCGTGTGAT	CTGAACCTGCTTCTTTCACCT
69	CL2090	AC	AGGCACACATCAACACACAT	TCGCCTCTCTTTTCTTCTCTCT
70	CL210	TTC	GACCTATGACTGATGGTCACA	CCTCTTGCAGAAGTAGCAATGT
71	CL2113	CGA	TCCTTCGTCTCCATCTACGTC	CGGTCTTTGCGGAGTAGGA
72	CL2114-1	GAG	TGAAGAGAAGGAGGAAGTGA	AGTCTCGATCTCGTAGAATCCC
73	CL2114-2	CCG	GGGATTCTACGAGATCGAGAC	CAAAGGCTTCAACAAAAACAG
74	CL2114-3	GGC	CTCAAAGGCTTCAACAAAAAC	GGGATTCTACGAGATCGAGACT
75	CL2114-4	GGC	AAGGCTTCAACAAAAACAGA	GGGATTCTACGAGATCGAGACT
76	CL2120	GC	ATCATCAGGGTAGCCAGACA	ATATGATCGATCCACACGAGAG
77	CL2136	TGCA	TTTTGGAGTGGTACACTTGTT	TAATAAGTAGCACGCATTACGC
78	CL2140	AGC	CACGTACCCAGTGTGGAGG	GAGTACGAGTACGGAGATGATC
79	CL2212	AAAC	CTACCTGACAGGCTGACACAA	GCTGTGAAATTTGTGAATAGGGA
80	CL2256	GCC	CATCCAGCAGCTCTCTACC	CATGCCTGACTGGTTGAGGT
81	CL2259	GA	CTAATTAATCCTCTGCTCAG	CACCAGCTGGCACATCAC
82	CL2259-1	GA	CATACCCGCTAATTAATCCTC	AAAAGCAGAGAAGAAGTTGTG

83	CL2270	CCCTT	GCAGGAGATTGAAATGTAATG	CCTCACCTTCTCTTCTCCTCT
84	CL2309	TGC	TTCCCCTCCTTTGTATACAGC	ACTGAAGACCATCAACAGAAG
85	CL2311	GCA	CAAACCTGTGTCAATTCTTGAG	AGAAAGCTTGTGTGCTCCGTA
86	CL2324	CA	GACTGCAAGTAGCAGGAGAG	CAGGAAGGTACCAGATCGAGA
87	CL2331	CCG	ATTCGTGAGGATGTCTATGG	ATGGGTGAGGACCTTTCTG
88	CL2333	CAC	CACCAGCACCAGCAACAG	AGAATCCCAGCAACATCAAGT
89	CL233	GCG	GATCCTAGCCATGATGGTATG	GCTTGCCTCCACTTTTTGAG
90	CL2352	CCT	ATTAAAGCCCTCTTCCACTTC	GCGGCACTTATAGGAGAATGAC
91	CL2364	AGA	CGCTGAACAGCCAAGATAAT	TATCTATCTGGCATTCTGGCTCT
92	CL2379	GAGTGG	CTGGGAGTGGTGGGTTGC	GACCAGGACACACTCTTTGAGT
93	CL2434	TCG	ATCATCTGGCTCCACCTCAG	CTCGGCACCAGCATGTTC
94	CL2441	TTG	CGAATTGAGCAGAAAAGAAG	ATATTTTGTAGGGCTCATGGAG
95	CL2449	CCA	GTCCACGCTTTGCTCTCC	GAGGTATTTTCGTGGTGTCAAT
96	CL2452	GCCG	AGCAGCAGCTAGCTATCTCAA	CTTTTCTCTTTTCGGAGCATCT
97	CL2452-1	AACC	AGATGCTCCGAAAAGAAGAA	TAAGGGGGTGTGAAGTGATAAT
98	CL2456	CGG	GTTGCTGTCGCTGAAGTAGAA	GGCAGGCTCTCACATCTCC
99	CL2476	ACC	GTCTTCAATGATCCGTTTACC	CTAAGCTGCACGAGATGGC

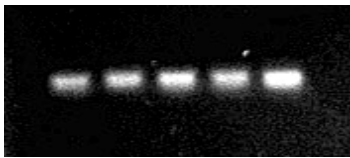
Анализ эффективности праймеров SSR. ПЦР-амплификация геномной ДНК 5 видов житняка была выполнена с помощью 99 пар праймеров. Результаты показали, что 89 пар праймеров амплифицировали четкие полосы, а 10 пар не амплифицировали продукты. Критерии успешной разработки маркеров заключаются в том, что праймеры для скрининга являются эффективными праймерами до тех пор, пока амплифицируется четкая полоса в житняке монгольском. Эти праймеры имеют большое значение для идентификации генетического материала житняка. Результаты амплификации пяти материалов из следующих 89 пар праймеров представлены на рисунке 1 (рис. 1).

Проверка праймеров SSR. Праймеры SSR, разработанные на основе данных транскриптома житняка монгольского, также амплифицируют четкие и очевидные полосы в других видах житняка, что указывает на то, что праймеры SSR для житняка обладают высокой универсальностью среди видов житняка и могут быть использованы для изучения и идентификации родственных связей растений или сортов житняка.

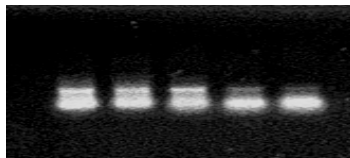
Результаты ПЦР-амплификации.

В последние годы развиваются технологии высокопроизводительного секвенирования, такие как технология секвенирования транскриптома (RNA-seq, RNA-sequence), которая определяет последовательность кДНК транскриптома, чтобы выявить все гены или EST (EST, expressed sequence tag) в растительных тканях или клетках [16, 17, 18]. Эта технология широко используется во многих исследованиях растений. Большое количество молекулярных маркеров EST-SSR было разработано и использовано на основе секвенирования транскриптома в этом эксперименте, чтобы проверить точность и надежность данных секвенирования транскриптома. Целевая полоса, амплифицированная ПЦР, обнаруженная электрофорезом в агарозном геле (рис 1), соответствовала ожидаемому размеру целевого фрагмента.

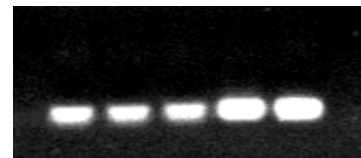
Десять пар праймеров не получили результатов амплификации. Причина может заключаться в том, что в процессе предварительного скрининга праймеров в процедуре амплификации не проводился тонкий градиентный скрининг, но непосредственно основывался на температуре отжига разработанных праймеров SSR и на предыдущих исследованиях анализа SSR различных растений. Возможно, для некоторых праймеров оптимальная температура отжига не была найдена, что могло привести к некоторой неэффективной и неспецифической амплификации [19, 20, 21].



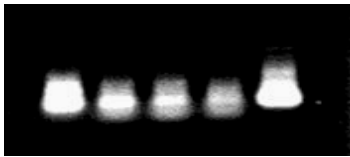
CL1017



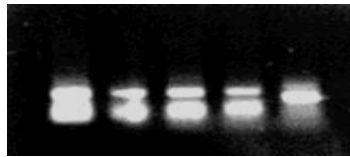
CL1018



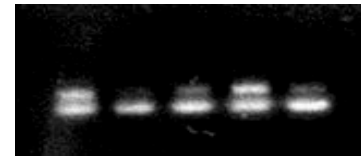
CL101



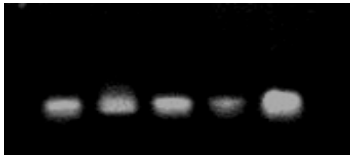
CL103



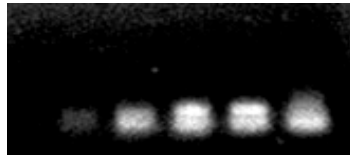
CL1064



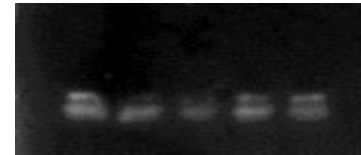
CL1073



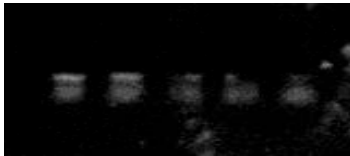
CL1085



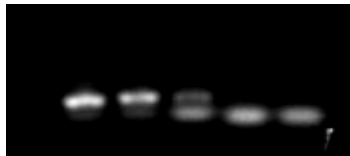
CL1087



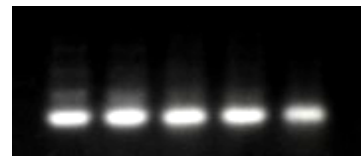
CL1111



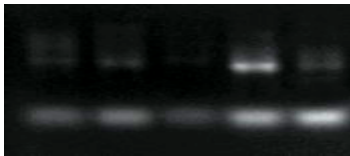
CL1121



CL1140



CL1172



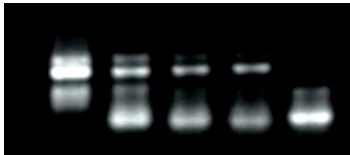
CL1193



CL1237



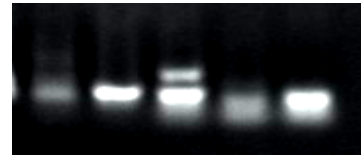
CL1242



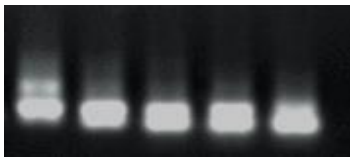
CL1244



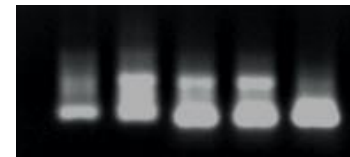
CL1278



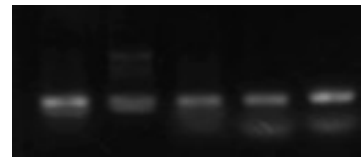
CL1298



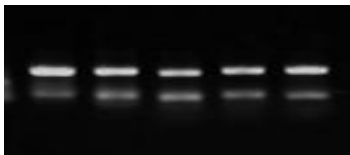
CL1317



CL1343



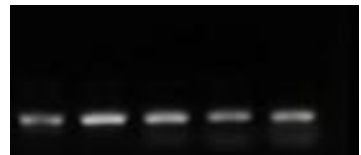
CL1348



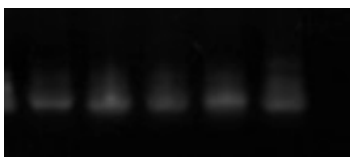
CL1361



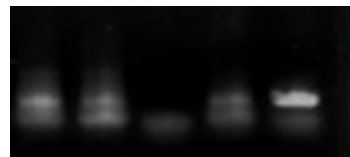
CL1367



CL1403



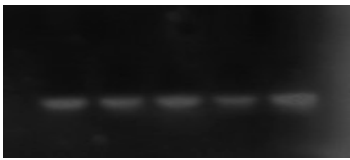
CL1454



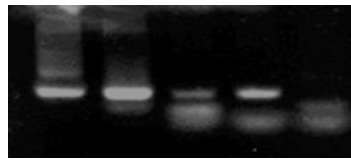
CL1497



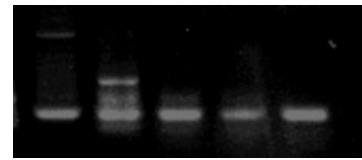
CL1520



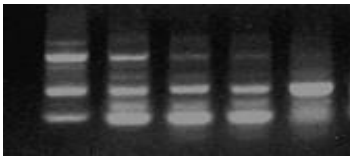
CL1533



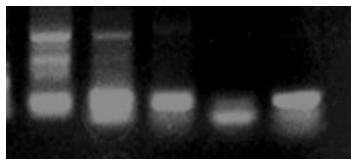
CL1571



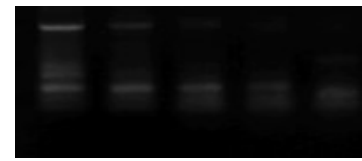
CL1602



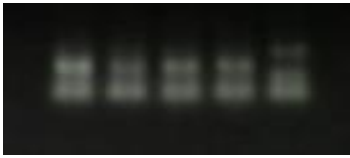
CL1680



CL168



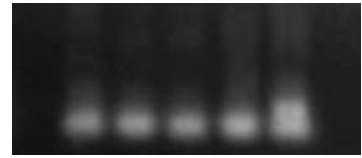
CL1695



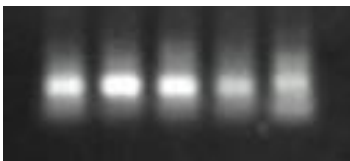
CL1774



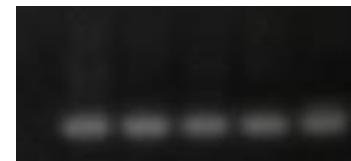
CL1801



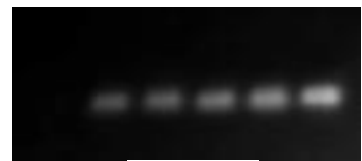
CL1829



CL182-1



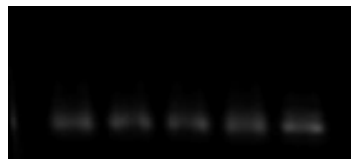
CL182



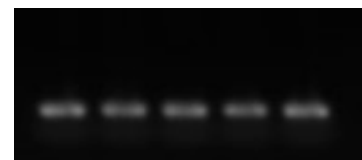
CL1837



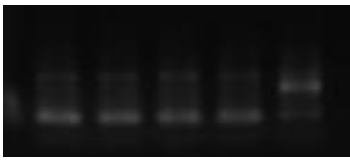
CL1859



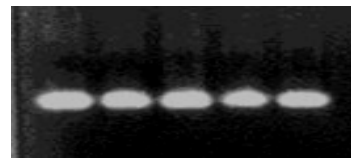
CL1875



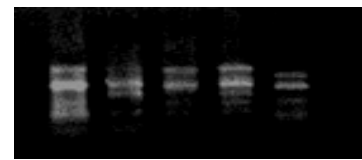
CL1915



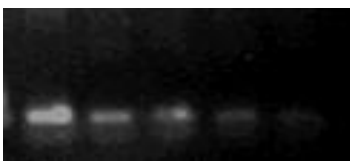
CL1925



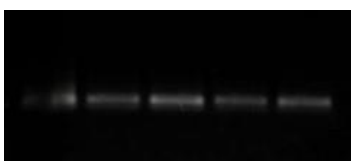
CL1937



CL1941



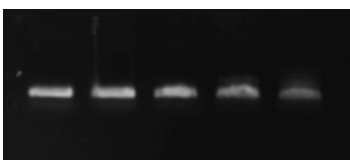
CL1944



CL1950



CL1952



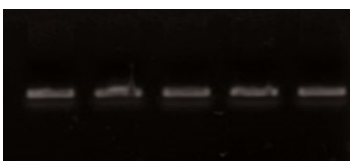
CL196



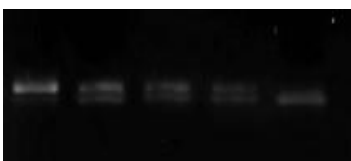
CL1967



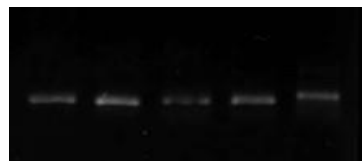
CL1980



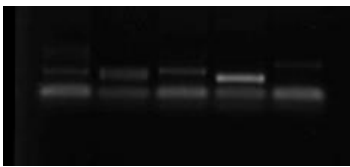
CL2032



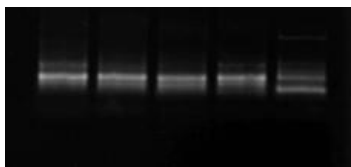
CL2039



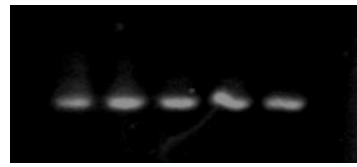
CL2044



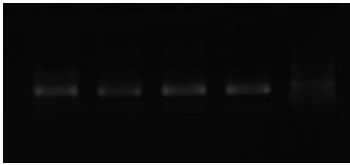
CL206



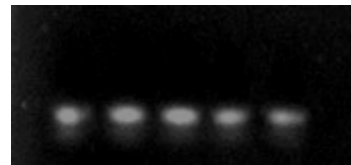
CL2086



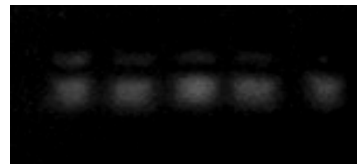
CL2090



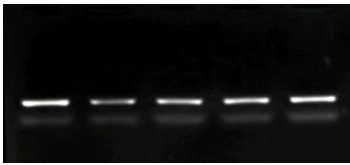
CL210



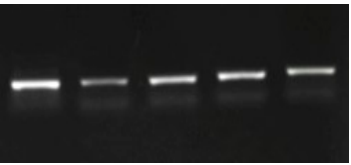
CL2113



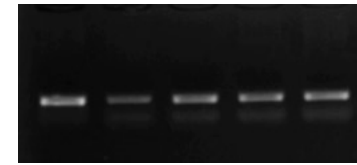
CL2114-1



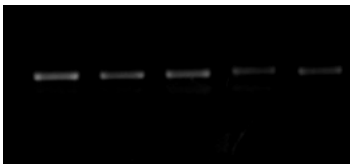
CL2114-2



CL2114-3



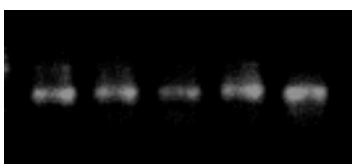
CL2114-4



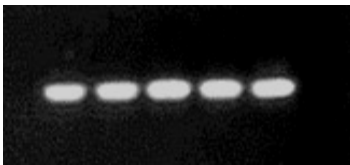
CL2120



CL2140



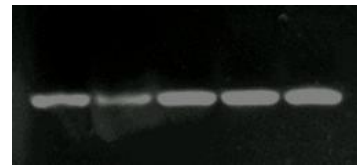
CL2212



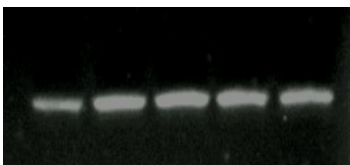
CL2256



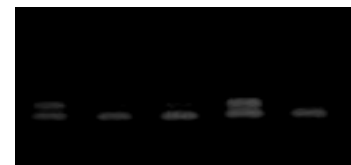
CL2259



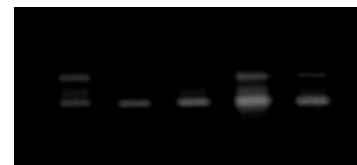
CL2270



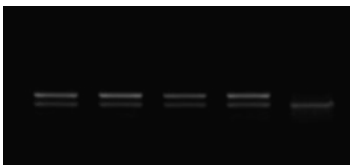
CL2309



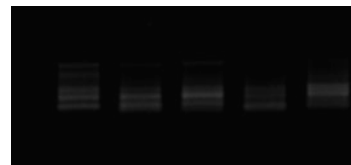
CL2311



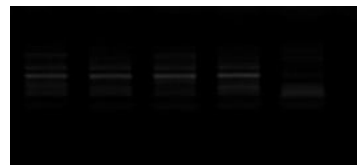
CL2324



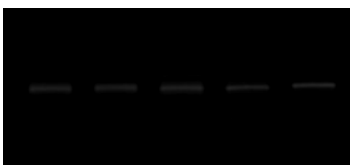
CL2331



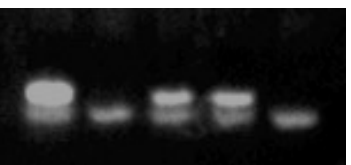
CL2333



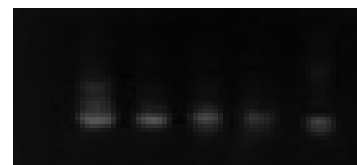
CL233



CL2352



CL2364



CL2434



CL2441



CL2449



CL2452

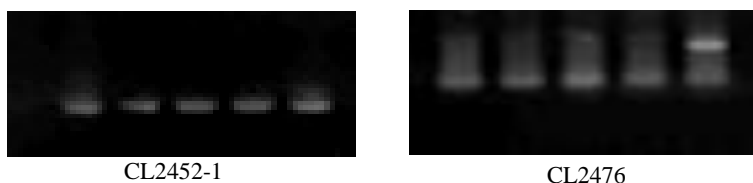


Рис. 1. Результаты амплификации 89 пар праймеров для 5 видов житняка

Повторяющиеся мотивы и частоты локусов SSR.

Таблица 4. Статистические результаты данных SSR транскриптома монгольского житняка

Число повторов	Мононуклеотидные повторы	Динуклеотидные повторы	Тринуклеотидные повторы	Тетрануклеотидные повторы	Пентануклеотидные повторы	Гексануклеотидные повторы
4	0	0	0	0	495	269
5	0	0	3780	327	54	0
6	0	973	1578	65	0	0
7	0	530	775	0	0	0
8	0	337	81	1	0	0
9	0	219	0	0	0	0
10	0	202	0	0	0	0
11	0	205	0	0	0	0
12	190	18	0	0	0	0
13	124	0	0	0	0	0
14	57	0	0	0	0	0
15	68	0	0	0	0	0
16	40	1	0	0	0	0
17	30	0	0	0	0	0
18	7	0	0	0	0	0
19	14	0	0	0	0	0
20	10	0	0	0	0	0
21	40	0	0	0	0	0
22	44	0	0	0	0	0
23	37	0	0	0	0	0
24	2	0	0	0	0	0
Итого	663	2485	6214	393	549	269

Анализируя данные типы повторяющихся мотивов, полученные из транскриптома житняка монгольского при помощи 99 SSR-праймеров, отмечается наличие в генотипе широкого разнообразия повторяющихся последовательностей от мононуклеотидных до гексануклеотидных повторов (табл. 4). Повторяющихся мотивов с 4–6 нуклеотидами в транскриптоме житняка монгольского встречается меньше, но с большим диапазоном, чем с 1–3 нуклеотидными повторами, что может служить основанием для положительной корреляцией полиморфизма, выявленного с использованием SSR-маркеров и количества повторяющихся мотивов (рис. 2).

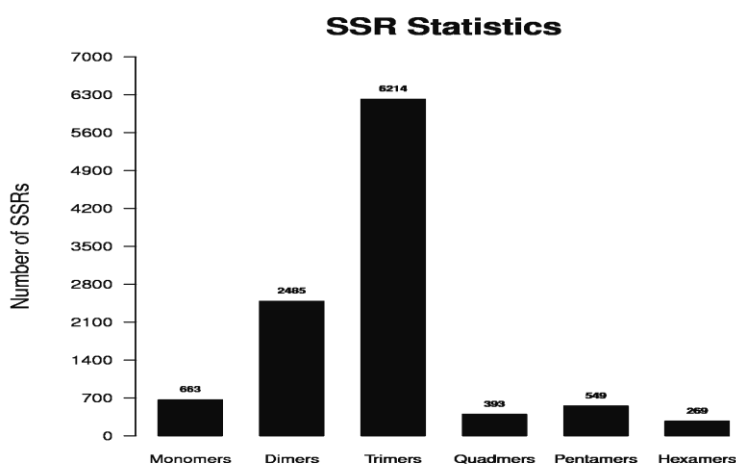


Рис. 2. Последовательности транскриптома житняка монгольского

Наиболее распространенный является тринуклеотидный повтор. Динуклеотидные повторы являются следующими по распространению. Пента и гексануклеотидные повторы встречаются реже [22–27].

Заключение

В этом исследовании было впервые разработано 99 пар праймеров EST-SSR с использованием данных последовательности транскриптома монгольского житняка, из которых 89 пар были эффективными и универсальными для других четырех видов житняка. Результаты этого эксперимента не только обеспечивают основу для дальнейшего развития SSR-маркеров житняка монгольского, но также расширяют коллекции молекулярных маркеров для анализа генетического разнообразия и размножения с использованием этих маркеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разработка молекулярных маркеров SSR и оценка генетического разнообразия транскриптома суданской травы [J] / Чжу Юнцзюнь, Пэн Дандан, Линь Чаовэнь и др. Чжу Юнцзюнь, Пэн Дандан, Линь Чаовэнь [и др.] // Журнал травяной промышленности. – 2018. – №5.
2. Стратегия секвенирования транскриптома (PHK-секвенирование) и ее данные должны быть использованы в разработке молекулярных маркеров [J] / Ли Сяобай, Сян Лин, Луо Цзе [и др.] // Китайский журнал клеточной биологии. – 2013. – №35(5): 720–726.
3. Ли Рую. Повторение простой последовательности (SSR) и его применение в исследованиях сельскохозяйственных культур [J] / Ли Рую // Shandong Agricultural Science. – 1999. – №4: 44–48.
4. Лю Юйчжоу. Исследование генетического разнообразия ресурсов зародышевой плазмы мармелада[D] / Лю Юйчжоу // Хунаньский сельскохозяйственный университет. – 2015.
5. Цзян Шаохун. Исследование генетической карты маркеров SSR сои [J] / Цзян Шаохун // Научно-техническая информация (научное обучение и исследования). – 2007. – №17.
6. Хуан Хайянь. Разработка праймеров EST-SSR и генетическое разнообразие *Eucommia ulmoides* [D] / Хуан Хайянь. – Пекин: Китайская академия лесных наук, 2013.
7. Молекулярное разведение *Dactylis grass* [J] / Тан Лу, Чжан Синьцюань, Хуан Линкай [и др.] // Наука о травянистых растениях – 2018. – №9: 2230–2240.
8. Разработка маркера Genomic-SSR для генома *Dactylis grass* [J] / Ли Цзи, Хуан Линкай, Цзинь Меня [и др.] // Молекулярная селекция растений. – 2017. –10: 237–245.
9. Анализ генетического разнообразия RAPD и ISSR 20 зародышевой плазмы люцерны в Синьцзяне [J] / Ма Цзиньсин, Ян Чжуаньчжуан, Чжан Цзюй [и др.] // Журнал Юньнаньского сельскохозяйственного университета (естественные науки). – 2018. – 33(04): 9–19.
10. Чжан Сибинь. Генетическое разнообразие молекулярных маркеров SSR различных солеустойчивых люцерны [D]. 2018.
11. Анализ генетического разнообразия маркеров SSR в ресурсах зародышевой плазмы *Miscanthus sinensis* в Китае [J] / Сяо Лян, Сюэ Де, Цзян Цзяньсюн [и др.] // Журнал генетических ресурсов растений. – 2013 (1): 36–41.
12. Прогресс в исследованиях методов экстракции ДНК растений в молекулярных маркерах [J] / Лю Тас, Лин Лимэй, Гонг Лимин [и др.] // Zhongnan Pharmaceutical. – 2005 (06): 370–373.
13. Хуан Юнлянь. Исследование экспериментальной технологии электрофореза в агарозном геле [J]. Журнал Чжаньцзянского педагогического университета, 2009, 30 (06): 83–85.
14. Chang Bingmei, Zhang Dong, Li Meining, et al. Применение нового красителя нуклеиновой кислоты в электрофорезе в агарозном геле [J]. Современная профилактическая медицина, 2010, 37 (19): 3717-3718 + 3720.
15. Xiao-Yan Zhang, Wei-Xiang Shen & Jun Gao. обнаружение резистентности *Helicobacter pylori* к кларитромицину в слизистой оболочке желудка с помощью системы амплификации рефрактерных мутаций в сочетании с количественным рсг [J] в реальном времени. Cancer Medicine, 2019, 8(4).
16. Ван Цзюэ, Лю Ман, Лю Линьюнь, Чан Чжи. Универсальный анализ маркеров EST-SSR в луговой феску и многолетнем райграсе [J]. Acta Grassland. – 2021. – 29(09): 1900–1908.
17. Разработка нового набора маркеров EST-SSR пшеницы и их применение в построении генетических карт [J] / Лу Бинбин, Дай Чан, Пэн Чжэнсун, ЯМАМОТО Наоки, У Ичао, Вэй Шухун, Ян Зайцзюнь // Северо-Китайский сельскохозяйственный журнал. – 2020. – 35(04): 57–63.
18. Разработка и проверка маркеров EST-SSR для бобов Цинхай-Тибет на основе секвенирования транскриптома [J] / Ван Инфан, Чжан Емэн, Лю Дэмэй, Шэнь Инфан, Ван Хайцин // Наука о травянистых растениях. – 2020. – 37(04): 718–727.
19. Анализ различий в качественных признаках и генетического разнообразия сортов ароматного риса *Japonica* на основе маркеров SNP [J] / Чжао Ичжоу, Ни Шаньцзюнь, Чжан Чжан, Ли Синь, Мао Тин, Чжан Лили, Лю Янь, Лю Фуцай // Ляонинская сельскохозяйственная наука. – 2020. – №1.
20. Анализ генетического разнообразия ресурсов ароматного риса в провинции [J] / Чжао Фэнминь, Ли Сюпин, Сюэ Цзинфан, Ван Линань, Ма Вэньдун, Чжан Сяньго, Шань Лили, Го Цзюньсян // Молекулярная селекция растений. – 2020. – №12.
21. Генетический анализ аромата риса *Wuyudao* № 4 и скрининг молекулярных маркеров SSR [J] / Лю Хайин, Ян Чжунлянь, Лю Хуэй, Лэн Чунью, У Личэн, Сюй Чжэньхуа, Юй Яньминь, Лай Юнцай // Хэйлунцзянская сельскохозяйственная наука. – 2021. – №6: 5–9.
22. Анализ локусов SSR и разработка полиморфных праймеров на основе генома *Erigeron breviscapus* [J] / Лю Сунвэй, Лу Инчунь, Сун Ваньлин [и др.]. – Молекулярная селекция растений. – 2018. – №12.
23. Анализ локусов SSR и разработка молекулярных маркеров на основе секвенирования транскриптома [J] / Лю Хэ Хуэйвэнь, Лю Цзюньюй, Гуань Миньхуа, Ли Ци, Цзэн Сунцзюнь, У Куньлинь // Молекулярная селекция растений. – 2021: 1–13.
24. Разработка и универсальный анализ маркеров EST-SSR для *Acer verde* на основе последовательности транскриптома [J] / Му Ин, Бай Юньхай, У Цзин, Доу Дэцюань, Чжан Жуйи // Молекулярная селекция растений. – 2021: 1-18.
25. Анализ характеристик локусов SSR на основе данных транскриптома плодов ежевики [J] / У Яцюн, Чжан Чуньхун, Ян Хайянь, Лу Ляньфэй, Ли Вэйлинь, У Вэньлун // Молекулярная селекция растений. – 2021: 1–10.
26. Анализ информации о локусах SSR в транскриптоме *Alisma* [J] / Цинь Ся, Линь Вэньцзинь, Вэнь Сянюэ, У Шуаншуан, Сюй Жунцин, Вэй Даочжи // Молекулярная селекция растений. – 2021: 1–14.
27. Анализ локусов ассоциации признаков, связанных с содержанием сахара в мясистых корнях редьки [J] / Гао Минган, Лю И, Ван Жуйхуа, Хань Минь, Ли Юаньюань // Журнал Северо-Западного университета сельского и лесного хозяйства (издание естественных наук). – 2022. – №5: 1–1.

МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК : 631.531.027:581.1.04

АНАЛИЗ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ МИКРОВОЛНОВОЙ АКТИВАЦИИ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

С. В. КУРЗЕНКОВ, ЦЗЮНЬЯНЬ ЛУ

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

(Поступила в редакцию 16.06.2025)

Исследования по подготовке семян к посеву и разработке соответствующего технологического оборудования является перспективной задачей решения вопросов обеспечения сельхозпроизводителей высококачественным семенами и снижения экологической нагрузки на посевные угодья. Данные задачи актуальны как для сельхозпроизводителей Республики Беларусь, так и Китая. Это открывает возможности научного сотрудничества между двумя странами в области сельского хозяйства, что в свою очередь будет способствовать устойчивому развитию мировой аграрной отрасли.

Микроволновая активация семян – это физический метод, направленный на вывод семян из состояния покоя, ускорение их ферментативной активности и обмена веществ, преобразование запаса их питательных веществ в легко усваиваемые формы и повышение проницаемости их клеточных мембран. Это позволяет существенно увеличить урожайность сельскохозяйственных культур.

В настоящее время научные исследования по внедрению в производство предпосевной микроволновой обработки семян ведутся как в Беларуси, так и в Китае. Анализ научных публикаций по данному направлению исследований показывает, что при выборе оптимальных основных технических и технологических параметров можно эффективно контролировать весь процесс микроволновой предпосевной обработки семян. Однако семена сельскохозяйственных культур в Беларуси и, тем более в Китае, характеризуются существенными различиями в гранулометрическом составе, химическом и биологическом строении, поэтому говорить о том, что вопрос оптимизации параметров и реализации промышленной технологии микроволновой предпосевной обработки семян абсолютно изучен – преждевременно.

Учитывая сказанное выше, исследования в данной области следует продолжать, стремясь глубже понять границы безопасного воздействия микроволновой обработки и оптимизации ее параметров с учетом развития современных технологий.

Данная работа посвящена анализу физико-технических основ микроволновой активации семенного материала сельскохозяйственных культур с обсуждением выбора и согласования ключевых технических и технологических параметров предпосевной микроволновой обработки семян сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: семенной материал, микроволновая активация, технические параметры, качество семян.

Research on the preparation of seeds for sowing and the development of appropriate technological equipment is a promising task of solving the issues of providing agricultural producers with high-quality seeds and reducing the environmental burden on sown lands. These tasks are relevant both for agricultural producers of the Republic of Belarus and China. This opens up opportunities for scientific cooperation between the two countries in the field of agriculture, which in turn will contribute to the sustainable development of the world agricultural sector.

Microwave seed activation is a physical method aimed at bringing seeds out of dormancy, accelerating their enzymatic activity and metabolism, converting their nutrient reserves into easily digestible forms and increasing the permeability of their cell membranes. This allows you to significantly increase the yield of agricultural crops.

At present, scientific research on the introduction of pre-sowing microwave seed treatment into production is being carried out both in Belarus and in China. The analysis of scientific publications in this area of research shows that when choosing the optimal basic technical and technological parameters, it is possible to effectively control the entire process of microwave pre-sowing seed treatment. However, the seeds of agricultural crops in Belarus and, especially, in China, are characterized by significant differences in the granulometric composition, chemical and biological structure, so it is premature to say that the issue of optimizing the parameters and implementing the industrial technology of microwave pre-sowing seed treatment has been absolutely studied.

In view of the above, research in this area should be continued, seeking to better understand the limits of the safe effects of microwave processing and the optimization of its parameters, taking into account the development of modern technologies.

This work is devoted to the analysis of the physical and technical foundations of microwave activation of crop seed material with a discussion of the selection and coordination of key technical and technological parameters of pre-sowing microwave treatment of crop seeds.

Key words: seed material, microwave activation, technical parameters, seed quality.

Введение

Растениеводство является ключевой отраслью сельского хозяйства как для Республики Беларусь, так и для Китая, а семенной материал, его качество и потенциал имеет приоритетное значение для его развития.

Предпосевное состояние семенного материала связано не только с ростом и развитием сельскохозяйственных культур, но и напрямую влияет на конечный их урожай. Эффективность семян при посеве зависит от потенциала, заложенного в них; сохранения их биологической активности в условиях хранения; активации потенциала в ходе предпосевной их подготовки; соблюдения агротехнических требований посева и культуры возделывания всходов с учетом условий благоприятной экологической и метеорологической обстановки.

Семена – это живые организмы, в которых заложена вся информация о растении, аккумулирован запас энергии и питательных веществ, который необходим для их нормального развития и сохранения жизнеспособности. К сожалению, этот потенциал при посеве семян используется только на 30–40 % [1]. Поэтому и возникает необходимость в активизации стартовых реакций и обменных процессов, возникающих в семенах [2].

Традиционные технологии подготовки семян к посеву сводятся к простейшим приёмам и не всегда дают желаемый результат [3, 4]. Обзор научной литературы свидетельствует о достаточно высокой эффективности и практическом значении предпосевного стимулирования семян биологическими препаратами, химическими веществами, обеспечивающими не только повышение посевных качеств, но и урожайных свойств семян [1, 2, 3]. Однако эти методы несут риск экологического загрязнения окружающей среде. В связи с этим ведущие западные фирмы, предприятия стран СНГ и Китая, разрабатывающие сельхозтехнику и технологическое оборудование, продолжают осуществлять поиск эффективных способов раскрытия генетически заложенного потенциала в семенном материале. При этом научные исследования по подготовке семян к посеву и разработке соответствующего технологического оборудования являются перспективными как для сельхозпроизводителей Республики Беларусь, так и для Китая. Это открывает возможности научного сотрудничества между двумя странами в области сельского хозяйства, что в свою очередь должно способствовать устойчивому развитию мировой аграрной отрасли.

Целью представленных материалов исследований является анализ физико-технических основ микроволновой активации семенного материала сельскохозяйственных культур с обсуждением выбора и согласования ключевых технических и технологических параметров микроволновой обработки на активность прорастания семян.

Основная часть

Микроволновая активация семян – это физический метод, направленный на вывод семян из состояния покоя, ускорение их ферментативной активности и обмена веществ, преобразование запаса питательных веществ в легко усваиваемые формы и повышение проницаемости их клеточных мембран.

Потенциальное влияние микроволнового электромагнитного поля на растения и живые клетки можно разделить на следующие категории: энергетические, биофизические, биохимические и термические эффекты. Причем данные эффекты и благотворное их влияние на посевные качества семян зависят от интенсивности и степени воздействия, а также от индивидуальных особенностей, состава и состояния семенного материала.

Эффективность микроволновой обработки семян перед их посевом обуславливается эффектом быстрого внутреннего проникновения СВЧ-волн внутри семени, их взаимодействием с химическими элементами (например, с водой) семени, сопровождающимся быстрым термическим нагревом его составляющих, что способствует их подвижности. Это в свою очередь способствует активизации биохимических процессов и ферментативных реакции в семенах, а также ускоренному обмену веществ и улучшению физиологических характеристик семени. Интенсивное внутреннее нагревание семени инициирует микродвижений молекул, что изменяет проницаемость клеточных стенок и мембран. Такой эффект может облегчить впитывание влаги, ускоряя процессы ее поглощения, которые необходимы для начала прорастания семян. Одновременно с этим происходит дезактивация патогенных микроорганизмов, находящихся как на поверхности семени, так и внутри него, что снижает риск развития болезней в начальной стадии роста растений, позволяет бороться с корневыми гнилями.

Методика микроволновой стимуляции семян перед посевом представляет собой интересное сочетание физического воздействия на семена и их биохимический состав. По разным источникам [1–8] это позволяет для различных сельскохозяйственных культур повысить полевую всхожесть семян до

38 %, повысить урожайность растений до 30 %, получить опережение созревания урожая на 8–12 дней, что дает возможность проводить уборочные работы в более благоприятных условиях.

Внедрение микроволновой активации в процесс предпосевной обработки семян может способствовать снижению зависимости от химических стимуляторов и дезинфицирующих средств в сельхозотрасли, а значит улучшить ее экологическое состояние.

Анализ научных публикаций по данному направлению исследований показывает, что при выборе оптимальных основных технических и технологических параметров – частоты микроволн, времени сухой обработки, начальной влажности семян, однородности обработки и скорости потока семян – можно эффективно контролировать весь процесс микроволновой предпосевной обработки семян. Однако семена сельскохозяйственных культур в Беларуси и, тем более в Китае, характеризуются существенными различиями в гранулометрическом составе, химическом и биологическом строении, поэтому говорить о том, что вопрос оптимизации параметров и реализации промышленной технологии микроволновой предпосевной обработки семян абсолютно изучен – преждевременно.

Учитывая вышесказанное, исследования в данной области являются актуальными. Их следует продолжать, стремясь глубже понять границы безопасного воздействия микроволновой обработки и оптимизации ее параметров с учетом развития современных технологий.

1. Влияние частоты микроволнового излучения на активность прорастания: в настоящее время в основном используемая частота микроволновой обработки семян составляет 2450 МГц, этот диапазон широко принят в промышленности, науке и медицине [9]. Данная частота эффективно стимулирует движение молекул воды, белков и нуклеотидов в семенах, что позволяет микроволновой энергии быстро преобразовываться в тепловую. Поэтому микроволновая обработка семян на частоте 2450 МГц в сочетании с регулировкой плотности мощности и времени облучения позволяет предотвратить локальный перегрев семян и обеспечивает более эффективное применение технологии микроволновой обработки.

Например, при частоте 2450 МГц микроволновая обработка семян сои в течение 3–5 минут вызывает микротрещины на оболочке семян, что повышает ее проницаемость для влаги и эффективно увеличивает активность прорастания семян сои [10].

2. Влияние времени микроволновой сушки на активность прорастания: время микроволновой сушки оказывает двоякое воздействие на семена. Выбор оптимального диапазона времени микроволновой обработки семян перед посевом позволяет эффективно повысить активность их прорастания, жизнеспособность и стрессоустойчивость, не влияя на качество посева [10, 11].

Однако при длительном времени микроволновой сушки происходит повреждение внутренних тканей семян, что приводит к снижению активности прорастания, жизнеспособности и устойчивости. Таким образом, при микроволновой обработке зерновых семян необходимо избегать чрезмерно длительного времени воздействия, так как это может повредить семена [10, 11].

Для выбора оптимальных параметров следует комплексно учитывать вид и особенности семенного материала, а также плотность мощности микроволнового излучения.

Например, оптимальное время сушки семян сои составляет 5 минут, при этом активность прорастания может увеличиться на 22 % [11].

3. Влияние начальной влажности семян на активность прорастания: перед микроволновой обработкой избыточная или недостаточная начальная влажность семян отрицательно сказывается на их активности прорастания. При микроволновой обработке семян с оптимальной начальной влажностью энергия микроволн усваивается легче, что приводит к более быстрому повышению внутренней температуры и более равномерному распределению влаги, что эффективно повышает процент прорастания.

Однако при высокой начальной влажности семян во время микроволнового нагрева возможно локальное перегревание, что приводит к повреждению внутренней структуры семян и, как следствие, к снижению активности прорастания. При недостаточной влажности семян эффект от микроволновой обработки просто теряется.

Например, установлено [12], что оптимальная начальная влажность семян пшеницы для микроволновой их стимуляции составляет около 12–14 %. При этом сохраняется высокая активность прорастания семян пшеницы.

4. Влияние однородности микроволновой обработки на активность прорастания: однородность является одним из ключевых факторов микроволновой активации, определяющим ее эффективность. Равномерное воздействие микроволнового излучения обеспечивает получение семенами одинакового теплового эффекта, достигая равномерного прогрева всех частей семени без возникновения локальных пе-

регревов или недогревов. Равномерный нагрев способствует повышению степени активации биологически активных веществ внутри семян, стимулирует их метаболическую активность и развитие семян. Путём рациональной оптимизации внутренней конструкции микроволнового оборудования и распределения электромагнитного поля внутри микроволнового устройства можно улучшить однородность микроволновой обработки семян, тем самым устраняя их локальные перегревы или недогревы.

5. Влияние скорости потока семян на активность прорастания: скорость потока семян является важным параметром микроволновой обработки, напрямую влияющим на эффективность обработки.

Оптимальная скорость должна обеспечивать достаточное поглощение микроволновой энергии семенами, при этом предотвращая их чрезмерное повреждение.

Согласно результатам экспериментов [13], при скорости потока семян 0,6–0,8 м/с после микроволновой обработки прорастание семян сои увеличивается на 9,5–14,8 %, что связано с повышением проницаемости оболочки семян под воздействием микроволн. При слишком низкой скорости потока семян (например 0,3 м/с) прорастание увеличивается всего на 3,2 %, при этом возрастает вероятность возникновения деформаций корневых окончаний.

Различная мощность микроволнового оборудования, различные типы семян и различные цели обработки приводят к изменению оптимальной скорости потока, поэтому в практической работе необходимо экспериментальным путем определить оптимальную скорость потока.

Заключение

Ключевыми техническими и технологическими параметрами микроволновой активации семенного материала, которые оказывают влияние на изучаемый процесс являются: плотность мощности микроволнового излучения, его частота и время обработки, начальная влажность семян, однородность обработки и скорость потока семян. Физиологические характеристики семян и конечный эффект обработки определяются их диэлектрическими, тепловыми и биологическими свойствами, а также взаимодействием между слоями. Поэтому важной задачей научных исследований является оптимизация сочетания перечисленных выше параметров под биологические, химические, гранулометрические особенности обрабатываемого материала. Другой немаловажной задачей является проектирование и создание технического решения по микроволновому предпосевной активации семян сельскохозяйственных культур. Третьей задачей внедрения микроволновой предпосевной обработки в производство является соблюдение необходимых режимных и технологических рекомендаций по ведению обработки. Это возможно только с учетом развития современных технологий при использовании диэлектрических датчиков и алгоритмов искусственного интеллекта для точного регулирования нескольких ключевых параметров микроволновой активации с целью достижения оптимального эффекта обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексейчук, Г. Н. Современная технология предпосевной обработки семян и ее биологические основы / Г. Н. Алексейчук, Н. А. Ламан, Ж. Н. Калацкая // Наука и инновации. – 2006. – Т.43, № 9. – С. 37–41.
2. Ксенз, Н. В. Обзор электрофизических методов предпосевной обработки семян / Н. В. Ксенз, Н. С. Гукова / Сб. науч. тр. / Азово-Черномор. гос. агроинж. акад. – зерноград, 2003. – Вып. 3. – С. 90–93.
3. Каспаров, В. А. Применение пестицидов за рубежом / В. А. Каспаров, В. К. Промоненков. – М.: Агропромиздат, 1990.
4. Строна, И. Г. Допосевная и предпосевная обработка семян сельскохозяйственных культур / И. Г. Строна // Теория и практика предпосевной обработки семян: Сб. науч. тр.– Киев, 1984. – С. 5–16.
5. АПК-Информ On-Line Высокие технологии - надёжный способ повышения урожайности [Электронный ресурс]. – 2002. – Режим доступа: <http://www.apk-inform.com/showart.php?id=6295>. – Дата доступа: 14.06.2025.
6. Ионова, Е. В. / Влияние электромагнитного поля сверхвысокой частоты на посевные, биохимические и физиологические качества семян сорго и других культур: автореф. дис...канд. с.-х. наук / Е. В. Ионова; Дон. зон. НИИСХ. – пос. Рассвет, 2003. – 26 с.
7. Червяков, А. В. Предпосылки и практическая реализация технологии предпосевной обработки семян СВЧ полем / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, А. С. Циркунов // Вестник БГСХА. – 2012. – № 2. – С. 131–137.
8. Влияние микроволновой обработки на жизнеспособность и физиологические характеристики семян сосны масляной / Шэнь Сыфань, Гао Хандун, Мэй Дуо Чжуга [и др.] // Семена. – 2024. – С. 40–45.
9. Бао Цзяньцин, Сунь Цзэ. Обсуждение применения технологии микроволновой сушки семян сельскохозяйственных культур. Южная сельскохозяйственная техника, 2024. – 68–70 с.
10. Хань Цземинь. Исследование оптимизации равномерности температуры многорежимного микроволнового нагрева на основе совместного управления мощностью и частотой: диссертация на соискание ученой степени магистра. Куньминский политехнический университет, 2024.
11. Лу Синьюэ. Влияние микроволновой обработки на прорастание, питательные и активные компоненты кукурузы. дипломная работа. Аньхойский инженерный университет, 2024.
12. Влияние микроволновой обработки на жизнеспособность семян рапса / Ян Ини, Сюй Хунчжи, Цзэн Чуань [и др.] // Южное сельское хозяйство. – 2023. – 143–146 с.
13. Чжан Сучинь, Гао Фань, Го Цзюйюань. Современные исследования влияния новых технологий предпосевной обработки семян на качество масла и антиоксидантные свойства / Зерно и масло. – 2022. – 1–4 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОНКОСТИ ОТСЕВА ТКАНЫХ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН РАСЧЁТНЫМ МЕТОДОМ

В. Г. КОСТЕНИЧ

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220023, e-mail: kaf.tia@bsatu.by*

В. А. БЕЛОУСОВ, А. В. ГОРДЕЕНКО

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

А. В. ЗАХАРОВ

*УО «Белорусский национальный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220013, e-mail: gra_atf@bntu.by*

(Поступила в редакцию 16.06.2025)

Износ основных деталей двигателей внутреннего сгорания автомобилей, тракторов, строительных, сельскохозяйственных и других машин имеет преимущественно абразивный характер и вызывается абразивными частицами загрязнений, проникающими в двигатель вместе с воздухом, топливом и маслом, а также находящимися в смазочном масле продуктами износа деталей. Присутствие в смазочном масле загрязнений в виде мелкодисперсных частиц с высокой твердостью значительно ускоряет процесс износа и может привести к аварийному выходу двигателя из строя, поэтому в систему смазки любого двигателя внутреннего сгорания входят агрегаты очистки масла (маслоочистители). Одной из основных характеристик, определяющих качество очистки смазочного масла маслоочистителями, является их тонкость отсева.

В статье рассмотрены методы и способы очистки масла в двигателях внутреннего сгорания при помощи фильтров различных конструкций и с разными фильтровальными материалами; методы определения герметичности фильтров, их сопротивления потоку воздуха, пористости материалов и дана их сравнительная оценка.

В работе предлагается метод определения средней тонкости отсева тканых фильтровальных материалов, изготовленных из синтетических волокон одинакового диаметра. Исследована связь тонкости отсева тканого фильтрующего материала с его пористостью и диаметром волокон. Используя полученную формулу, можно определить среднее расстояние d_n между волокнами ткани, которое соответствует средней тонкости отсева фильтрующего материала. По полученным формулам выполнены расчёты отношения среднего диаметра пор к диаметру волокна в зависимости от угла расхождения волокон α и пористости фильтрующего материала Π , результаты которых представлены в таблице.

Ключевые слова: *двигатель внутреннего сгорания, система смазки, очистка масла, фильтр, тонкость отсева.*

Wear of the main parts of internal combustion engines of cars, tractors, construction, agricultural and other machines is predominantly of an abrasive nature and is caused by abrasive particles of contaminants penetrating the engine together with air, fuel and oil, as well as by wear products of parts contained in the lubricating oil. The presence of contaminants in the form of finely dispersed particles with high hardness in the lubricating oil significantly accelerates the wear process and can lead to emergency failure of the engine, therefore, the lubrication system of any internal combustion engine includes oil cleaning units (oil purifiers). One of the main characteristics determining the quality of lubricating oil purification by oil purifiers is their sifting fineness.

The article considers methods and techniques for purifying oil in internal combustion engines using filters of various designs and with different filter materials; methods for determining the tightness of filters, their resistance to air flow, porosity of materials, and provides a comparative assessment.

The paper proposes a method for determining the average sifting fineness of woven filter materials made of synthetic fibers of the same diameter. The relationship between the sifting fineness of a woven filter material and its porosity and fiber diameter was investigated. Using the obtained formula, it is possible to determine the average distance d_n between the fibers of the fabric, which corresponds to the average sifting fineness of the filter material. According to the obtained formulas, the ratio of the average pore diameter to the fiber diameter was calculated depending on the angle of the fibers α and the porosity of the filter material Π , the results of which are presented in the table.

Key words: *internal combustion engine, lubrication system, oil purification, filter, sifting fineness.*

Введение

Ресурс двигателя внутреннего сгорания (ДВС) на 80 % обусловлен износом его деталей, при этом износ деталей, вызываемый абразивными частицами загрязнений, достигает 60–80 % от общего износа в зависимости от запылённости воздуха [1]. Поэтому для уменьшения износа деталей двигателя и увеличения наработки до капитального ремонта в процессе его работы должна осуществляться непрерывная очистка масла, которая применяется на всех без исключения современных двигателях.

Маслоочистители (МО) должны обеспечивать удаление из смазочного масла опасных продуктов загрязнений и полную защиту ответственных трущихся пар и механизмов от их вредного воздействия

[2]. По принципу действия МО можно разделить на фильтры и силовые очистители. Для изготовления фильтров применяют сетки различных конструкций, навитую с определённым шагом металлическую проволоку или профильную ленту, набор пластин из различных материалов, металлокерамику, порошковые материалы, специальные фильтровальные бумаги и картоны и т.д. Фильтры грубой очистки являются полнопоточными и устанавливаются последовательно в циркуляционном контуре. Фильтры тонкой очистки устанавливаются или последовательно, или параллельно контуру циркуляции масла (на ответвлении). Из силовых МО наибольшее распространение получили центробежные очистители с активным и реактивным гидравлическим приводом ротора. Основными недостатками силовых очистителей является относительная сложность их конструкции, требуемая высокая точность изготовления, повышенные затраты мощности на гидропривод ротора [2]. Общим недостатком как фильтров, так и центрифуг является их низкая эффективность в начальный период (чистый фильтр, пустой ротор) и, особенно, при холодном пуске двигателя.

В работе [3] предлагается использование фильтрующих элементов из углеродных тканей для очистки масла в ДВС. Углеродные ткани обладают большой прочностью на разрыв, высокой химической стойкостью в агрессивных средах, хорошей тепло- и электропроводностью, стойки к воздействию высоких температур. При использовании предлагаемого фильтра в системе смазки двигателя появляется возможность его регенерации, которая осуществляется без разборки фильтра; а также подогрева масла, проходящего через фильтр, при пуске холодного двигателя.

Одной из основных характеристик, определяющих фильтрационные свойства ткани, является тонкость отсева. Тонкость отсева средняя (номинальная) характеризуется размером монодисперсных частиц загрязнителя, для которых полнота отсева равна 50 % (95 %) [4]. Средняя тонкость отсева зависит от диаметра пор фильтрующего материала или, для волокнистых материалов, от среднего расстояния между волокнами ткани.

Целью исследования является изучение влияния пористости и диаметра волокна тканого фильтровального материала на его тонкость отсева и разработка методики определения тонкости отсева тканых фильтровальных материалов из синтетических волокон расчётным методом.

Основная часть

Существуют различные методики для определения тонкости отсева фильтровальных бумаг и картонов, образованных хаотически, неупорядоченно сложенными частицами или волокнами неправильных геометрических форм. Так, например, в методе определения герметичности [5] в качестве косвенного показателя используется давление проскока первого пузырька, которое пересчитывается в абсолютную тонкость фильтрации, соответствующую условному диаметру максимальной поры фильтрующего материала, по формуле:

$$D = \frac{4\sigma \cdot 10^3}{\Gamma}, \text{ мкм}, \quad (1)$$

где σ – поверхностное натяжение испытательной жидкости, мН/м; Γ – герметичность, Па.

Поверхностное натяжение σ находят по формуле:

$$\sigma = 51,5\rho - 16,6, \text{ мН/м}, \quad (2)$$

где ρ – плотность испытательной жидкости, г/см³.

Метод определения сопротивления потоку воздуха [6] основан на определении перепада давления воздуха, проходящего через испытуемый образец с заданной скоростью. Этот метод позволяет оценивать и сравнивать только гидравлическое сопротивление различных фильтрующих материалов, но не даёт возможности определить их тонкость отсева.

В работе [7] авторами установлена однозначная зависимость средней тонкости фильтрации пористых перегородок от коэффициента проницаемости K , который рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{Q\mu l}{Fp}, \quad (3)$$

где Q – расход жидкости (воздуха), см³/с; μ – динамическая вязкость жидкости, Па·с; l – толщина пористой перегородки, см; F – площадь пористой перегородки, см²; p – гидравлическое сопротивление пористой перегородки, Па.

Средняя тонкость фильтрации определяется по формуле:

$$\delta_0 = \frac{\lg(K \cdot 10^8) - 0,3459}{0,0754}, \text{ мкм}. \quad (4)$$

Однако, как отмечается авторами, данная зависимость может быть применена лишь для ограни-

ченного интервала тонкости отсева от 2,5 до 27 мкм.

Наиболее достоверные результаты по определению тонкости отсева фильтрующих материалов даёт метод микроскопического анализа фильтрата, отобранного перед фильтрующей перегородкой и после неё. Однако применение этого метода связано с определёнными трудностями: необходимостью специального оборудования и приборов и значительной трудоёмкостью проведения микроскопического анализа.

Нами предлагается метод определения средней тонкости отсева тканых фильтрующих материалов, изготовленных из синтетических волокон одинакового диаметра. Тонкость отсева тканого фильтрующего материала зависит от диаметра волокна нити, из которой изготовлена ткань, и пористости ткани. Рассмотрим, как связана тонкость отсева тканого фильтрующего материала с его пористостью и диаметром волокон.

Пусть мы имеем некоторый объём ткани V_T . Будем считать, что ткань состоит из одинаковых волокон диаметром d и длина волокон l значительно превышает их диаметр, то есть $l \gg d$. Волокна, находящиеся в объёме ткани V_T , будут занимать объём V_B . Тогда общий объём пор, заключённых в объёме ткани V_T , будет равен разности между объёмом ткани V_T и объёмом волокон V_B , заключённых в данном объёме ткани:

$$V_{\Pi} = V_T - V_B. \quad (5)$$

Отношение объёма пор к объёму ткани называется пористостью, то есть:

$$\Pi = \frac{V_{\Pi}}{V_T} = \frac{V_T - V_B}{V_T} = 1 - \frac{V_B}{V_T}. \quad (6)$$

Для определения пористости ткани воспользуемся методикой академика Лейбензона Л.С. [8]. Расположение волокон в нити ткани может изменяться между двумя крайними положениями, первое из которых соответствует максимально плотному размещению волокон (рис. 1а), а второе – наиболее свободному (рис. 1б).

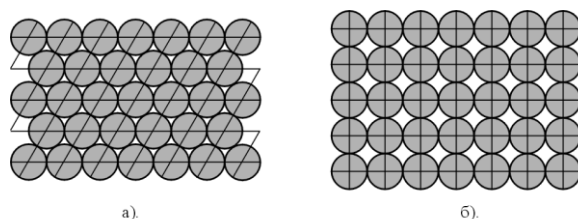


Рис. 1. Расположение волокон ткани в поперечном сечении

Рассмотрим элементарный участок сечения ткани, в который будут входить четыре расположенных рядом волокна. В первом случае будем считать, что волокна ткани соприкасаются друг с другом. Так как все волокна имеют одинаковый диаметр, то расстояние между центрами двух соприкасающихся волокон будет равно сумме их радиусов, или их диаметру (рис. 2).

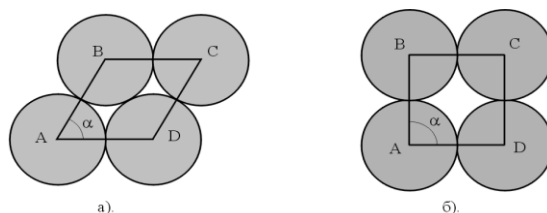


Рис. 2. Элементарная ячейка тканого фильтрующего материала

Очевидно, что центры волокон будут располагаться в вершинах ромба или квадрата $ABCD$ со стороной, равной диаметру волокна d и углом α , изменяющимся от 60° до 90° . Части волокон, находящиеся внутри ромба, при сложении их образуют целое волокно. Любое поперечное сечение пучка волокон может рассматриваться, как сумма множества элементарных участков в виде ромба (квадрата) $ABCD$ (рис. 3).

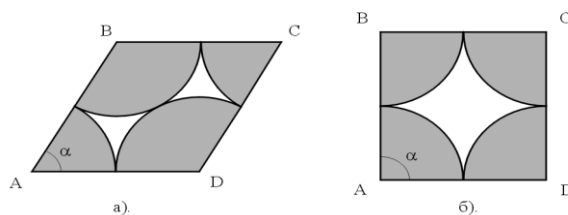


Рис. 3. Расчётная схема к определению пористости ткани в случае соприкосновения волокон

Пористость ткани может быть определена, как отношение объёма пор, заключённых в призме с

основанием $ABCD$ и высотой l , к объёму самой призмы:

$$\Pi = \frac{V_{\Pi}}{V_T} = \frac{S_{\Pi} \cdot l}{S_T \cdot l} = \frac{S_T \cdot l - S_B \cdot l}{S_T \cdot l} = 1 - \frac{S_B}{S_T}, \quad (7)$$

где S_T – площадь ткани в поперечном сечении, которую можно определить по формуле:

$$S_T = S_{ABCD} = d^2 \sin \alpha; \quad (8)$$

S_{Π} – площадь, занимаемая порами в поперечном сечении ткани;

S_B – площадь, занимаемая волокнами в поперечном сечении ткани, определяемая по формуле:

$$S_B = \frac{\pi d^2}{4}. \quad (9)$$

Тогда для пористости ткани имеем:

$$\Pi = 1 - \frac{\frac{\pi d^2}{4}}{d^2 \cdot \sin \alpha}, \quad (10)$$

и, после преобразований, окончательно получим:

$$\Pi = 1 - \frac{\pi}{4 \sin \alpha}. \quad (11)$$

При $\alpha = 60^\circ$ имеем $\Pi = 0,0931$; при $\alpha = 90^\circ$ соответственно $\Pi = 0,2146$. Из полученной формулы видно, что в случае соприкосновения волокон пористость ткани зависит только от их взаимного расположения, т.е. от угла α . Фильтрация жидкостей и газов через ткань осуществляется в направлении, перпендикулярном направлению волокон через щели между расположенными рядом волокнами.

Рассмотрим второй случай, когда волокна ткани не соприкасаются друг с другом, а расположены на расстоянии d_{Π} одно от другого, определяющем средний диаметр пор ткани (рис. 4).

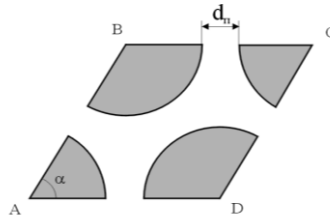


Рис. 4. Расчётная схема к определению пористости ткани в случае, когда волокна ткани не соприкасаются

Пористость в данном случае можно определить по аналогии с первым случаем по формуле (7). Площадь, занимаемая волокнами ткани, будет определяться так же, как и в предыдущем случае по формуле (9). Однако сторона ромба будет больше на величину d_{Π} , и, следовательно, площадь элементарной ячейки определится из выражения:

$$S_T = S_{ABCD} = (d + d_{\Pi})^2 \cdot \sin \alpha. \quad (12)$$

Тогда для пористости ткани получим следующее выражение:

$$\Pi = 1 - \frac{\frac{\pi d^2}{4}}{4(d + d_{\Pi})^2 \cdot \sin \alpha}. \quad (13)$$

Выразив из полученного выражения d_{Π} , будем иметь:

$$d_{\Pi} = d \cdot \left(\sqrt{\frac{\pi}{4(1 - \Pi) \cdot \sin \alpha} - 1} \right). \quad (14)$$

Выполнив необходимые преобразования, окончательно получим: для случая с максимально плотным расположением волокон (при $\alpha = 60^\circ$):

$$d_{\Pi} = d \cdot \left(0,952 \sqrt{\frac{1}{1 - \Pi} - 1} \right); \quad (15)$$

для случая с наиболее свободным расположением волокон (при $\alpha = 90^\circ$):

$$d_n = d \cdot \left(0,886 \sqrt{\frac{1}{1-\Pi}} - 1 \right). \quad (16)$$

Как первый случай с максимально плотным расположением волокон, так и второй с наиболее свободным их расположением, являются крайними или предельными. Наиболее вероятным, на наш взгляд, является расположение волокон с углом α , находящимся в середине интервала от 60° до 90° . Поэтому для расчётов может быть рекомендован угол расположения волокон $\alpha = 75^\circ$, и полученная формула примет вид:

$$d_n = d \cdot \left(0,902 \sqrt{\frac{1}{1-\Pi}} - 1 \right). \quad (17)$$

По полученным формулам (15–17) выполнены расчёты отношения среднего диаметра пор d_n к диаметру волокна d в зависимости от угла расположения волокон α и пористости фильтрующего материала Π , результаты которых представлены в таблице.

Отношение среднего диаметра пор d_n к диаметру волокна d в зависимости от угла расположения волокон α и пористости фильтрующего материала Π

Π	d_n/d		
	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 75^\circ$	$\alpha = 90^\circ$
0,9	2,01	1,85	1,8
0,8	1,13	1,02	0,98
0,7	0,74	0,65	0,62
0,6	0,51	0,43	0,40
0,5	0,35	0,28	0,25
0,4	0,23	0,16	0,14
0,3	0,14	0,08	0,006
0,2	0,06	0,008	–
0,1	0,0035	–	–

Используя полученные данные, можно определить среднее расстояние d_n между волокнами ткани, которое соответствует средней тонкости отсева фильтрующего материала. Необходимые для расчёта диаметр волокна ткани d и пористость Π берутся из технической документации на материал. В случае отсутствия таких данных их можно получить экспериментально: диаметр волокна d замеряется при помощи микроскопа со специальной измерительной шкалой. Для определения пористости существует несколько методов: расчётный метод, основанный на определении плотности фильтрующего материала, метод пропитки, метод гидростатического взвешивания [9].

Заключение

Выполненные исследования позволили установить зависимость тонкости отсева тканого фильтровального материала от его пористости и диаметра волокон нити, из которой он изготовлен, а также разработать методику определения тонкости отсева тканых фильтровальных материалов из синтетических волокон расчётным методом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев, М. А. Очистка масла в двигателях внутреннего сгорания / М. А. Григорьев. – М., 1983. – 148 с.
2. Венцель, С. В. Смазка и долговечность двигателей внутреннего сгорания / С. В. Венцель. – Киев: Техника, 1977. – 208 с.
3. Карташевич, А. Н. Методика определения пористости углеродных материалов / А. Н. Карташевич, А. В. Гордеенко, В. Г. Костенич // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 21-23 ноября 2018 г. – Минск: БГАТУ, 2018. – С. 253–256.
4. ОСТ 37.001.417-90. Фильтры тонкой очистки масла автомобильных, тракторных и комбайновых двигателей. Общие технические условия. – М.: НАМИ, 1991. – 21 с.
5. ГОСТ 21956-88. Бумага и картон фильтровальные. Метод определения герметичности. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 5 с.
6. ГОСТ 25099-82. Бумага и картон фильтровальные. Метод определения сопротивления потоку воздуха. – М.: Издательство стандартов, 1982. – 7 с.
7. Пономарев, Н. Н. Основные показатели эффективности фильтровальных бумаг и методики их оценки / Н. Н. Пономарев, К. В. Рыбаков, Ю. А. Усанов // Двигателестроение. – 1988. – № 7. – С. 16–18.
8. Лейбензон, Л. С. Движение природных жидкостей и газов в пористой среде / Л. С. Лейбензон. – М.-Л.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1947. – 244 с.
9. Витязь, П. А. Фильтрующий материал: свойства, области применения, технология изготовления [Текст] / П. А. Витязь, В. М. Капцевич, Р. А. Кусин. – Минск: НИИ ПМ с ОП, 1999. – 304 с.

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ И СЕЛЕКТИВНОЙ СОРТИРОВКИ СЕМЯН, ИХ ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

С. В. КУРЗЕНКОВ, ЧЖАН СЯНЬЛЭЙ

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

(Поступила в редакцию 19.06.2025)

Семена являются «отправной точкой» для растениеводства, а их качество напрямую оказывает влияние на развитие растений и конечный урожай. Такие показатели, как всхожесть, скорость прорастания, энергия прорастания и устойчивость семян к болезням и другие, в совокупности отражают производственный потенциал семян при их посеве. Эти показатели качества семян непосредственно связаны с чистотой, влажностью, гранулометрическим составом и фитосанитарным состоянием семян. Поэтому только отбор высококачественных семян на основе анализа их характеристик, приведенных выше, может позволить максимизировать урожайность и потенциал развития сельскохозяйственных культур.

Обязательной подготовительной операцией перед посевом семян является их очистка, селективная сортировка и обеззараживание. Однако в современных условиях выполнение данных операций требует решения более сложных задач, направленных не только на удаление примесей и микроорганизмов из семян, но и на улучшение посевных качеств, таких как всхожесть, устойчивость растений к болезням, адаптация к изменениям климата и равномерность всходов, что в конечном итоге должно привести к повышению урожайности выращиваемых культур. Это в свою очередь требует совершенствования технологий за счёт введения дополнительных этапов глубокой обработки семян, что обычно приводит к модернизации существующего оборудования или разработке новых технологических установок.

Процессы очистки семян от примесей, их сортировка и обеззараживание помогают улучшить качество посевного материала. Вообще говоря, – это разные по достигаемым целям процессы, которые должны сочетаться в соответствующем оборудовании для удовлетворения требований сельхозпроизводителя.

Данная работа посвящена систематизации методов очистки и селективной сортировки семян исходя из мирового опыта их производства, а также анализу их преимуществ и недостатков. Ее результаты будут использованы для определения основных направлений совершенствования оборудования для очистки и селективного сортирования семенной массы различных сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: семена сельскохозяйственных культур, очистка семян, сортировка семян, методы очистки, обеззараживания и сортировки семян, преимущества и недостатки методов очистки и сортировки семенного материала.

Seeds are the "starting point" for crop production, and their quality has a direct impact on plant development and the final yield. Such indicators as germination, germination rate, germination energy and resistance of seeds to diseases and others, together reflect the production potential of seeds when they are sown. These indicators of seed quality are directly related to the purity, humidity, granulometric composition and phytosanitary condition of the seeds. Therefore, only the selection of high-quality seeds based on the analysis of their characteristics given above can maximize the yield and development potential of crops. A mandatory preparatory operation before sowing seeds is their cleaning, selective sorting and disinfection. However, in modern conditions, the performance of these operations requires solving more complex tasks aimed not only at removing impurities and microorganisms from seeds, but also at improving sowing qualities, such as germination, plant resistance to diseases, adaptation to climate change and uniformity of seedlings, which should ultimately lead to an increase in the yield of cultivated crops. This, in turn, requires the improvement of technologies through the introduction of additional stages of deep seed treatment, which usually leads to the modernization of existing equipment or the development of new technological installations. The processes of cleaning seeds from impurities, their sorting and disinfection help to improve the quality of seeds. Generally speaking, these are processes that are different in terms of their goals, which must be combined in the appropriate equipment to meet the requirements of the agricultural producer. This work is devoted to the systematization of methods of cleaning and selective sorting of seed material based on the world experience of their production, as well as the analysis of their advantages and disadvantages. Its results will be used to determine the main areas for improving equipment for cleaning and selective sorting of seed mass of various crops.

Key words: seeds of agricultural crops, seed cleaning, seed sorting, methods of cleaning, disinfection and sorting of seeds, advantages and disadvantages of methods of cleaning and sorting of seed material.

Введение

Семена являются «отправной точкой» для растениеводства, а их качество напрямую оказывает влияние на развитие растений и конечный урожай. Такие показатели, как всхожесть, скорость прорастания, энергия прорастания и устойчивость семян к болезням и другие, в совокупности отражают производственный потенциал семян при их посеве. Эти показатели качества семян непосредственно связаны с чистотой, влажностью, гранулометрическим составом и фитосанитарным состоянием семян. Поэтому только отбор высококачественных семян на основе анализа их характеристик, приведенных выше, может позволить максимизировать урожайность и потенциал развития сельскохозяйственных культур [1].

Обязательной подготовительной операцией перед посевом семян является их очистка, селективная сортировка и обеззараживание. Однако в современных условиях выполнение данных операций требует реше-

ния более сложных задач, направленных не только на удаление примесей и микроорганизмов из семян, но и на улучшение посевных качеств, таких как всхожесть, устойчивость растений к болезням, адаптация к изменениям климата и равномерность всходов, что в конечном итоге должно привести к повышению урожайности выращиваемых культур [2]. Это, в свою очередь, требует совершенствования технологий за счёт введения дополнительных этапов глубокой обработки семян, что обычно приводит к модернизации существующего оборудования или разработке новых технологических установок.

Целью приведенных в данной работе материалов является систематизация методов очистки и селективной сортировки семенного материала на основании мирового опыта его производства, а также анализ преимуществ и недостатков рассматриваемых методов. Результаты работы будут использованы для определения основных направлений совершенствования оборудования для очистки и селективного сортирования семенной массы различных сельскохозяйственных культур.

Основная часть

Процессы очистки семян от примесей, их сортировка и обеззараживание помогают улучшить качество посевного материала. Вообще говоря, – это разные по достигаемым целям процессы, которые должны сочетаться в соответствующем оборудовании для удовлетворения требований сельхозпроизводителя. Поэтому принципы реализации очистки семян от примесей, их сортировки и обеззараживания, вообще говоря, различаются.

Очистка семян от примесей может производиться: 1) *механически*, т. е. с помощью сит, действия воздушных потоков, вибрации или в сочетании этих воздействий; 2) *гравитационно*, т. е. по принципу разделение семян и примесей на основании различия их удельных масс; 3) *оптически*, т. е. по принципу фотоэффектов при использовании камер и сенсоров для удаления поврежденных или некачественных семян; 4) *в магнитном поле*, т. е. по принципу магнита для удаления металлических примесей.

Каждый из приведенных выше методов очистки семян от примесей имеет свои особенности и применяется в зависимости от типа семян и их уровня загрязненности. При этом можно выделить следующие преимущества и недостатки соответствующих операций.

Механическая очистка.

Преимущества: эффективно удаляет лёгкие примеси (пыль, шелуху); позволяет сортировать семена по размеру; способ относительно прост в реализации и использовании, высокопроизводителен, доступность оборудования [3].

Недостатки: некоторые мелкие или легкие примеси могут оставаться в семенах, особенно если оборудование не настроено должным образом; при интенсивной очистке возможны механические повреждения, что снижает всхожесть и качество посевного материала; механические методы лучше работают с крупными семенами, а для мелких требуется дополнительная сортировка; высокие энергозатраты; оборудование требует постоянного контроля и технического обслуживания для поддержания эффективности.

Гравитационная очистка.

Преимущества: хорошо отделяет повреждённые и пустые семена; применим для сортировки семян, высокая точность очистки при должной настройке оборудования [4].

Недостатки: метод основан на разнице в удельном весе частиц, поэтому семена с похожей плотностью могут не отделяться должным образом; гравитационная очистка эффективна против лёгких и тяжёлых примесей, но может пропускать повреждённые или заражённые семена; если семена имеют схожие размеры, но разные качества, метод может быть менее эффективным; часто требуется комбинировать гравитационную очистку с другими методами, такими как фотосепарация или магнитная сортировка, для достижения желаемого результата; хотя метод не требует значительных затрат электроэнергии, настройка оборудования и поддержание его эффективности могут быть сложными.

Оптическая очистка (фотосепарация).

Преимущества: позволяет удалять семена с визуальными дефектами; обеспечивает высокую точность очистки в установочных пределах визуализации, может применяться для сортировки [5].

Недостатки: сложность и высокая стоимость оборудования; узкая направленность визуализации отделяемых объектов; оборудование требует сложного технического обслуживания и настройки специалистов [6].

Очистка в магнитном поле (магнитная сепарация).

Преимущества: удаляет металлические примеси; защищая оборудование; повышает безопасность обработки.

Недостатки: узкая направленность очистки только от металлических примесей; не удаляет органические примеси.

В промышленных условиях обеззараживание семян проводится с использованием современных технологий и специализированного оборудования. Основными методами реализации этого процесса являются: 1) *термическая обработка* – прогревание семян горячим воздухом или паром для уничтожения патогенных микроорганизмов; 2) *химическое протравливание* – обработка семян фунгицидами и инсектицидами для защиты от болезней и вредителей; 3) *газовая стерилизация* – использование газообразных дезинфицирующих веществ, таких как озон или формальдегид; 4) *ультрафиолетовое облучение* – воздействие УФ-лучей для уничтожения бактерий и грибов; 5) *биологическая обработка* – применение биопрепаратов, содержащих полезные микроорганизмы, которые подавляют развитие патогенов.

Эти методы позволяют эффективно обеззараживать большие партии семян, обеспечивая их высокую всхожесть и защиту от заболеваний.

Селективная сортировка семян (калибровка) – это процесс разделения семян на фракции по заданным параметрам и с отбором посевной фракции семян. Научно доказано [7], что, выделяя из собранного урожая семенную фракцию с наиболее выраженными признаками семянки для рассматриваемой сельскохозяйственной культуры (формой, размерами и весом), можно значительно повысить ее урожайность и качество.

Обычно *размерная сортировка* семян по толщине и ширине производится с помощью сит, а по комплексу показателей – на триерах.

Сортировка семян по удельному весу выполняется в комбинированных гравитационных сепараторах.

Ситовая сортировка семян – это метод, при котором семена пропускают через набор сит с различными размерами ячеек для разделения по размеру и/или форме. Такой подход применяется для повышения однородности посевного материала, удаления некачественных или нежелательных частиц.

Преимущества: 1) ситовая сортировка позволяет быстро обработать большие объемы семян. При использовании специально сконфигурированного оборудования процесс автоматизирован и не требует длительных временных затрат, что особенно важно при промышленных объемах производства семенного материала; 2) отсев слишком малых и чрезмерно крупных семян способствует получению однородного посевного ряда, так как отобранные семена среднестатистически обладают схожим запасом питательных веществ. Посев таких семян снижает конкуренцию между всходами и помогает обеспечить равномерное распределение ресурсов, улучшая, тем самым, всхожесть и развитие растений; 3) метод позволяет эффективно совмещать сортировку с очисткой семян от мусора, пыли, обломков семян, а значит улучшить их чистоту; 4) сравнительно простое оборудование для ситовой сортировки требует меньших инвестиций по сравнению с более сложными методами разделения семян на фракции, а значит является более доступным для не больших сельхозпредприятий.

Недостатки: 1) сортировка производится по размеру или форме семян без учета показателей посевного качества семян (таких как зрелость, внутренняя жизнеспособность, содержание влаги); 2) неправильная настройка оборудования, использование грубых сит и интенсивных соударений семян с острыми кромками оборудования может приводить к повреждению оболочек семян, что негативно сказывается на посевных их качествах; 3) размер семени не является абсолютной мерой посевного его качества, поэтому при размерной сортировке ценные семена могут быть ошибочно отсеяны или перераспределены в неверные фракции; 4) ситовая сортировка не способна отделить семена с внутренними дефектами или заражением.

Таким образом, ситовая сортировка семян является практичным и экономичным методом для повышения однородности и очистки посевного материала, однако её эффективность зависит от правильной настройки оборудования и понимания ограничений в его применении.

Триерная сортировка семян – это метод механической обработки, при котором посевной материал проходит через три последовательных этапа сортировки, позволяющих разделить семена по комбинации физических характеристик (например, размер, масса, плотность или воздушное сопротивление). Этот подход применяется для получения высококачественного и однородного посевного материала.

Преимущества: 1) благодаря последовательной и более тщательной процедуре сортировки семян имеется возможность более однородного их разделения на фракции. При этом на каждом этапе происходит удаление пыли, мелких примесей и повреждённых фракций, что положительно сказывается на всхожести семян и урожайности сельскохозяйственной культуры, упрощает расчёт норм посева, облегчает их равномерное распределение по полю и способствует оптимальному использованию ресурсов; 2) такой комплексный подход помогает отсеять некачественные или слабые фракции, оставляя в итоговой партии наиболее жизнеспособные семена, готовые к посеву; 3) автоматизация и «тонкая» настройка линий триерной сортировки позволяют уменьшить трудозатраты, связанные с разделением зерна на фракции и выделением из него посевной фракции высокого качества.

Недостатки: 1) комплексные линии, предусматривающие сразу три этапа сортировки, требуют значительных инвестиций в приобретение и обслуживание. Для небольших хозяйств или специализи-

рованных ферм такие затраты могут оказаться не рентабельными с учетом объема их производства семян; 2) каждый этап сортировки требует точной настройки параметров (например, размер ячеек сит, скорость воздушного потока или частота вибраций), поэтому для обслуживания и настройки такого оборудования нужны высококвалифицированные кадры; 3) этапы сортировки связаны с механическими воздействиями на семена, поэтому риск их механического повреждения возрастает; 4) эффективность триерной сортировки резко снижается при условии, что различия между качественными и некачественными семенами, а также примесями в них, по физическим параметрам выражены нечетко.

Сортировка зерна по удельному весу – это технология, при которой семенной материал разделяют на фракции, учитывая соотношение массы к объёму семени, являющейся косвенной оценкой посевных их качеств. Научно доказано, что удельный вес семени и его физиологические характеристики коррелируют [8]. Это означает, что те семена, у которых данный показатель отклоняется от нормы, могут быть либо пустыми, либо повреждёнными, а значит непригодными для посева.

Преимущества: 1) семена с удельным весом, характерным для рассматриваемой культуры и сортовых ее особенностей, как правило, характеризуются потенциальные физиологические особенности семян и механическую их целостность. Отбор семян по этому признаку обеспечивает более равномерные их всходы и способствует оптимизации ресурсов на посев и возделывание сельхозкультуры.

Недостатки: 1) оптимальный удельный вес различных сельхозкультур может быть связан не только с сортовыми ее особенностями, но и с внешними условиями их производства, хранения и даже с сезонными колебаниями. Это делает критически важным предварительную нормировку условий для корректного разделения семян, что не всегда возможно произвести в производственных условиях; 2) удельный вес отражает лишь один аспект качества семян. Полноценная оценка посевного материала часто требует комплексного анализа, включающего и биологические тесты, и визуальную оценку. Использование только одного критерия может привести к тому, что семена с незначительными отклонениями, но высокой генетической ценностью, будут ошибочно отсеяны; 3) для точного измерения массы и объёма семян требуются специализированные сортировочные линии и датчики, что может увеличить себестоимость процедуры сортировки семян, особенно для небольших сельхозпроизводителей.

Заключение

Обобщая сказанное, можно сделать вывод, что очистка и селективная сортировка семян – это комплекс технологических процессов, направленных на получение чистого, жизнеспособного и однородного посевного материала. Благодаря правильной подготовке семенной массы обеспечивается высокая всхожесть, равномерность всходов и снижение рисков попадания примесей или повреждённых образцов в посевной процесс.

В настоящее время основными методами очистки и селективной сортировки семян применяются механические, гравитационные, оптические и магнитные методы, каждый из которых имеет свои преимущества, недостатки и ограничения в применении.

Для достижения идеальной эффективности и точности очистки и сортировки семян необходимо комплексное последовательное применение технических операций, а также оптимизация технологических параметров в соответствии с гранулометрическим составом и физико-механическими свойствами семян и примесей, содержащихся в них. При этом применяемое для очистки и селективной сортировки семян оборудование должно трансформироваться от однозначных функций к специализированным, интеллектуальным и стандартизированным системам, сокращая разрыв с международными передовыми образцами за счёт интеграции передовых технологий и усиления научно-исследовательской деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фадеев, Л. В. Отборные семена – на каждое поле / Л. В. Фадеев // Хлебопродукты. 2014. – № 5. – С. 31–33.
2. Червяков, А. В. Предпосылки и практическая реализация технологии предпосевной обработки семян СВЧ полем / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, А. С. Циркунов // Вестник БГСХА. Горки: БГСХА, 2012, № 2. – С. 131 – 137.
3. Проектирование и испытания устройства электромагнитной вибрационной сортировки для машины очистки семян / Ю. Л. Ли, Ц. С. Сюй, Л. П. Ван [и др.] // Журнал сельскохозяйственных машин. – 2023. – № 54 (07). – С. 123–133.
4. Ван, Ш. Ш. Рабочий механизм и экспериментальные исследования комбинированного устройства с воздушным потоком, ситом и валом для очистки семян пекинской капусты / Ш. Ш. Ван. – Хэнаньский университет науки и технологий, 2022. – 116 с.
5. Юань, Цз. Обзор исследований по оптической бесконтактной диагностике жизнеспособности семян / Цз. Юань, В. Чжэн, Х. Н. Ци [и др.] // Журнал по растениеводству. – 2020. – № 5. – С. 9–16.
6. Хань, Ю. Ч. Влияние регуляторов роста растений на качество семян хлопчатника при цветной и магнитной сортировке / Ю. Ч. Хань, Х. Х. Бай, Ц. Сунь [и др.] // Семена. – 2025. – № 44 (01). – С. 131–139.
7. Чжао, Г. Ф. Технологический процесс и схема размещения оборудования для очистки семян / Г. Ф. Чжао // Современное сельское хозяйство. – 2025. – № 2. – С. 94–96.
8. Чэн, Л. Цз. Проектирование интеллектуальной системы управления для сортировки семян по удельному весу / Л. Цз. Чэн, Ц. Л. Хэ, Б. Я. Чжан [и др.] // Сельскохозяйственная инженерия. – 2025. – № 15 (01). – С. 50–55.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КОНТРОЛЬ РАСХОДА ТОПЛИВА ТРАНСПОРТА, ДИАГНОСТИКА РЕЖИМОВ РАБОТЫ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ GPS МОНИТОРИНГА

И. И. БОНДАРЕНКО, В. Г. КОСТЕНИЧ, А. Ф. БЕЗРУЧКО, В. Н. ЕДНАЧ

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220023, e-mail: kaf.tia@bsatu.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*

А. В. ЗАХАРОВ

*УО «Белорусский национальный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220013, e-mail: gra_atf@bntu.by*

(Поступила в редакцию 24.06.2025)

На сегодняшний день актуальным является вопрос об оборудовании для мониторинга транспорта и контроля топлива, а также применение комплексных систем телематики для удалённого контроля параметров эксплуатации автотракторной и коммунальной техники, дизель-генераторов и других мобильных и стационарных машин. Основными контролируемые параметрами являются: расход топлива, объём топлива в баке, температура топлива в баке и топливных магистралях, нагрузка на ось тягача и полуприцепа, время и режимы работы двигателя, продолжительность и параметры работы навесного оборудования.

Повышение эксплуатационной надёжности автотракторной техники, снижение затрат на техническое обслуживание и ремонт возможны только при своевременном и объективном определении их технического состояния. Эффективным способом решения проблемы повышения качества проведения технического обслуживания и ремонта, а также эксплуатационной надёжности автотракторной техники является диагностирование их технического состояния.

Установка системы GPS мониторинга транспорта позволяет радикально снизить издержки на эксплуатацию и техобслуживание техники, повысить эффективность работы парка машин. Предупредительное техобслуживание – метод поддержания исправности парка техники, основанный на мониторинге текущих параметров работы машин и контроле признаков неисправностей, предполагающий проведение ремонтных воздействий и замену расходных материалов в момент реальной необходимости. Проактивное ТО является перспективной альтернативой планово-предупредительному ТО, которое осуществляется с периодичностью, утверждённой регламентом, независимо от технического состояния механизмов. В отличие от планового ТО, задачи метода предупредительного техобслуживания – обнаружить момент реальной необходимости ТО и обеспечить бесперебойную работу техники, тем самым снижая затраты предприятия на эксплуатацию парка.

В статье рассмотрены вопросы определения и контроля расхода топлива транспорта в процессе эксплуатации, оперативного мониторинга машинно-тракторного парка, оснащённого системой диагностирования с сервисом мониторинга транспорта ORF Monitor фирмы СП «Технотон».

Ключевые слова: трактор, контроль топлива, оперативный мониторинг транспорта, подготовка отчётов о работе транспорта, диагностика.

Today, the issue of equipment for monitoring transport and fuel control, as well as the use of complex telematics systems for remote control of operating parameters of automotive and municipal equipment, diesel generators and other mobile and stationary machines is relevant. The main parameters to be monitored are: fuel consumption, fuel volume in the tank, fuel temperature in the tank and fuel lines, axle load of the tractor and semi-trailer, engine operating time and modes, duration and parameters of attachment operation.

Increasing the operational reliability of motor vehicles and tractors, reducing maintenance and repair costs are possible only with timely and objective determination of their technical condition. An effective way to solve the problem of improving the quality of maintenance and repair, as well as the operational reliability of motor vehicles and tractors is to diagnose their technical condition.

Installing a GPS vehicle monitoring system allows you to radically reduce the costs of operating and maintaining equipment, and increase the efficiency of your fleet. Preventive maintenance is a method of maintaining the serviceability of your fleet of vehicles based on monitoring the current operating parameters of your vehicles and monitoring signs of malfunctions, which involves carrying out repairs and replacing consumables when really needed. Proactive maintenance is a promising alternative to scheduled preventive maintenance, which is carried out at intervals approved by regulations, regardless of the technical condition of the mechanisms. Unlike scheduled maintenance, the objectives of the preventive maintenance method are to detect the moment of real need for maintenance and ensure uninterrupted operation of equipment, thereby reducing the enterprise's costs for fleet operation.

The article considers the issues of determining and monitoring fuel consumption of transport during operation, operational monitoring of the machine and tractor fleet equipped with a diagnostic system with the ORF Monitor transport monitoring service of Technoton SP.

Key words: tractor, fuel control, operational monitoring of transport, preparation of reports on transport operation, diagnostics.

Введение

Мониторинг транспорта – главная задача в хозяйствах Республики Беларусь. Инструментарий онлайн сервиса позволяет осуществлять управление автопарками магистральных и городских грузовых автомобилей, автобусов, дорожно-строительных машин, промышленных и сельскохозяйственных тракторов, технологического транспорта. Оснащение автотракторной техники системой диагностирования и сервисом мониторинга транспорта ORF Monitor фирмы СП «Технотон» позволяет радикально снизить издержки на эксплуатацию и техобслуживание техники, повысить эффективность работы парка машин.

Мониторинг транспорта, это удалённое слежение за местонахождением и параметрами эксплуатации машин в реальном времени, накопление информации в базе данных и подготовка аналитических отчётов по запросу пользователя. Сервис сочетает в себе мощную систему спутникового мониторинга транспорта и инновационный комплекс организационно-технических решений для осуществления полного контроля над автопарком [1, 2].

Система GPS мониторинга транспорта обладает рядом преимуществ перед системой мониторинга транспорта, установленной в локальной сети предприятия. Для работы с сервисом мониторинга транспорта пользователю не нужно устанавливать сложные и дорогие серверы, клиентские программы, покупать электронные карты. Достаточно иметь доступ в Интернет – и из любой точки мира сотрудник автопарка сможет проконтролировать, где и как работает машинно-тракторный парк предприятия или хозяйства [3].

Целью данной работы является исследование возможности установки системы GPS мониторинга транспорта, которое позволит снизить издержки на эксплуатацию и техобслуживание техники, повысить эффективность работы парка машин.

Основная часть

Оперативный контроль транспорта предназначен для управления машинно-тракторным парком в хозяйстве или на предприятии. Сервис позволяет отображать информацию о местонахождении автомобиля или трактора с высокой оперативностью и точностью, осуществляя достоверный контроль автотранспорта. Координаты, полученные со спутников GPS и ГЛОНАСС, вместе с другими параметрами работы машин отображаются на цифровой векторной карте местности.

Удобная навигация по карте, масштабирование, система пиктограмм делают контроль транспорта наглядным, особенно при работе с группой транспортных средств. Сервис контроля транспорта предоставляет владельцу машины максимальную информацию о параметрах его работы в реальном времени. Это позволяет осуществлять полный и оперативный контроль автотранспорта и работы водителя, а также реагировать на возникновение нештатных ситуаций.

Оперативный контроль транспорта не нуждается в сложном и дорогом оборудовании диспетчерского центра, пользователь получает информацию непосредственно в Интернете с помощью обычного браузера. На рис. 1 представлена карта местоположения машинно-тракторного парка в реальных условиях эксплуатации с установленной на них телематической системой контроля расхода топлива и режимов работы силового агрегата фирмы СП «Технотон».

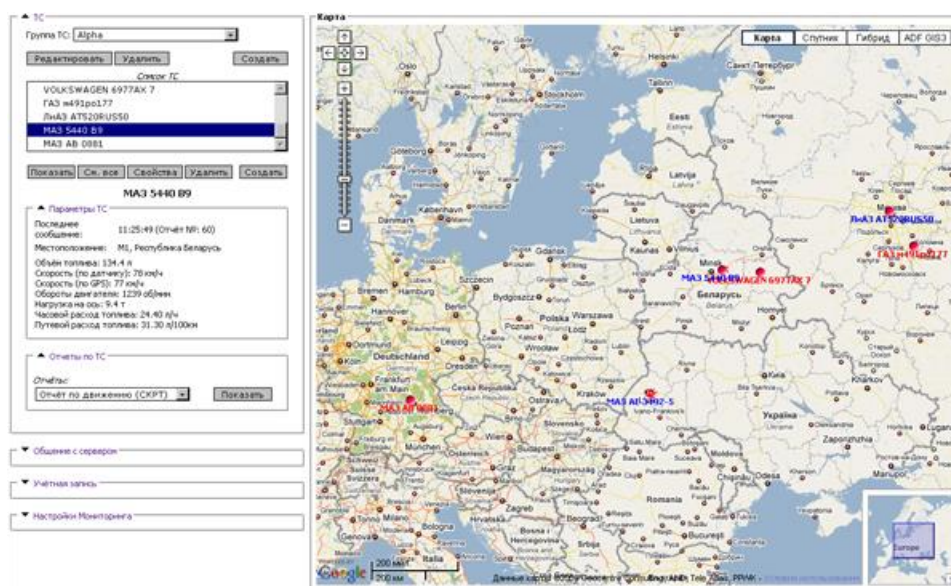


Рис. 1. Местоположение машинно-тракторного парка в реальных условиях эксплуатации

При принятии решения о выборе системы GPS мониторинга основное внимание обычно уделяется выбору GPS терминала мониторинга транспорта. Вопросы организации хранения и анализа данных на сервере обычно остаются в тени. Между тем это важнейший вопрос и от его решения часто зависит успех внедрения системы мониторинга транспорта (СМТ) [4].

Контроль расхода топлива транспортных средств и стационарных машин позволяет предприятию решить ряд задач: оптимальный режим эксплуатации техники; контроль времени работы; уточнение норм расхода топлива; исключение хищений топлива; прогнозирование необходимости техобслуживания.

Для достижения оптимального режима эксплуатации техники: водитель выбирает экономный режим работы двигателя, используя данные об оборотах двигателя и мгновенном расходе топлива; механик производит мониторинг показаний расхода топлива в системе телематики (рис. 2), удалённо следит за техническим состоянием двигателя и топливной системы, планирует проведение технического обслуживания техники исходя из реальных режимов эксплуатации.



Рис. 2. Графика контроля расхода топлива

Датчик уровня топлива DUT-E (рис. 3) предназначен для точного измерения объёма топлива в баках машин и позволяет определить текущий объём и изменение объёма (заправка или слив) топлива в баке. Он используется в составе систем GPS/ГЛОНАСС мониторинга транспорта, системах контроля расхода топлива либо как замена штатного датчика уровня топлива. В составе системы мониторинга транспорта DUT-E позволяет получать достоверную информацию о текущем количестве топлива в баке машины и выявлять факты хищения топлива из бака.



Рис. 3. Датчик уровня топлива DUT-E

Расходомер топлива DFM (рис. 4) предназначен для контроля расхода дизельного топлива и учёта времени работы двигателя транспортного средства, автотракторной техники, строительной и сельхозтехники. Расходомеры DFM применяются в составе систем GPS/ГЛОНАСС мониторинга транспорта для измерения расхода дизельного топлива и других видов жидкого топлива с кинематической вязкостью от 1,5 до 6 мм²/с.



Рис. 4. Расходомер топлива DFM

Система GPS мониторинга (рис. 5) предназначена для определения координат и параметров работы контролируемого объекта, промежуточного хранения и передачи данных в точку доступа.

Точка доступа принимает данные от GPS терминала, преобразует их в форму, удобную для хранения в базе данных и складывает их в базу данных. В системе мониторинга транспорта может существовать несколько точек доступа – основная и резервная, а также специализированных на обработке того или иного типа мобильных терминалов [5].

База данных обеспечивает хранение и выдачу данных. В масштабных СМТ может быть несколько баз данных, каждая из которых «специализирована» для хранения данных о группе терминалов или приближена в web-пространстве к месту эксплуатации остальных элементов системы.

Модуль аналитики готовит аналитические отчёты за выбранный период времени по запросу клиентского ПО – рассчитывает величину параметров и пройденного пути, расхода топлива, определяет события заправка/слив и т.д. Модуль картографии хранит и выдаёт по запросу клиентского ПО изображения карт. Клиентское ПО обеспечивает диалог с пользователем системы GPS мониторинга и наглядно отображает отчёты.

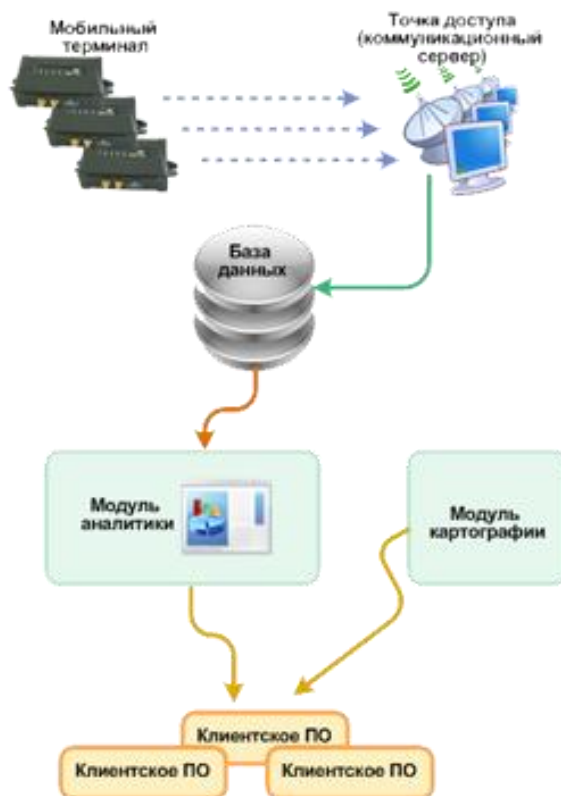


Рис. 5. Типовая структура системы GPS мониторинга

Все элементы системы GPS мониторинга транспорта, кроме мобильных терминалов, могут быть размещены либо на локальном компьютере, либо в сети Интернет. На ранних стадиях развития СМТ все элементы находились на локальном компьютере – это наиболее простое и наименее гибкое решение. По мере развития отдельные элементы начали перемещаться в виртуальное пространство и современные СМТ находятся там целиком, а в качестве клиентского ПО используется стандартный Интернет-браузер. Именно такое построение и принято называть web-решением системы GPS монито-

ринга транспорта.

При локальном размещении необходимо организовать в офисе широкий и стабильный Интернет-канал, фиксированный IP адрес, круглосуточно работающий компьютер, желательно с резервированием, а главное – обеспечить точку доступа квалифицированным администрированием. Несомненно, в данном случае предпочтительно web-размещение, ведь только надёжное серверное оборудование и бесперебойный канал Интернет могут гарантировать бесперебойное круглосуточное поступление данных от автотехники.

При размещении базы данных мониторинга в Web, выдача данных происходит медленнее, возрастает общий объём Интернет-трафика. С другой стороны, использование услуг специализированного сервиса по хранению данных обычно обходится дешевле, нежели содержание собственного штата администраторов, закупка серверного оборудования и т.п. При размещении данных в Интернете нельзя забывать о проблеме конфиденциальности данных, тем более что политика безопасности многих предприятий попросту не допускает такого решения. В большинстве случаев выбор места размещения базы данных определяется местонахождением других элементов – модуля аналитики и клиентского ПО. Пример реализации системы GPS мониторинга транспорта в локальной сети [6] представлен на рис. 6.

Назначение Сервера контроля транспорта ORF Corporate – комплексный автоматизированный контроль работы машинно-тракторных парков крупных компаний с численностью до 100 автопарков с общим количеством до 20 000 тракторов и машин.

ORF Corporate собирает данные, как в режиме реального времени, так и в режиме постобработки. Аналитические отчёты могут готовиться по завершении каждого календарного часа, смены, суток, недели, месяца. Аналитические отчёты могут быть как первичные, так и уточнённые, если приходит информация за период, уже «закрытый» отчётом. Сообщения о формировании Аналитических отчётов автоматически рассылаются зарегистрированным Пользователям.

ORF Corporate – решение для контроля транспорта в холдингах, крупных компаниях, отраслевых, муниципальных или общественных службах. Основные контролируемые параметры: расход топлива, объём топлива в баке, температура топлива в баке и топливных магистралях, нагрузка на ось тягача и полуприцепа, время и режимы работы двигателя, продолжительность и параметры работы навесного оборудования.

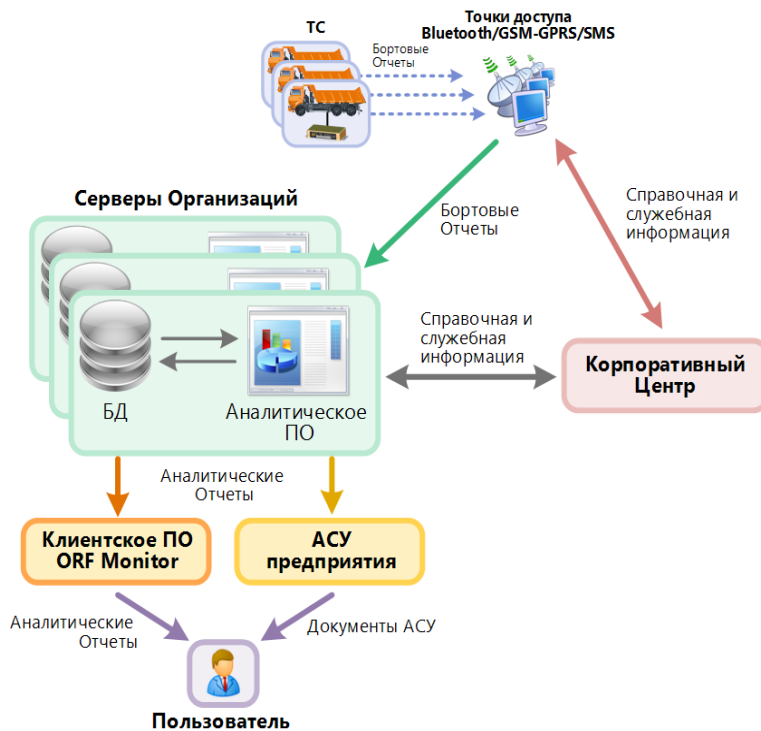


Рис. 6. Корпоративный сервер контроля транспорта системы GPS мониторинга

Кроме того, решается ещё одна важная задача – контроль времени работы техники, что позволяет руководителю исключать нецелевое использование и простои техники. Решение этой задачи даёт возможность наладить оплату водителя или оператора техники по фактическому времени работы.

Контроль расхода топлива на предприятии позволяет также уточнить нормы расхода топлива на каждую единицу техники. Практика показывает, что парки техники, эксплуатирующие мало распространенные тракторы или спецмашины, имеют лишь общее представление о действительном расходе дизельного топлива. Утвержденные уполномоченными институтами нормы расхода в такой ситуации также не точные, поскольку не учитывают влияние погодных условий и условий работы конкретной модели техники.

Таким образом внедрение системы контроля расхода топлива на предприятии даёт экономический эффект в нескольких направлениях: повышение производительности работы автопарка; экономия топлива и снижение затрат на ГСМ; организация оплаты труда по объёму реально выполненной работы; увеличение срока службы машин, снижение затрат на ремонт и техобслуживание.

Заключение

Для крупных организаций, имеющих возможность эксплуатировать сложный программно-аппаратный комплекс, можно рекомендовать организацию системы GPS мониторинга в локальной сети. В этом случае экономится стоимость аренды серверов, минимизируется Интернет-трафик, повышается защищённость данных от несанкционированного доступа. С точки зрения количества мобильных терминалов, можно провести условную границу в 1000 штук – в этом случае целесообразно строить свою корпоративную систему GPS мониторинга.

Установка системы GPS мониторинга транспорта позволяет снизить издержки на эксплуатацию и техобслуживание техники, повысить эффективность работы парка машин. Предупредительное техобслуживание – метод поддержания исправности парка техники, основанный на мониторинге текущих параметров работы машин и контроле признаков неисправностей, предполагающий проведение ремонтных воздействий и замену расходных материалов в момент реальной необходимости.

Проактивное ТО является перспективной альтернативой планово-предупредительному ТО, которое осуществляется с периодичностью, утверждённой регламентом, независимо от технического состояния механизмов. В отличие от планового ТО, задачи метода предупредительного техобслуживания – обнаружить момент реальной необходимости ТО и обеспечить бесперебойную работу техники, тем самым снижая затраты предприятия на эксплуатацию парка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технические средства диагностирования: справочник / В. В. Ключев [и др.]; под общ. ред. В. В. Ключева. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.
2. Волков, А. А. О методах идентификации и диагностики в сложных системах / А. А. Волков, Л. Н. Дроботенко // Вопросы технической диагностики. – 2013. – № 10. – С. 155–156.
3. Мороз, С. М. Математическая модель объекта бортового контроля и диагностики автомобилей / С. М. Мороз. – Тр. МАДИ, 1976. – Вып. 115. – С. 79–81.
4. Тракторы. Устройство. Техническое обслуживание. Ремонт. «БЕЛАРУС» серия 1000-2000: учебное пособие / А. А. Пуховой, И. Н. Шило. – Астана: КАТУ им. С. Сейфуллина, 2012 – 779 с.
5. Карпиевич, Ю. Д. Бортовой мониторинг технического состояния силовых агрегатов колёсных и гусеничных машин / Ю. Д. Карпиевич, А. Г. Баханович, И. И. Бондаренко // Наука и техника. – 2016. – Т. 15, № 5. – С. 427–434.
6. Гольденберг, Л. М. Цифровая обработка сигналов: справочник / Л. М. Гольденберг. – М.: Радио и связь, 1985. – 312 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРА КРАТНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ БИЧЕЙ РОТОРНО-БИЛЬНОГО АППАРАТА НА СТЕБЛИ ЛЬНА

В. А. ШАРШУНОВ, М. В. ЦАЙЦ, В. И. КОЦУБА, В. А. ЛЕВЧУК, И. А. САВЧЕНКО

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

(Поступила в редакцию 24.06.2025)

Среди операций уборочного цикла льна-долгунца на сохранение качества получаемой продукции существенное влияние оказывает отделение семенной части от стеблей. Наиболее распространенным способом осуществления данного процесса является отрыв. Применяемые при этом очесывающие аппараты имеют ряд недостатков, один из которых – формирование семенного вороха льна с большим количеством путанины, частичное повреждение стеблей льна, особенно при высоком уровне полегания стеблестоя. Наличие путанины в ворохе льна существенно затрудняет его дальнейшую переработку. Решением проблемы образования в льяном ворохе путанины может стать применение роторно-бильного аппарата, отличающегося тем, что выполнен в виде диска, с одной стороны которого установлены косые бичи, а с другой – вычесывающе-транспортующая щетка, что в сочетании с декой обеспечивает комбинированное ударное, вытирающее и вычесывающее воздействие на ленту льна.

В статье рассмотрены теоретические основы работы роторно-бильного аппарата. В результате теоретических исследований кинематические параметры роторно-бильного аппарата и его конструктивные и кинематические параметры объединены показателем кратности воздействия на ленту льна. Полученный показатель характеризует процесс отделения семенной части урожая от стеблей. Для правильной работы аппарата значение полученного показателя должно быть не ниже единицы. Анализ полученной аналитической зависимости, в диапазоне рабочих скоростей зажимного транспортера, с учетом критической скорости удара по ленте льна, позволил установить минимальную окружную скорость вращения периферийной части ротора, рациональное значение количества установленных на ротор бичей и минимальное значение ширины основания бича.

Ключевые слова: *лен, роторно-бильный аппарат, геометрические параметры, бичи, семенная часть, обмолот, очес, лента льна, комбайновая технология.*

Among the operations of the flax harvesting cycle, the separation of the seed part from the stems has a significant impact on maintaining the quality of the resulting product. The most common way to carry out this process is tearing. The stripping machines used in this case have a number of disadvantages, one of which is the formation of a flax seed heap with a large amount of tangle, partial damage to the flax stems, especially with a high level of lodging of the stalk. The presence of tangle in the flax heap significantly complicates its further processing. The solution to the problem of tangle formation in the flax heap can be the use of a rotary beater, which is distinguished by the fact that it is made in the form of a disk, on one side of which oblique beaters are installed, and on the other - a combing and transporting brush, which in combination with a deck provides a combined impact, wiping and combing effect on the flax tape. The article discusses the theoretical foundations of the rotary beater operation. As a result of theoretical studies, the kinematic parameters of the rotor-beater and its design and kinematic parameters are combined by the indicator of the multiplicity of impact on the flax belt. The obtained indicator characterizes the process of separating the seed part of the crop from the stems. For the correct operation of the device, the value of the obtained indicator should not be lower than one. Analysis of the obtained analytical dependence, in the range of operating speeds of the clamping conveyor, taking into account the critical speed of impact on the flax belt, made it possible to establish the minimum circumferential speed of rotation of the peripheral part of the rotor, the rational value of the number of beaters installed on the rotor and the minimum value of the width of the beater base.

Key words: *flax, rotary beater, geometric parameters, whips, seed part, threshing, stripping, flax sliver, combine technology.*

Введение

Качество урожая как льнотресты, так и семян льна в значительной мере определяет уборочный цикл [1]. В Беларуси применяются три механизированные технологии уборки льна-долгунца [2]. Основным их отличием на наш взгляд является стадия уборки, при которой производится отделение семенного материала от стеблей [2, 3]. Обеспеченность льнозаводов льноуборочной техникой имеет перекос в сторону льноуборочных комбайнов, что определяет преимущественное применение комбайновой технологии уборки льна для получения посевного материала [4]. Используемые при этом льноуборочные комбайны оборудованы гребневыми очесывающими аппаратами. Сущность технологического процесса отрыва коробочек гребневым аппаратом заключается в проникновении зубьев в слой стеблей, разделении его на полоски, принудительном прочесывании последних с исправлением дефектов ориентации и нарушением связей между стеблями и спутавшимися семенными коробочками [5, 6]. Жесткое принудительное прочесывание приводит к недостаткам данного типа устройств [6, 7].

С целью повышения чистоты обмолота лент льна, снижение повреждения стеблей и отхода их в путанину по комбайновой технологии авторами предложена конструкция роторно-бильного аппарата для отделения семенной части урожая от стеблей [8, 9, 10]. Существенное влияние на качество отделения семенных коробочек и семян льна (чистота обмолота, степень травмирования семян и стеблей

при отделении семенной части урожая) предложенным роторно-бильным аппаратом имеют: скорость подачи стеблей зажимным транспортером $v_{тр}$, угловая скорость вращения ротора ω_p и их согласование, а также количество установленных на роторе бичей и их ширина. Степень повреждения семян и стеблей льна в основном зависит от частоты вращения ротора и типа рабочего органа [10, 11].

При исследовании отделения семенной части от стеблей льна, необходимо учитывать общие закономерности рабочего процесса разделения сформированной рабочими органами льноуборочного комбайна ленты льна на стебли и семенные коробочки, то есть кинематики процесса. Поскольку задача, в конечном счете, сводится к разделению массы льна на компоненты, а не просто к разрушению связей между ними [13]. В процессе исследований кинематических характеристик очесывающих аппаратов учеными были определены показатели их характеризующие. М. И. Шлыковым [5] получена формула для определения числа прочесов $n_{пр}$, характеризующая процесс отделения семенных коробочек. Б. П. Можаровым [14] впервые была введена новая характеристика процесса – удельное число прочесов, характеризующая чистоту очеса гребневого аппарата независимо от его конструкции. Работы П. Ф. Прибыткова [15] и П. К. Шрамко [16] посвящены выбору оптимального соотношения скорости зажимного транспортера и очесывающего барабана.

Целью данной работы является получение аналитических зависимостей, связывающих конструктивные параметры роторно-бильного аппарата с кинематическими параметрами его работы.

Основная часть

Рабочий процесс предлагаемого аппарата предполагает, что лента стеблей 5 льна в зажатом зажимным транспортером 1 состоянии перемещается через зону обмолота (рис. 1).

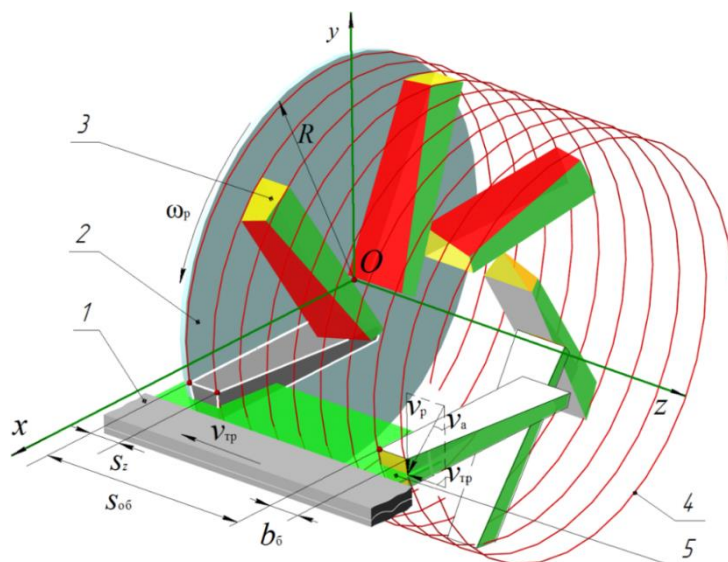


Рис. 1. Схема к определению кинематических параметров роторно-бильного аппарата.
1 – зажимной транспортер; 2 – ротор; 3 – бич; 4 – траектория движения бича; 5 – лента стеблей льна

Зона обмолота формируется на первом этапе поверхностью боковой деки и бичами ротора 3, а на втором этапе торцевой частью бичей 3, ребром ротора 2 и поверхностью нижней деки. Бич 3 увлекает порцию стеблей льна в молотильное пространство, а затем в подроторное пространство. При этом порция льна растаскивается в молотильном пространстве и утоняется, что положительно сказывается на процессе обмолота. Обмолоченная лента попадает под воздействие щетки, которая вычесывает семена и коробочки, и транспортирует их в выгрузной транспортер.

Обмолот происходит при рабочем ходе бича, который начинается с момента воздействия бича на ленту льна и заканчивается при проходе вершин стеблей. Зона взаимодействия рабочего органа со стеблями характеризуется площадью, размер которой зависит от геометрических параметров ротора и установленных на нем бичей, схемы расстановки элементов устройства, а также технологических параметров (зазоров).

При этом на один фрагмент ленты льна бичи могут производить несколько воздействий, количество которых определяется соотношением скоростей движения ленты стеблей $v_{л}$, количества установленных бичей и ширины их основания, и скорости вращения ротора v_p . Производительность процесса обмолота и его качество зависят от размеров зоны взаимодействия и удельного числа воздействий бичей на материал.

При работе роторного-бильного аппарата, при установившемся режиме, его рабочие органы – бичи – равномерно вращаются вокруг оси Oz ротора с угловой скоростью ω_p и одновременно к ним подается зажатая в зажимном транспортере лента льна со скоростью $v_{тр}$. Если мысленно остановить зажимной транспортер, а роторному аппарату придать скорость $v_{тр}$, только с противоположным знаком, тогда траектория любой точки бича относительно зажатых в транспортере стеблей льна, будет представлять собой спираль, форма которой зависит от соотношения окружной и поступательной скоростей [0]. Путь $S_{тр}$, пройденный лентой льна, определяется по формуле:

$$S_{тр} = v_{тр} \cdot t, \quad (1)$$

где $v_{тр}$ – скорость зажимного транспортера, м/с; t – время, с.

Для определения пути, пройденного зажимным транспортером за один оборот ротора, определим время одного оборота. Угол поворота ротора φ_p , соответствующий одному его обороту, определяется как $\varphi_p = 2 \cdot \pi$. Так как при установившемся режиме работы ротор вращается с постоянной угловой скоростью, то угол поворота $\varphi_p = \omega_p \cdot t_{об}$. Приравняв левые части, получим:

$$\omega_p \cdot t_{об} = 2 \cdot \pi, \quad (2)$$

где ω_p – угловая скорость вращения ротора, с⁻¹; $t_{об}$ – время одного оборота ротора, с.

Окружная скорость вращения периферийной части ротора имеет вид $v_p = \omega_p \cdot R$, откуда выразим угловую скорость вращения ротора:

$$\omega_p = \frac{v_p}{R}, \quad (3)$$

где v_p – окружная скорость вращения периферийной части ротора, м/с; R – радиус ротора, м.

Из выражения (2) с учетом (3) найдем время одного оборота ротора:

$$t_{об} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{v_p}. \quad (4)$$

Тогда из уравнения (1) с учетом (4) путь, пройденный зажимным транспортером за один оборот ротора, определим как

$$S_{тр} = v_{тр} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{v_p}. \quad (5)$$

Число воздействий рабочих органов на обрабатываемый материал оказывает большое влияние на процесс обмолота. Необходимо подобрать оптимальное число воздействий, чтобы обеспечить качественный обмолот и избежать травмирования семян и стеблей льна [0, 0]. Для обеспечения полноты обмолота бичи ротора должны воздействовать на каждую единицу длины ленты льна. Длина участка $s_{об}$ ленты стеблей льна, на котором ротор за один оборот воздействует бичами однократно, но без огрехов (без пропусков) можно представить в виде

$$s_{об} = k_б \cdot b_б \cdot \kappa_б. \quad (6)$$

где $k_б$ – количество установленных бичей на роторе, шт.; $b_б$ – ширина торцевой поверхности бича, м; $\kappa_б$ – коэффициент захвата бича, определяемый как $b'_б / b_б$.

Для обеспечения качественного обмолота роторно-бильным аппаратом необходимо кратность воздействий бичами на фрагмент ленты льна q соответствующую условию $q \geq 1$:

$$q = \frac{S_{об}}{S_{тр}}. \quad (7)$$

Данный показатель характеризует среднее количество воздействий бичами роторно-бильного аппарата на стебли обрабатываемой ленты льна.

С учетом выражений (4) и (5) кратность воздействий будет иметь вид:

$$q = \frac{v_p \cdot k_6 \cdot b_6 \cdot \kappa_6}{v_{тр} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R} = \frac{\lambda_p \cdot k_6 \cdot b_6 \cdot \kappa_6}{2 \cdot \pi \cdot R}, \quad (8)$$

где $v_p/v_{тр} = \lambda_p$ – кинематический показатель режима работы роторно-бильного аппарата.

Чтобы предотвратить повреждение стеблей и обеспечить более полное выделение семян, должно быть выдержано соотношение скорости подачи и частоты вращения ротора.

Проведем анализ зависимости (8) при фиксированных значениях ширины торцевой поверхности бича $b_6 = 0,05$ м, коэффициенте захвата бича $\kappa_6 = 0,68$ и радиуса ротора $R = 0,35$ м.

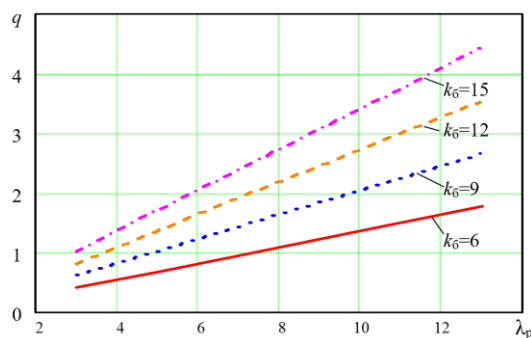


Рис. 2. Зависимость кратности воздействия от кинематического показателя режима работы роторно-бильного аппарата

Из графической зависимости (рис. 2) видно, что по мере уменьшения количества бичей интенсивность роста q при увеличении λ_p снижается. Достаточно для полного воздействия на стебли значению $q = 1$ соответствуют $\lambda_p = 3$ при $k_6 = 15$, $\lambda_p = 3,5$ при $k_6 = 12$, $\lambda_p = 4,8$ при $k_6 = 9$ и $\lambda_p = 7,5$ при $k_6 = 6$.

На рис. 3 представлены зависимости кинематического показателя режима работы от количества бичей при обеспечении воздействия их на все стебли обрабатываемой ленты ($q = 1$).

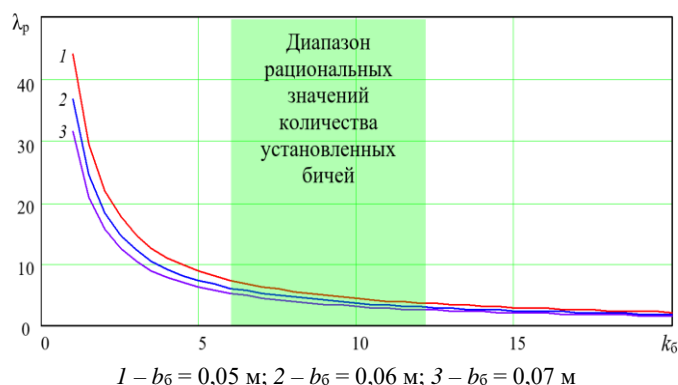


Рис. 3. Зависимости кинематического показателя режима работы от количества бичей ($q = 1$)

Как видно, для диапазона $k_6 \in [1; 5]$ требуется большое (от 37 до 7) значение λ_p , в 2...5 раза большее, чем в диапазоне $k_6 \in [6; 18]$. Для последнего диапазона достаточно небольшого значения кинематического показателя режима работы роторно-бильного аппарата. Следует отметить, что большое количество бичей усложняет конструкцию. С учетом этого при проведении экспериментальных исследований и проектировании роторно-бильного аппарата было принято решение, что установка менее 6 бичей неэффективна, поскольку качественный обмолот требует более высокой частоты вращения ротора, сопровождаемой повышенным повреждением стеблей и семян льна, а более 12 нецелесообразна из-за усложнения конструкции.

Прицепной льноуборочный комбайн «Двина-4М» работает в составе агрегатов на базе тракторов «Беларус» тягового класса 1,4. Частота вращения вала отбора мощности, соответствующая номинальным оборотам двигателя, находится в диапазоне 535...565 об/мин, а скорость зажимного транспортера льноуборочного комбайна – 1,5 м/с.

Согласно принятой схеме, взаимного расположения рабочих органов роторно-бильного аппарата [18] в начале взаимодействия бича с лентой касание его стеблей происходит всей передней по-

верхностью, а направления движения ленты льна и бича ротора взаимно перпендикулярны. В таком случае наибольшей скоростью движения обладают точки ротора, удаленные на расстояние R , $v_p = \omega_p R$. Абсолютная скорость точки бича, наиболее удаленной от оси O вращения, в начале его взаимодействия со стеблями определяется выражением $v_a = \sqrt{v_6^2 + v_{tp}^2}$.

Эта скорость не должна превышать критической скорости удара по ленте:

$$v_a < v_{кр}, \quad (9)$$

где $v_{кр}$ – критическая скорость удара, при которой начинается разрушение семян (находится в пределах 17–28 м/с [19]), м/с. Уравнение (8) с учетом $v_a = \sqrt{v_6^2 + v_{tp}^2}$ будет иметь вид:

$$q = \frac{\sqrt{v_a^2 - v_{tp}^2} \cdot k_6 \cdot b_6 \cdot \kappa_6}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot v_{tp}}. \quad (10)$$

Проведем анализ полученной зависимости (10) при фиксированных параметрах: радиусе ротора $R = 0,35$ м, скорости движения точки бича, наиболее удаленной от оси вращения $v_a = 17$ м/с (соответствует наименьшему значению критической скорости $v_{кр}$), средней скорости зажимного транспортера льноуборочного комбайна «Двина-4М» $v_{tp} = 1,5$ м/с. Зависимости кратности воздействий бичей ротора на ленту стеблей льна от числа бичей и ширины торцевой поверхности представлены на рис. 4.

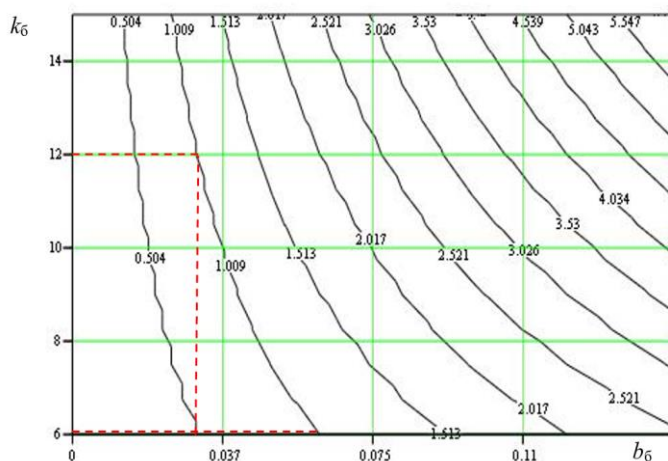


Рис. 4. Зависимости кратности q воздействия от количества k_6 бичей и ширины b_6 торцевой поверхности бича

Анализ зависимостей (рис. 4) показывает, что при критической скорости $v_{кр} = v_a = 17$ м/с для качественной работы роторно-бильного аппарата, удовлетворяющей минимальному требованию $q = 1$, ширина k_6 торцевой поверхности бича должна находиться в пределах от 0,03 м (при установке 12 бичей) до 0,06 м (при установке 6 бичей).

Проанализируем изменение абсолютной скорости v_a движения точки бича, наиболее удаленной от оси вращения, в пределах рабочего диапазона скоростей зажимного транспортера $v_{tp} = 1,3 \dots 2,5$ м/с [20] при установке 12-ти бичей шириной торцевой части 0,03 и 0,06 м (рис. 5).

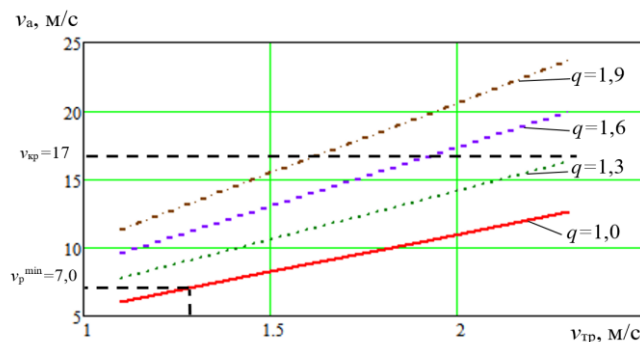


Рис. 5. Зависимости изменения абсолютной скорости v_a движения бича с лентой льна от скорости v_{tp} зажимного транспортера при ширине торцевой поверхности бича $b_6 = 0,03$ м.

Анализ графической зависимости (рис. 5) показывает, что наименьшее значение скорости, удовлетворяющее условию $q = 1$, составляет $v_a = 7,13$ м/с. Такому значению абсолютной скорости v_a и минимальной скорости зажимного транспортера $v_{тр} = 1,3$ м/с соответствует окружная скорость ротора $v_p = 7,0$ м/с.

Заключение

Получена аналитическая зависимость (8), устанавливающая связь кратности воздействий бичей на фрагмент ленты льна с конструктивными параметрами роторно-бильного аппарата (радиусом ротора, шириной торцевой поверхности бича, количеством установленных на роторе бичей) и его кинематическими параметрами (окружной скоростью ротора и скоростью движения зажимного транспортера), что позволило установить минимальную окружную скорость вращения ротора $v_p = 7,0$ м/с, рациональное значение количества бичей $k_b = 6...12$ шт. и минимальное значение ширины торцевой поверхности бича $b_b = 0,03$ м.

Аналитические зависимости, рассмотренные в данной статье, войдут в основу методики обоснования параметров и режима работы предложенной конструкции роторно-бильного аппарата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаршунов, В. А. Состояние льноводческой отрасли Республики Беларусь и пути повышения ее эффективности / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеев, М. В. Цайц // Вестник БГСХА. – 2019. – № 2. – С. 267–271.
2. Шаршунов, В. А. Анализ механизированных технологий уборки и первичной переработки льна / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеев, М. В. Цайц, В. А. Левчук. – Вестник БГСХА. – 2017. – № 2. – С. 137–141.
3. Основы расчета рабочих органов машин и оборудования для производства семян льна: монография / В. А. Шаршунов [и др.]. – Горки: БГСХА, 2016. – 156 с.
4. 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.
5. Шлыков, М. И. Льноуборочный комбайн (теория, расчет, конструкция) / М. И. Шлыков. – М.: Машгиз, 1949. – 300 с.
6. Анализ устройств для отделения семян льна от стеблей / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеев, М. В. Цайц, В. А. Левчук // Вестник БГСХА. – 2017. – № 4. – С. 174–180.
7. Результаты отсеивающего эксперимента по обмолоту лент льнотресты в линии первичной переработки устройством с эластичным рабочим органом / В. А. Левчук, М. В. Симонов, С. В. Курзенков, М. В. Цайц // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 12(139). – С. 18–30. – DOI 10.24412/2227-9407-2022-12-18-30.
8. Устройство для отделения семенных коробочек и семян льна от стеблей: патент 2788696 С1 РФ / М. В. Симонов, В. А. Шаршунов, Н. С. Сентюров, М. В. Цайц. – Заявл. 16.06.2022. – Опубл. 24.01.2023. – Бюл. № 3.
9. Устройство для отделения семенных коробочек льна от стеблей: пат. 21293 Респ. Беларусь, МПК А 01D 45/06 (2006.01) / В. Е. Круглень, В. И. Коцуба, П. Д. Сентюров, А. Д. Сентюров, М. В. Цайц, Г. А. Райлян, И. Л. Подшиваленко; заявитель Белорус. гос. с.-х. акад. – № а 20130044; заявл. 14.01.13; опубл. 25.05.17 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2017. – № 4 (117). – С. 57.
10. Сентюров, П. Д. Обоснование кинематических параметров роторного очесывающего аппарата / П. Д. Сентюров, М. В. Цайц, В. Е. Круглень // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2013. – № 1(12). – С. 74–78.
11. 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.
12. Ростовцев, Р. А. Повышение качества очеса стеблей льна путем совершенствования технологии и оптимизации параметров и режимов работы очесывающего аппарата: автореф. ... дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Ростовцев Р. А. – Санкт-Петербург-Павловск, 2003. – 19 с.
13. Черников, В. Г. Исследования параметров и режимов работы аппарата для очеса льна на корню / В. Г. Черников, Р. А. Ростовцев, С. В. Соловьев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2021. – Т. 15, № 2. – С. 13–18. – DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-2-13-18.
14. Можаров, Б. П. Исследование, обоснование и разработка аппаратов для обмолота льна-долгунца: дис. ... канд. техн. наук / Б. П. Можаров. – М.: ВИСХОМ, 1968. – 128 с.
15. Прибытков, П. Ф. Экспериментальные исследования процесса очеса льна у комбайна ЛК-7: дис. ... канд. техн. наук / П. Ф. Прибытков. – Л.: Пушкин, 1952. – 177 с.
16. Шрамко П. К. Изыскание способов снижения выхода путанины в работе очесывающего аппарата в системе льнокомбайна ЛК-7: дис. ... канд. техн. наук. – Л.: Пушкин, 1955. – 167 с.
17. Ростовцев, Р. А. Повышение эффективности уборки льна-долгунца путем разработки технологических процессов и технических средств для их осуществления: дис. докт. техн. наук / Р. А. Ростовцев. – Тверь, 2010. – 539 с.
18. Курзенков, С. В. Теоретическое обоснование молотильного зазора обмолачивающего устройства линии первичной переработки льна / С. В. Курзенков, В. А. Левчук, М. В. Цайц // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2022. – № 2. – С. 160–164.
19. Пугачев, А. Н. Влияние повышения производительности молотильного аппарата на механические повреждения зерна пшеницы и ржи / А. Н. Пугачев // Тр. Челябин. ин-та механизации и электрификации сел. хоз-ва. – Челябинск, 1973. – Вып. 62. – С. 19–24.
20. Ростовцев, Р. А. Расчет частоты вращения барабана динамически активного очесывающего аппарата моноцелевого типа / Р. А. Ростовцев // Достижения науки и техники в АПК. – 2003. – № 4. – С. 25–27.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ В ТРУБОПРОВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

З. В. ЛОВКИС

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: Lovkis_zv@mail.ru

М. А. КУЛАГА

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: mksm1989@yandex.ru

(Поступила в редакцию 02.07.2025)

Современный уровень развития животноводства в Республике Беларусь обеспечивает продовольственную безопасность страны, устойчивые темпы наращивания экспорта мясных продуктов питания.

По результатам анализа статистических материалов у нас в стране достигнут высокий уровень производства мяса на душу населения – свыше 135 кг, а самообеспечение по мясу составляет свыше 130 %, потребляется же человеком в среднем 98 кг/год.

Дальнейшее устойчивое развитие производства комбикормов и премиксов позволяет обеспечить отрасль кормами высокого качества, а эффективное использование кормов позволяет повысить продуктивность животных и достичь плановых показателей, для свиней прирост живой массы – 600 г/сутки.

В статье представлены результаты экспериментальных исследований потерь давления в гидротранспортной системе при перекачке жидкости, насыщенной пузырьками воздуха. Разработана схема установки, включающая центробежный насос, полиэтиленовые трубопроводы различных диаметров, датчик давления «Сенсор-М» и ротаметр F-12 для регулировки подачи воздуха. Установлено, что увеличение диаметра трубопровода снижает гидравлическое сопротивление, а рост содержания воздуха в смеси способствует уменьшению потерь напора. Полученные зависимости позволяют оптимизировать параметры гидротранспорта для снижения энергозатрат и повышения эффективности кормления в условиях животноводческих комплексов. Результаты исследования имеют практическое значение для внедрения ресурсосберегающих технологий в сельском хозяйстве, направленных на улучшение условий кормления с перспективой повышения продуктивности животных. Работа выполнена в лаборатории РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию» с использованием современного измерительного оборудования, обеспечивающего высокую точность измерений.

Ключевые слова: комбикорм, трубопровод, гидротранспорт, свиноводство, продуктивность, гидравлика, оптимизация параметров, оксигенация кормов.

The current level of livestock development in the Republic of Belarus ensures food security of the country, sustainable growth rates of meat food exports.

According to the results of the analysis of statistical materials, our country has achieved a high level of meat production per capita - over 135 kg, and self-sufficiency in meat is over 130%, while a person consumes an average of 98 kg / year.

Further sustainable development of the production of compound feed and premixes allows us to provide the industry with high-quality feed, and the efficient use of feed allows us to increase animal productivity and achieve planned indicators, for pigs, the live weight gain is 600 g / day.

The article presents the results of experimental studies of pressure losses in a hydrotransport system when pumping liquid saturated with air bubbles. A setup diagram has been developed that includes a centrifugal pump, polyethylene pipelines of various diameters, a Sensor-M pressure sensor, and an F-12 rotameter for regulating air supply. It has been established that an increase in the pipeline diameter reduces hydraulic resistance, and an increase in the air content in the mixture helps to reduce pressure losses. The obtained dependencies allow optimizing the hydraulic transport parameters to reduce energy costs and improve feeding efficiency in livestock complexes. The results of the study are of practical importance for the introduction of resource-saving technologies in agriculture aimed at improving feeding conditions with the prospect of increasing animal productivity. The work was carried out in the laboratory of the RUE "SPC of the NAS of Belarus for Food" using modern measuring equipment that ensures high measurement accuracy.

Key words: compound feed, pipeline, hydraulic transport, pig farming, productivity, hydraulics, parameter optimization, feed oxygenation.

Введение

Последовательно реализуемые меры в области технической модернизации животноводства, снижение трудоемкости работ в области кормления обеспечат позитивное влияние на динамику развития отрасли, повышению ее эффективности [1].

Современное производство свинины требует инновационных решений для снижения трудоемкости при раздаче корма. Традиционные методы раздачи кормов часто сопряжены с потерями питательных веществ, неравномерным распределением и риском микробной контаминации. Применяемые современные гидротранспортные установки, обеспечивающие подачу корма в жидкой фазе, позволяют минимизировать процесс, а обогащение кормовых смесей кислородом (оксигенация) может улучшить аэробные условия в пищеварительном тракте, подавляя развитие патогенной микрофлоры и получить дополнительный эффект – прирост живой массы.

Уникальность данного исследования заключается в комбинированном анализе параметров гидротранспорта (потери давления, расход) при варьировании диаметра труб (40–63 мм) и содержания воздуха (0–40 %), что ранее не изучалось в контексте свиноводческих комплексов.

Цель исследований – изучение показателей гидротранспортной установки с оксигенацией, определение потерь напора и других энергетических параметров.

Основная часть

Экспериментальные исследования были проведены в лаборатории РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию». Эксперименты проводились на изготовленной гидротранспортной установке с системой подачи кислорода в поток кормовой смеси (рис. 1). В установке применены: центробежный насос DPV 10-100 (производительность: 5–15 м³/ч, погрешность ±2 %), трубопровод полиэтиленовый (диаметр 40–63), датчика давления «Сенсор-М» (диапазон: 0–1 МПа, точность ±0,5 %), ротаметр F-12 (диапазон расхода воздуха: 0–20 л/мин, погрешность ±1,5 %).

Каждый эксперимент повторялся 3 раза для обеспечения статистической достоверности. Погрешности измерений учтены методом стандартного отклонения.

Выращивание поросят – ответственный процесс, требующий внимания к деталям, особенно в вопросах кормления. Правильно составленный рацион не только ускоряет рост молодняка, но и укрепляет иммунитет, снижая риски заболеваний. Питание поросят делится на три ключевых периода, каждый из которых требует индивидуального подхода.

1. Молочный период (0–4 недели). В первые дни жизни основу рациона составляет материнское молоко, богатое антителами и питательными веществами. Однако уже на 5–7 день рекомендуется вводить прикорм для стимуляции пищеварительной системы. Используются престартерные корма с высоким содержанием протеина (18–20 %), лактозы и пробиотиков. Важно обеспечить мелкую фракцию гранул и легкую усвояемость.

К 3-й неделе доля прикорма увеличивается, а доступ к чистой воде становится обязательным. Это помогает избежать обезвоживания и подготавливает желудок к переходу на твердые корма.

2. Дорастивание (5–10 недель). После отъема от свиноматки поросята испытывают стресс, поэтому рацион должен быть максимально сбалансированным. Основу составляют стартерные комбикорма с добавлением злаков (кукуруза, ячмень), шрота подсолнечника и рыбной муки. На этом этапе важно контролировать уровень клетчатки – её избыток замедляет метаболизм.

Дополнительно вводятся витаминные комплексы (А, D, E) и минералы (железо, цинк), предотвращающие анемию и рахит. Для улучшения аппетита можно добавлять в корм небольшое количество натуральных ароматизаторов, например, яблочный жом.

3. Откорм (с 11 недель). На этапе интенсивного роста упор делается на наращивание мышечной массы. В рацион включают корма с высоким содержанием углеводов (до 70 %) и умеренным процентом белка (14–16 %). Эффективно использование влажных мешанок на основе вареного картофеля, тыквы и зерновых, жидкого корма на основе комбикорма.

Для снижения затрат часть комбикорма заменяют пищевыми отходами, но только после термической обработки. Однако важно соблюдать баланс: избыток жиров или кислот может вызвать расстройство ЖКТ [10].

Параметров гидротранспорта изучались на гидротранспортной установке для подачи жидкотекучего корма животным с введением в корм кислорода, схема которой показана на рис. 1.

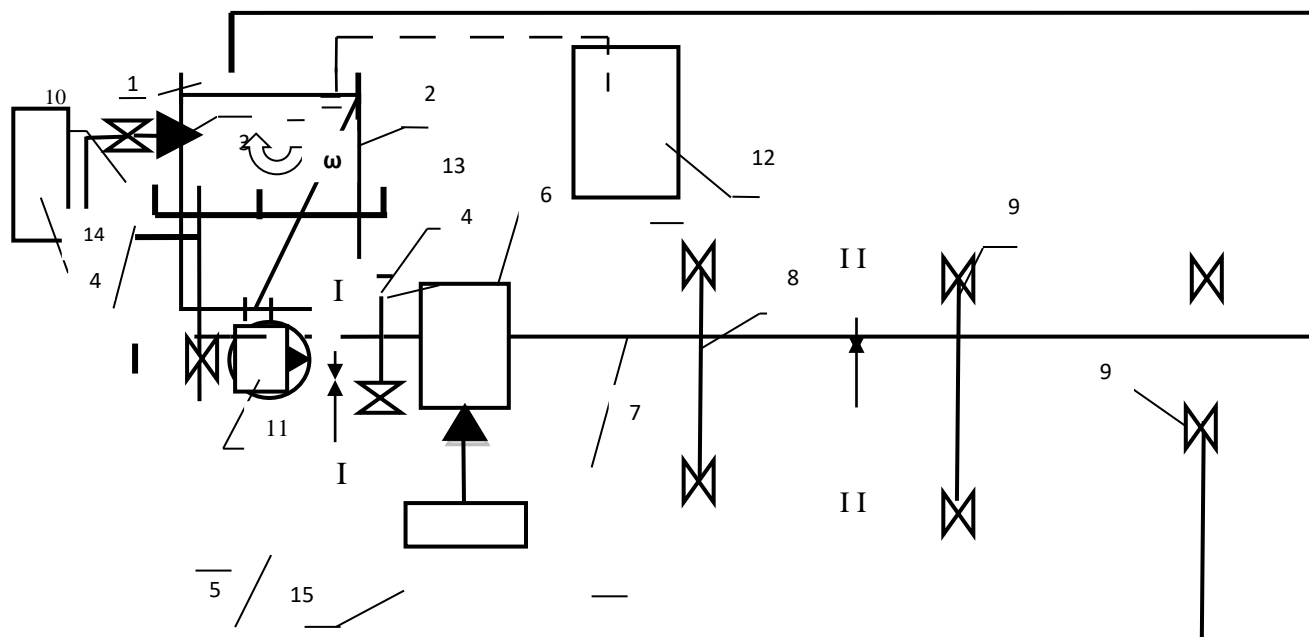


Рис. 1. Схема установки для транспортирования жидких кормовых смесей с добавлением воздуха (кислорода)

1 – емкость для перемешивания корма; 2 – перемешивающее устройство; 3 – дозатор воды; 4 – кран; 5 – насос DPV 10-100; 6 – диффузор для подвода кислорода; 7 – центральный кольцевой трубопровод из полиэтилена (труба ПНД 50*3,0мм); 8 – межсистемный отвод; 9 – кормовой вентиль; 10 – кран подачи воды; 11 – привод мешалки; 12 – емкость для сухого корма; 13 – электронные весы; 14 – емкость для воды; 15 – баллон с кислородом.

Установка состоит из следующих основных элементов: емкости для сухого корма 12, емкости для смешивания 1, в которой установлено перемешивающее устройство 2, дозатора воды 3, запорного крана 4, насоса 5, диффузора для подвода кислорода 6, центрального кольцевого трубопровода 7, межсистемного отвода 8, кормового вентиля 9, крана подачи воды 10, привода мешалки 11, электронных весов 13, емкости для воды 14, баллона с кислородом 15.

Система работает следующим образом. Центробежный насос 5 подает жидкий корм, поступающий из смесительной емкости 2 в центральный трубопровод 7. В начале центрального трубопровода 7 установлен диффузор 6, через который поступает в систему кислород. Количество подаваемого кислорода регулируется в зависимости от производительности гидротранспортной установки, возраста откормочного поголовья и устанавливается в производственных условиях, согласно рекомендациям. В диффузоре кислород через кольцевые проточки поступает к распылителям и равномерным потоком вносится в корм, что изменяет силы сопротивления скольжению корма по трубопроводу, что будет способствовать полноте переваривания поступившего корма и повышению массы тела животного.

В процессе экспериментальных исследований изучены параметры изменения давления от расхода для исследуемых трубопроводов диаметрами ($d=40, 50, 63$ мм без наполнения, с изменением состава смеси и с воздухом); потери давления на одном погонном метре трубопровода ($d=50$ мм) при изменении процентного содержания воздуха в жидкости; изменение потерь давления жидкости от расхода при подаче в трубопроводах с различным диаметром.

Параметры изменения давления контролировались датчиком давления Сенсор-М, запись осуществлялась с помощью персонального компьютера через USB-порт. Параметры подачи кислорода устанавливались и контролировались ротаметром, рис. 2.

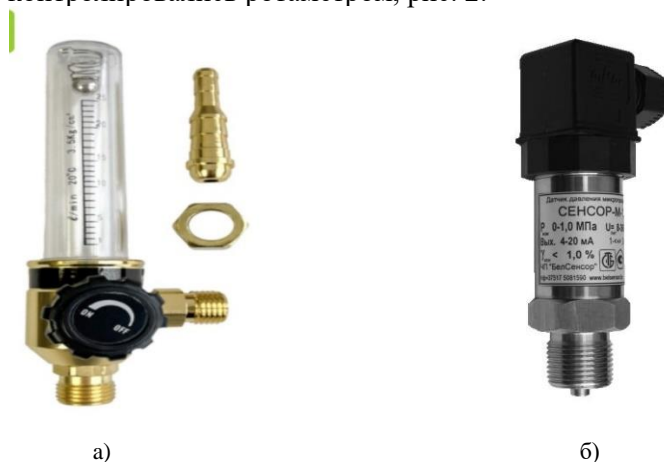


Рис. 2. а) общий вид прибора ротаметр F-12 с регулировкой подачи воздуха; б) датчик давления Сенсор-М (4-20 мА)

Полученные в процессе исследований экспериментальные данные приведены на графиках, рис. 3...5. График показывает зависимость давления (P) от расхода жидкости ($Q_{ж}$) для трубопроводов разного диаметра (40 мм, 50 мм, 63 мм) при фиксированном содержании пузырьков воздуха в жидкости (15 %).

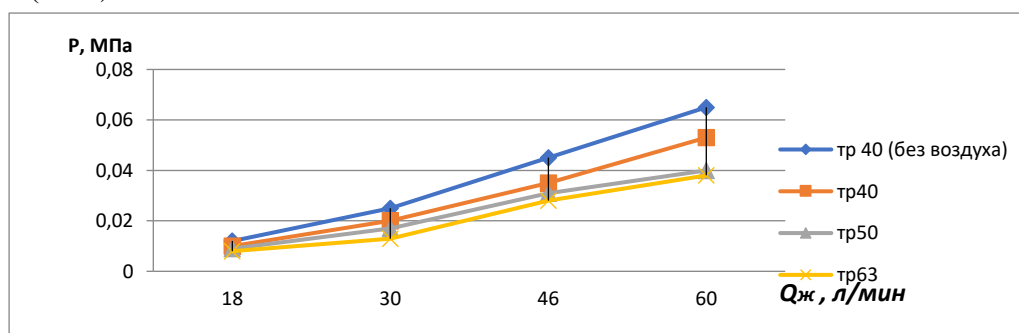


Рис. 3. Расходная характеристика трубопровода $P=f(Q)$: изменение давления (P) от расхода жидкости ($Q_{ж}$) для исследуемых диаметров (d) трубопровода (при среднем значении воздуха 15 %)

С увеличением диаметра трубопровода (например, с 40 мм до 63 мм) давление при одинаковом расходе жидкости снижается, это связано с уменьшением скорости движения жидкости гидравлического сопротивления.

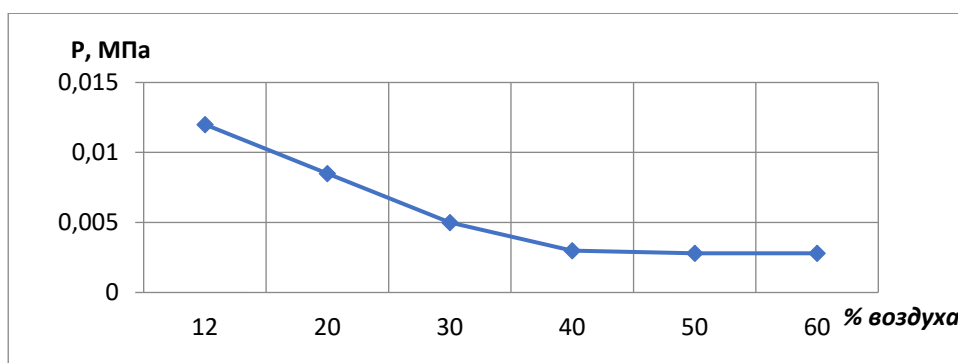


Рис. 4. График потерь давления (ΔP) на одном погонном метре трубопровода $d= 50$ мм при изменении процентного содержания воздуха в жидкости ($Q_{ж}$)

Анализ зависимости показывает, что потери давления (ΔP) при увеличении процентного содержания воздуха в жидкости (например, с 0 % до 30 %) сначала снижаются пропорционально. При достижении содержания воздуха 40 % и более в жидкости потери напора остаются постоянными ввиду изменения характера трения смеси о поверхность.

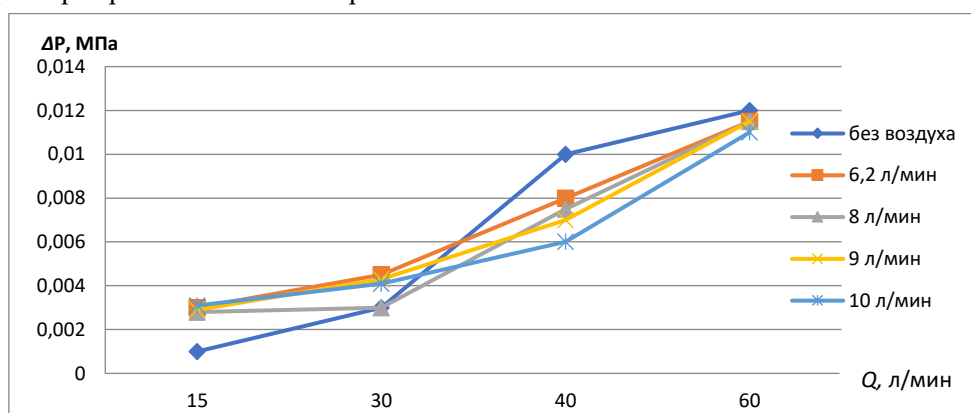


Рис. 5. График изменения потерь давления жидкости (ΔP) от расхода (Q) при подаче в трубопровод воздуха в количестве 12%

График иллюстрирует зависимость потерь давления (ΔP) от расхода жидкости (Q) при фиксированном содержании воздуха (12 %).

Анализ полученных зависимостей показывает нелинейный рост потерь с увеличением расхода, как следствие изменения скорости потока, увеличением трения и местных сопротивлений.

Заключение

Полученные данные необходимы для расчета параметров гидротранспортной установки, подбора насоса и электродвигателя. Применение гидротранспортных установок позволяет снизить трудозатраты при кормлении свиней. Жидкий корм с добавлением кислорода в установленных пределах позволят повысить продуктивность и здоровье свиней. Предложенная технология может быть внедрена в хозяйствах, ориентированных на откорм свиней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Продовольственная безопасность Республики Беларусь: новые вызовы и возможности: материалы круглого стола (Минск, 18 октября 2023 г.). – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2024. – 154 с.
2. Борисенко, Л. Н. Инновационные технологии в свиноводстве / Л. Н. Борисенко, А. К. Савицкий. – Минск: ИВЦ Минфина, 2022. – 189 с.
3. Ловкис, З. В. Гидравлика / З. В. Ловкис. – М.: «Беларуская навука», 2012. – 439 с.
4. Ловкис З. В. Гидравлика: учебное пособие / З. В. Ловкис, Б. А. Карташов, П.В. Лаврухин. – Ростов н/Д: Феникс, 2019. – 383 с.
5. Асташов, В. В. Гидравлические системы в агропромышленном комплексе / В. В. Асташов, П. Н. Громов. – Минск: Беларуская навука, 2021. – 214 с.
6. Семенов, В. Ф. Гидротранспорт в животноводческих комплексах / В. Ф. Семенов. – СПб.: Лань, 2021. – 134 с.
7. Ткаченко, И. И. Ресурсосберегающие технологии в свиноводстве / И. И. Ткаченко. – Могилев: МГУП, 2020. – 98 с.
8. Fedorenko, V. Hydraulic Equipment in Agricultural Engineering / V. Fedorenko, D. Petrov // Agricultural Mechanization. – 2021. – Vol. 12, № 2. – P. 34-41.
9. Weber, M. Innovations in Pig Farming: EU Experience / M. Weber. – Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2021. – 163 p.
10. Максимов, А. С. Реология пищевых продуктов / А. С. Максимов, В. Я. Черных. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 169 с.
11. Водяников, В. И. Технологические приемы повышения продуктивности свиней в условиях промышленных комплексов / В. И. Водяников, В. В. Шкаленко. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2014. – 152 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ГЕНЕРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ КАПЕЛЬ ТУМАНА НА ОСНОВЕ ГАЗОЖИДКОСТНОГО ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА И ТЕХНОЛОГИИ ОБНАРУЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

МЭН ФАНЬЧЖАО, И. И. ГАВРИЛОВ, В. И. КЛИМЕНКО

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

(Поступила в редакцию 15.07.2025)

Низкая эффективность генерации мелкодисперсных капель тумана и недостаточная точность их обнаружения в сельскохозяйственной технике защиты растений долгое время являлись одним из узких мест в точном ведении сельскохозяйственных работ. В связи с этим в данной работе изложена информация об уровне известных исследований комбинированного распыляющего устройства с диском и воздушной подачей, основанное на теории газожидкостного двухфазного потока, и с использованием усовершенствованного алгоритма YOLOv8 (детектирование и анализ капель в режиме реального времени) реализована эффективная генерация и точное обнаружение капель тумана размером менее 30 мкм, оптимизация конструкции комбинированного распыляющего устройства с диском позволила добиться стабильного формирования мелкодисперсной смеси с контролируемым распределением капель. Одновременно на основе сопряжения частоты вращения и скорости воздушного потока авторами известных исследований была построена модель распыления, которая учитывает взаимосвязь частоты вращения диска и скорость воздушного потока.

Данная модель позволяет осуществлять прогнозирование распределения мелкодисперсных капель по размерам и плотности в зависимости от настроек оборудования. Также была разработана интеллектуальная система обнаружения DropletNet, интегрированное аппаратное средство, осуществляющее процесс распыления в сочетании с алгоритмы машинной настройки для применения автоматической коррекции параметров работы в процессе опрыскивания. Экспериментально было подтверждено, что при совместном воздействии двух факторов можно повысить объемную долю капель тумана размером <30 мкм до 78 %, а число капель на единицу площади достигать в пределах 350 капель/см², что обеспечивает равномерность распределения рабочей жидкости, при этом ошибка обнаружения не превышает 4 %, что позволяет удовлетворить требования технологии точного внесения средств защиты растений сельскохозяйственной техникой. Таким образом, реализованный подход позволяет существенно повысить эффективность обработки растений, минимизировать потери пестицидов и снизить экологическую нагрузку, что делает его перспективным для внедрения в современные системы точного земледелия.

Ключевые слова: генерация мелкодисперсных капель тумана; газожидкостный двухфазный поток; глубокое обучение; обнаружение капель тумана; эффективность использования пестицидов.

Low efficiency of fine fog droplets generation and insufficient accuracy of their detection in agricultural plant protection equipment have long been one of the bottlenecks in precision agricultural management. In this regard, this paper presents information on the level of known studies of a combined atomizing device with a disk and air feed, based on the theory of gas-liquid two-phase flow, and using the improved YOLOv8 algorithm (real-time droplet detection and analysis), effective generation and accurate detection of fog droplets smaller than 30 μm are realized, optimization of the design of a combined atomizing device with a disk made it possible to achieve stable formation of a fine mixture with a controlled droplet distribution. At the same time, based on the conjugation of the rotation frequency and air flow rate, the authors of known studies built a spray model that takes into account the relationship between the rotation frequency of the disk and the air flow rate. This model allows for the prediction of the distribution of fine droplets by size and density depending on the equipment settings. An intelligent detection system DropletNet was also developed, an integrated hardware tool that carries out the spraying process in combination with machine tuning algorithms for the application of automatic correction of operating parameters during the spraying process. It was experimentally confirmed that with the combined effect of two factors it is possible to increase the volume fraction of fog droplets <30 μm in size to 78 %, and the number of droplets per unit area to reach within 350 droplets/cm², which ensures uniform distribution of the working fluid, while the detection error does not exceed 4%, which allows meeting the requirements of the technology of precise application of plant protection products by agricultural machinery. Thus, the implemented approach allows to significantly increase the efficiency of plant treatment, minimize pesticide losses and reduce the environmental load, which makes it promising for implementation in modern precision farming systems.

Key words: generation of fine fog droplets; gas-liquid two-phase flow; deep learning; fog droplet detection; pesticide use efficiency.

Введение

В Китае ежегодная экологическая нагрузка, вызванная дрейфом и потерями пестицидов, превышает 600 тысяч тонн, что главным образом обусловлено низкой эффективностью распыления сельскохозяйственной техникой средств защиты растений. В каплях тумана, распыляемых обычными напорными опрыскивателями, доля мелкодисперсных капель размером <30 мкм составляет менее 15 %, а количество капель, оседающих на единицу площади, составляет 80–120 капель/см², что приводит к эффективной осадке пестицидов в кроне растений менее 40 % [1–2]. Применяются технологии распыления с использованием диска и воздушно комбинированного способа с использованием центробежной силы воздушного потока для совместного распыления, дает возможность получать капли ту-

мана размером 5–50 мкм. Однако в настоящее время точность обнаружения субмикронных капель составляет лишь 75–80 %, а также отсутствуют алгоритмы и методы динамического количественного анализа в полевых условиях, что значительно ограничивает её практическое применение.

Цель работы – исследование механизма генерации мелкодисперсных капель тумана на основе газожидкостного двухфазного потока и технологии обнаружения с применением глубокого обучения.

Основная часть

Теоретическое моделирование генерации мелкодисперсных капель и проектирование устройства. Механизм атомизации газожидкостного двухфазного потока

Комбинированная атомизация диском с воздушной подачей происходит в два этапа: центробежное разрушение и вторичное разрушение воздушным потоком. Центробежный этап: капли на краю диска под действием инерционной силы образуют жидкую пленку, размер частиц которой в основном определяется числом Вебера (We $We = \frac{\rho v^2 D}{\sigma}$), при $We > 15$ жидкая пленка распадается на начальные капли тумана, средний размер частиц d_{SMD} и скорость вращения диска ω связаны следующим образом:

$$d_{smd} = 128.5 \times \frac{\sigma^{0.6} \mu^{0.2}}{\rho^{0.4} \omega^{1.2}}$$

В процессе воздушной подачи высокоскоростной воздушный поток (5–20 м/с) обменивается импульсом с начальными каплями тумана, что анализируется и рассчитывается с использованием двухфазной модели Эйлера–Лагранжа:

$$\frac{dV_p}{dt} = \frac{3\mu_g}{4\rho_p d_p^2} (V_g - V_p) + g$$

Сдвиговые силы воздушного потока могут увеличить долю капель тумана размером менее 30 мкм в общем количестве капель после вторичного разрушения на 30–50 % [4]. Использование метода CFD-симуляции для оптимизации угла входящего воздушного потока до 30° позволяет увеличить глубину проникновения капель тумана внутрь кроны растений на 25 %.

Модульный дизайн устройства для атомизации

Разработан трехуровневый регулируемый дисково-воздушный механизм (см. рис. 1).

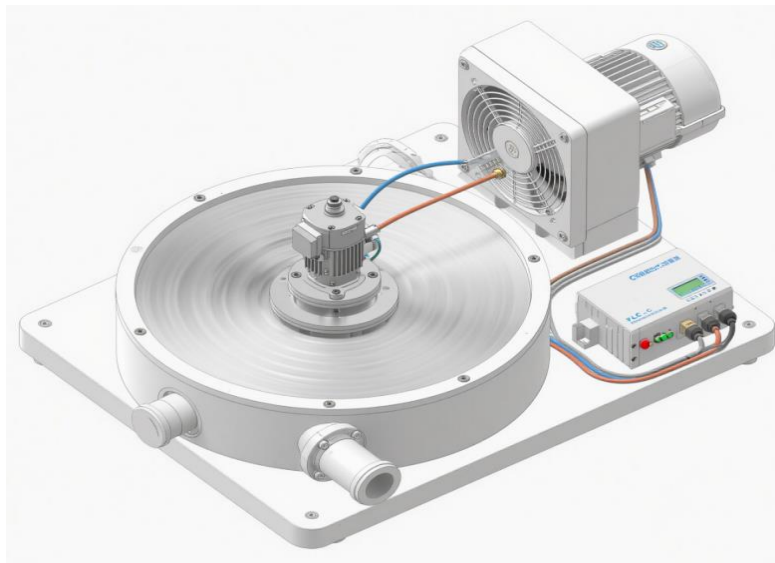


Рис. 1. Схема принципа работы дискового устройства с воздушной подачей

Центробежный блок: использована конструкция алюминиевого диска диаметром 120 мм с частотой вращения 1000–4000 об/мин (привод шагового двигателя, точность ±2 об/мин).

Недостатком центробежного блока является одноступенчатая конструкция алюминиевого диска, что не позволяет дополнительно дробить капли рабочей жидкости до схода их с кромки диска.

Воздушный блок: в зависимости от условий установлен осевой вентилятор (объем воздуха: 500–2000 м³/ч), скорость воздуха регулируется с помощью частотного преобразователя в диапазоне 5–20 м/с с плавной настройкой.

Система измерения и управления: получение данных через контроллер PLC, постоянный мониторинг скорости вращения, скорости ветра и давления, оснащена функцией удалённой настройки параметров.

Технология обнаружения мелкодисперсных капель тумана на основе глубокого обучения. Аппаратная архитектура системы обнаружения

Создание мультимодальной платформы обнаружения изображено на рис. 2.

1. Модуль микроскопической визуализации: оптический микроскоп с увеличением 600× (Olympus BX53) в сочетании с высокоскоростной камерой 2000 fps (Phantom VEO 410L), обеспечивающий динамическое захватывание капель тумана размером порядка 5 мкм.

2. Модуль предотвращения испарения при отборе проб: поверхность предметного стекла покрыта смесью глицерина и воды в объёмном соотношении 1:4, в сочетании с термостатированной камерой с контролем влажности ($25\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$, влажность $60\% \pm 5\%$), обеспечивающей стабильность размеров капель тумана.

3. Модуль лазерной калибровки: лазерный гранулометр Malvern Mastersizer 3000 (диапазон измерений 0,1–2000 мкм), предназначенный для офлайн-калибровки объёмного распределения капель тумана.



Рис. 2. Архитектура системы обнаружения капель тумана

Разработка алгоритма DropletNet

Для обнаружения мелких капель тумана размером 5–30 мкм в рамках архитектуры YOLOv8 внедрены двойной механизм внимания (DAM) и оптимизационный модуль пирамиды признаков (FPO), образующие модель DropletNet-30:

1. Аугментация данных: выполнение вращения, масштабирования и добавления гауссовского шума к 10 000 микроскопическим изображениям, что позволило получить 30 000 обучающих образцов.

2. Оптимизация функции потерь: совместное использование Focal Loss (фокусированной функции потерь) и Dice Loss (функции потерь Dice) для решения проблемы дисбаланса между положительными и отрицательными образцами.

3. Производительность обнаружения: на собственном наборе данных модель достигла точности обнаружения капель размером 5 мкм ($mAP@0,5$) в 92,3 %, время обработки одного изображения составило менее 150 мс, уровень пропусков — менее 2,5 % [5].

Экспериментальная проверка и анализ результатов. Сравнительный эксперимент по характеристикам атомизации

Сравнительный эксперимент проводился в безветренной лабораторной среде (температура $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, влажность $60\% \pm 5\%$), было установлено 4 рабочих режима (таблица), с синхронным обнаружением с помощью лазерного анализатора размера частиц и DropletNet-30.

Параметры рабочих режимов и результаты испытаний характеристик атомизации

Рабочий режим	Скорость вращения (об/мин)	Скорость ветра (м/с)	Объемная доля капель <10μм (%)	Объемная доля капель 10–30μм (%)	Число капель на единицу площади (капли/см ²)
T1	1500	8	12.3	40.0	180±15
T2	2500	14	25.7	52.3	320±20
T3	3500	20	38.5	45.2	450±25
Традиционный прессурный тип	–	–	3.5	11.2	90±10

Результаты показывают: в рабочем режиме Т3 комбинированного устройства объемная доля капель тумана с медианным диаметром 30 мкм достигает максимума в 78 %, что примерно в 6 раз превышает показатели обычного прессурного распылителя; При рабочем режиме Т2 количество капель тумана на единицу площади увеличивается на порядок, при этом количество капель на единицу площади превышает существующие отечественные модели с воздушной подачей в 2,1 раза, что составляет дополнительно 150 капель/см².

Проверка точности метода обнаружения

Для калибровки точности обнаружения DropletNet-30 использовались стандартные частицы – полистироловые микросферы диаметром 10 мкм.

Ошибка измерения размера частиц: средняя абсолютная ошибка (MAE) составляет 1,2 мкм, относительная ошибка – 12 %; традиционный микроскопический метод показывает MAE 2,8 мкм и относительную ошибку 28 %.

Точность подсчёта: при плотности 200 капель/см² уровень пропусков составляет 2,1 %, уровень ложных срабатываний – 1,8 %, что значительно ниже, чем у ручного подсчёта с уровнем пропусков 15 % и уровнем ложных срабатываний 10 % [6]. В процессе практической эксплуатации можно соответственно увеличить скорость распыления, что значительно снижает показатели пропусков и ложных срабатываний. В ходе полевых испытаний с использованием метода окрашивания натрием флуоресцеина была протестирована система DropletNet-30, статистический анализ показал, что ошибка подсчёта капель на листьях салата (LAI=2,8) составляет всего 6 % по сравнению с фактическим значением, коэффициент вариации (CV) равен 8,7 %, что соответствует техническим требованиям точного внесения препаратов.

Существенным недостатком исследованного известного диско-вентиляторного устройства является значительная разбежка размеров капель в 5–30 мкм при сходе с диска и воздействии на них воздушного потока.

Заключение

Для известных исследований разработана модель сопряжённого газожидкостного двухфазного потока с учётом аэрозолизации, выявлен механизм синергетического влияния частоты вращения и скорости ветра на генерацию мелкодисперсных капель, что обеспечивает теоретическую основу для оптимизации параметров оборудования. Модель включает нелинейные уравнения Навье-Стокса с модификациями для многофазных сред, а также алгоритмы машинного обучения для прогнозирования распределения капель в зависимости от внешних условий. Экспериментально подтверждено, что при частоте вращения диска 5000–8000 об/мин и скорости ветра 3–5 м/с достигается оптимальный режим аэрозолизации с минимальным коагуляционным эффектом.

Технические инновации: разработка интеллектуальной системы обнаружения DropletNet-30, преодолевающей традиционные ограничения в обнаружении капель тумана размером 5–30 мкм, с увеличением эффективности и точности обнаружения более чем в 3 раза. Система основана на гибридной архитектуре, сочетающей сверточные нейронные сети (CNN) для обработки изображений и алгоритмы спектрального анализа в реальном времени. Внедрение **DropletNet-30** позволило снизить погрешность измерения до 4 % (против 8–10 % у аналогов) и автоматизировать контроль дисперсного состава в полевых условиях.

Прикладная ценность: с помощью комбинированного адаптера достигается плотность капель на единицу площади 300–450 шт/см², а также реализуется инженерное снижение расхода препаратов на 30–40 %.

Будущие исследования будут сосредоточены на следующих направлениях: разработка и исследование технологий диско-вентиляторного устройства с обеспечением среднего размера дисперсируемых капель в пределах 5–10 мкм, что позволит дополнительно уменьшить расход препаратов с соблюдением качественных параметров покрытия вегетирующих растений и уменьшить загрязнение окружающей среды. Перспективным направлением также является создание цифровых двойников распылительных систем, позволяющих прогнозировать эффективность обработки для различных культур и погодных условий на этапе проектирования.

Такой подход не только повысит экономическую эффективность сельскохозяйственных операций, но и внесёт вклад в устойчивое развитие агросектора за счёт сокращения химической нагрузки на экосистемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Китайская ассоциация сельскохозяйственной механизации. Белая книга о развитии отрасли машин для защиты растений Китая в 2024 году. – Пекин: Китайская ассоциация сельскохозяйственной механизации, 2024. – С. 22–25.
2. Министерство сельского хозяйства Китая. Технические нормы оценки качества машин для защиты растений (NY/T 1774-2009). – Пекин: Издательство сельскохозяйственной литературы Китая, 2009. – С. 18–21.

3. Ван Сю. Прогресс в исследовании технологий измерения размеров капель сельскохозяйственных аэросистем. Журнал сельскохозяйственной инженерии. – 2018. – Т. 34, № 15. – С. 1–8.
4. Nuyttens J. Ветрообеспеченное распыление в садах: обзор. *Biosystems Engineering*, 2005, т. 92, № 3, с. 249–269.
5. Redmon J., Farhadi A. YOLOv3: инкрементальное улучшение. А arXiv препринт arXiv:1804.02767, 2018.
6. Чжао Чэнь. Метод измерения размеров капель распыления на основе машинного зрения. Журнал сельскохозяйственных машин, 2020, т. 51, № 4, с. 389–396.
7. TeeJet Technologies. Технический manual центробежной. Уиитон, штат Иллинойс: TeeJet, 2022, с. 35–38.
8. Южнокиитанский сельскохозяйственный университет. Отчет о исследованиях характеристик осаждения капель ветрообеспеченных распыляющих машин. – Нанькин: Южнокиитанский сельскохозяйственный университет, 2019. – С. 12–16.
9. ISO 16368:2017 Оборудование для защиты растений — Определение распределения размеров капель распыления. Женева: ISO, 2017, с. 45–49.
10. Японское общество сельскохозяйственной механизации. Руководство по precision обработке овощных и фруктовых культур. – Токио: Японское общество сельскохозяйственной механизации, 2023. – С. 55–58.

МЕЛИОРАЦИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

УДК 528.85

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ВЫЯВЛЕНИЕ И МОНИТОРИНГ «ЦВЕТЕНИЯ» ФИТОПЛАНКТОНА НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Е. С. КУРЗЕНКОВ, М. С. КУРЗЕНКОВ, В. А. СИПАЧ, О. А. СЕМЁНОВ

Научно-инженерное республиканское унитарное предприятие
«Геоинформационные системы» НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь, 220012, e-mail: YKurziankou@gis.by;
MKurziankou@gis.by; VSipach@gis.by; OSemenov@gis.by

Б. В. АДАМОВИЧ

Белорусский государственный университет,
г. Минск, Республика Беларусь, 220030, e-mail: belaqulab@gmail.com

(Поступила в редакцию 02.06.2025)

Водные экосистемы являются, без преувеличения, особым достоянием Беларуси и одной из основных составляющих экологического каркаса особо охраняемых природных территорий, таких как национальные парки «Нарочанский» и «Браславские озера». Водные объекты республики обеспечивают население широким спектром необходимых экосистемных услуг. Интенсивное использование водных ресурсов влечет за собой резкое изменение их качественных параметров в результате сброса в воду самых разнообразных загрязнителей антропогенного происхождения, а их естественные экосистемы разрушаются.

Существующие в настоящее время методики оценки развития фитопланктона крайне трудозатратны и требуют проведения длительных полевых и лабораторных работ и последующих трудоемких расчетов. Поэтому необходимы механизмы четкого, оперативного и универсального контроля ключевых характеристик водных объектов, которые учитывают большие территории. Это возможно только с применением данных дистанционного зондирования Земли.

В данной работе предлагаются методики, позволяющие реализовать системный подход к автоматизированному выявлению и мониторингу «цветения» фитопланктона на водных объектах. Их применение позволит кардинально улучшить мониторинг поверхностных вод и использовать эти данные для планирования и осуществления природоохранных, рекреационных и хозяйственных мероприятий.

Предложенные методики будут положены в основу технологии выявления и мониторинга «цветения» фитопланктона, позволяющей распространять ее на другие водные объекты страны.

Возможность оперативного выявления и мониторинга «цветения» фитопланктона в пределах больших территорий позволит принимать меры для снижения и предотвращения негативных последствий на водных объектах.

Ключевые слова: автоматизация, информационные технологии, ДЗЗ, ГИС, охрана водных ресурсов, мониторинг водных объектов, «цветение» фитопланктона.

Aquatic ecosystems are, without exaggeration, a special asset of Belarus and one of the main components of the ecological framework of specially protected natural territories, such as the «Narochansky» and «Braslav Lakes» National Parks. The republic's water bodies provide the population with a wide range of necessary ecosystem services. Intensive use of water resources entails a sharp change in their quality parameters as a result of the discharge of a wide variety of anthropogenic origin into the water, and their natural ecosystems are being destroyed.

The current methods for assessing phytoplankton development are extremely labor-intensive and require long-term field and laboratory work and further labor-intensive calculations. Therefore, mechanisms for clear, prompt and universal control of key characteristics of water bodies that take into account large territories are needed. This is possible only with the use of Earth remote sensing data.

This paper proposes methods that allow the implementation of a systematic approach to the automated detection and monitoring of phytoplankton «blooming» in water bodies. Their application will radically improve the monitoring of surface waters and use this data for planning and implementing environmental, recreational and economic measures.

The proposed methods will form the basis of the technology of detection and monitoring of phytoplankton «blooming», allowing to extend it to other water bodies of the country.

The ability to quickly identify and monitor phytoplankton blooms within large areas will allow measures to be taken to reduce and prevent negative consequences on water bodies.

Key words: *automatization, information technology, remote sensing, GIS, protection of water resources, monitoring of water bodies, phytoplankton blooms.*

Введение

Водные ресурсы являются национальным достоянием во всех странах мира, обеспеченность ими – ключевой показатель устойчивого развития общества в социальных, экономических и экологических аспектах [1].

Все воды (водные объекты), расположенные на территории Республики Беларусь, находятся в исключительной собственности государства (ст. 13 Конституции) и составляют государственный водный фонд. К водному фонду относятся: поверхностные воды (водные объекты) – реки, ручьи, родники, озера, пруды, водохранилища, каналы и т. п.; подземные воды [2].

Изменение климата, активно проявляющееся в последние 50 лет, ведет к существенным последствиям. Ожидается, что в самое ближайшее время мировое сообщество будет испытывать негативные воздействия изменения климата в виде возросшей частоты и интенсивности наводнений и засух, усиления дефицита водных ресурсов, а также ухудшения экологического состояния водных экосистем.

Необходимость принятия мер, направленных на адаптацию водных ресурсов к изменению климата, напрямую затрагивает Республику Беларусь, так как в южной ее части на протяжении многих лет наблюдается снижение речного стока практически во все сезоны. Под влияние этого процесса также стали попадать некоторые отрасли экономики, связанные с использованием водных ресурсов. Национальная стратегия направлена на повышение эффективности использования водных ресурсов для обеспечения устойчивого экономического роста страны в условиях изменяющегося климата и на создание условий для сохранения водных экосистем [1].

Целью настоящей работы является разработка программного комплекса для организации информационного обеспечения выявления и мониторинга «цветения» фитопланктона на водных объектах с применением данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), входных данных наземных обследований и аэрокосмического ДЗЗ, применения методов и средств ДЗЗ и геоинформационных технологий для получения, обработки и анализа геоданных.

Основная часть

Водные экосистемы являются, без преувеличения, особым достоянием Беларуси и одной из основных составляющих экологического каркаса особо охраняемых природных территорий, таких как национальные парки «Нарочанский» и «Браславские озера».

Отношения, связанные с использованием и охраной водных объектов на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), регулируются законодательством Республики Беларусь об охране и использовании вод, если иное не установлено законодательством Республики Беларусь об ООПТ [2].

Водные объекты республики обеспечивают население широким спектром необходимых экосистемных услуг, которые включают воду для питья, ирригации, рыболовства, отдыха, поддержания биоразнообразия, круговорота и аккумуляции биогенных веществ и загрязнителей.

Интенсивное использование водных ресурсов влечет за собой резкое изменение их качественных параметров в результате сброса в воду самых разнообразных загрязнителей антропогенного происхождения, а их естественные экосистемы разрушаются. Вода теряет способность к самоочищению.

Основными источниками загрязнения являются сточные воды промышленных и коммунальных предприятий, крупных животноводческих комплексов и ферм, ливневые стоки в городах и смыв дождевыми потоками ядохимикатов и удобрений с полей. Значительную опасность для водоемов представляют смываемые с сельскохозяйственных полей нитраты, фосфаты и калийные удобрения [3].

Сельское хозяйство и охрана окружающей среды находятся в неразрывной взаимосвязи и оказывают все возрастающее влияние на природную среду. Сельскохозяйственное производство непосредственно связано с использованием компонентов природной среды и в значительной степени находится в зависимости от природных факторов. Широкое применение интенсивных технологий, химизация сельскохозяйственного производства, функционирование крупных животноводческих комплексов вызывают долгосрочные экологические последствия, затрагивающие все компоненты природной среды [4].

Общие методы ведения сельского хозяйства, такие как воздействие на почву удобрений и пестицидов, и концентрация скота вносят свой вклад в загрязнение воды. Вода, насыщенная фосфором и нитратами, приводит к цветению водорослей и другим проблемам, включая массовый замор рыбы.

Стратегическая цель в области сохранения водного потенциала страны состоит в повышении эффективности использования и улучшении качества водных ресурсов, сбалансированных с потребностями общества и возможным изменением климата. Достижение этой цели потребует комплексного подхода к решению организационных, правовых и финансово-экономических проблем водопользования и охраны вод.

Все воды подлежат охране от загрязнения, засорения и других вредных воздействий, которые могут ухудшить условия водообеспечения, привести к уменьшению рыбных и иных запасов водного промысла, ухудшению условий существования диких животных, снижению урожайности земель и другим неблагоприятным явлениям по причине изменения физических, химических и биологических показателей качества вод, снижения их способности к естественному очищению.

Для предотвращения загрязнения водных объектов, а также для сохранения среды обитания животного и растительного мира на землях, прилегающих к речным руслам или акваториям водоемов, устанавливаются водоохранные зоны, а в их пределах выделяются прибрежные полосы строго охраняемого режима. В целях охраны водных объектов, которые используются для хозяйственно-питьевого водообеспечения, в местах водозабора устанавливается зона санитарной охраны.

Прибрежные полосы являются природоохранной территорией с режимом ограниченной хозяйственной деятельности. В них запрещаются:

- распашка земель, садоводство и овощеводство;
- выпас скота;
- хранение и использование ядохимикатов и минеральных удобрений;
- размещение садоводческих товариществ, баз отдыха, палаточных городков, стоянок автотранспорта и сельскохозяйственной техники;
- строительство зданий и сооружений, мойка и техническое обслуживание транспортных средств и техники [5].

Очевидно, что необходимы механизмы четкого, оперативного и универсального контроля ключевых характеристик водных объектов, которые, учитывая большие территории, занимаемые водоемами, возможны только с применением данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Применение современных технологий в области ДДЗ позволяет вывести на качественно новый уровень работы во многих наукоемких областях, в том числе в области мониторинга и охраны окружающей среды, устойчивого использования природных ресурсов.

Значение водных экосистем обуславливает необходимость оперативного контроля их состояния и происходящих в них негативных явлений, одним из которых является быстрое массовое развитие планктонных микроводорослей («цветение» фитопланктона).

Это проблема в современных условиях глобального изменения климата является одной из наиболее актуальных мировых проблем в области изучения и рационального использования водных ресурсов [6]. Массовое развитие микроводорослей наблюдается во всех регионах мира. Основное внимание при этом сосредоточено на различных морских объектах [7–8]. Наиболее близкими к нашей территории из таких объектов являются акватории Балтийского и Черного морей.

В последние годы также появляются работы по изучению вызывающих «цветение» водорослей и цианобактерий в озерах различных регионов [9–10]. Однако пресные водоемы изучены хуже ввиду их меньшего объема относительно всех мировых водных ресурсов (97,5 % приходится на соленую воду и 2,5 % на пресную), кардинально других спектральных характеристик, что ведет за собой ограничения в использовании космических аппаратов и их сенсоров, и более сложных условий оценки из-за высокого содержания взвешенных веществ.

Массовое «цветение» фитопланктона влечет существенные экономические, экологические и социальные потери, которые складываются из:

- ухудшения рекреационной привлекательности водоемов, вследствие низкой прозрачности и неприятного запаха воды, наличия биомассы водорослей в различной стадии разложения в местах массового отдыха (пляжи, парковые зоны и т.п.);
- снижения биологического разнообразия водоемов в следствие гибели водных животных от недостатка кислорода при разложении большого количества органического вещества биомассы водорослей;
- ухудшения санитарно-эпидемиологической обстановки на водоемах в следствии усиления микробиальных процессов при разложении биомассы водорослей и погибших от недостатка кислорода организмов, а также выделении токсических веществ организмами фитопланктона при «цветении»;

- потеря непосредственно ихтиомассы вследствие гибели рыбы (погибшая рыба не подлежит реализации, переработке или использованию каким-либо иным способом, кроме утилизации) при недостатке кислорода в периоды отмирания водорослей, исхудания рыбы и потери ею товарного вида;
- имиджевые потери, так как «цветение» фитопланктона и все сопутствующие негативные явления происходят в разгар туристического сезона и в местах скопления иностранных и белорусских туристов.

Микроводоросли и цианобактерии являются неотъемлемой частью первичных планктонных продуцентов (фитопланктона) водоемов, которые обеспечивают новообразование органического вещества и обогащение воды кислородом в результате процесса фотосинтеза. В то же время интенсивное развитие фитопланктона может стать фактором вторичного загрязнения водоемов. В условиях повышенных температур и притока органического вещества и биогенных элементов развитие фитопланктона приобретает массовый характер. Опасность чрезмерного развития фитопланктона связано не только с возможным поглощением кислорода в период их отмирания, но и с продуцированием некоторыми видами организмов опасных токсических веществ. Многочисленными работами доказано продуцирование представителями фитопланктона нейро-, гепато-, цитотоксинов и кожных ядов [11–15].

Существующие в настоящее время методики оценки развития фитопланктона крайне трудозатратны и требуют проведения длительных полевых и лабораторных работ и последующих трудоемких расчетов. Они не позволяют оперативно выявлять очаги массового развития фитопланктона на относительно больших территориях, какими являются основные водоемы и озерные массивы в республике. Так, периодичность проведения гидробиологических наблюдений Белгидромета на постоянных пунктах на всех поверхностных водных объектах составляет один раз в год каждые два года (на трансграничных участках рек и р. Свислочь – 1 раз в год). Очевидно, что периодичность гидробиологических наблюдений водных экосистем не соответствует современным вызовам.

Методы ДЗЗ имеют большой потенциал, поскольку позволяют значительно ускорить получение необходимой информации о состоянии конкретных водоемов, однако требуют серьезного анализа и подготовки алгоритмов для получения адекватных данных о составных компонентах спектральных характеристик воды.

Безусловно важным моментом является возможность спутников охватывать одновременно большое количество водоемов для последующего анализа снимков. На данный момент необходимо решить ряд проблем для того, чтобы использование методов ДЗЗ было возможно на регулярной основе. Имеющиеся методики нельзя переносить на материковые воды без существенных изменений и дополнений [16–17]. Материковые воды в большинстве случаев имеют гораздо более сложную оптическую структуру по сравнению с океанами, поскольку оптически активные компоненты присутствуют в воде пресных водоемов в значительно большем количестве и способны изменяться независимо друг от друга. Эти оптически активные компоненты, как и сама вода, оказывают влияние на оптический ответ воды [17]. Спутники с мультиспектральными сенсорами, такие как IKONOS, LISS 3 и 4, SPOT 4 и 5 или Landsat 5–9 с высоким пространственным разрешением (от 4 до 30 м), хоть и были разработаны для изучения наземных объектов, могут быть использованы для изучения пространственных характеристик озер с минимальной площадью около гектара, однако, спектральные и радиометрические характеристики данных инструментов могут ограничивать их применение на водных объектах [18–19]. Сенсоры, разработанные для изучения океанов, такие как MODIS и MERIS имеют частоту получения снимков от 1 до 3 дней, их спектральные характеристики хорошо подходят для определения составляющих спектра воды, а также поправок на атмосферу. Однако эти приборы имеют серьезный недостаток в виде их относительно низкого пространственного разрешения снимков, варьирующего между 250 и 1000 м.

Некоторые авторы обращают внимание на высококачественные снимки высокого разрешения, получаемые с помощью как беспилотных, так и пилотируемых летательных аппаратов. Данный способ получения снимков безусловно подходит для исследования конкретных водоемов и участков водотоков, однако малоприменим в случае необходимости одновременного исследования многих водных объектов [16].

Для решения задач по оперативному выявлению цветения водоемов в рамках подпрограммы 6 «Исследование и использование космического пространства в мирных целях» государственной программы «Наукоемкие технологии и техника» на 2021–2025 годы выполняется мероприятие 17 «Создать программный комплекс выявления и мониторинга «цветения» фитопланктона на водных объектах с применением данных дистанционного зондирования Земли» коллективом авторов в составе со-

трудников биологического факультета Белорусского государственного университета и научно-инженерного республиканского унитарного предприятия «Геоинформационные системы».

Выполнение исследований и разработка технологии автоматизированного выявления и мониторинга «цветения» фитопланктона на водных объектах с применением данных ДЗЗ осуществляется на модельных озерах, находящихся на территории Государственного природоохранного учреждения Национальный парк «Нарочанский» (ГПУ НП «Нарочанский») ввиду многолетнего опыта изучения озер Нарочанского региона.

Активное сельскохозяйственное производство и, как следствие, усиление биогенной нагрузки на водосбор привели к прогрессирующему эвтрофированию водоемов в 1970-х годах. В дальнейшем, благодаря целенаправленному снижению биогенной нагрузки, в результате осуществления программы экологического оздоровления Нарочанских озер существенно снизились концентрации азота и фосфора в их воде.

В работе [20] представлен анализ многолетних данных по концентрации хлорофилла-а в Нарочанских озерах. Результаты анализа позволяют сделать вывод о исходном влиянии на динамику хлорофилла антропогенного эвтрофирования и природоохранных мероприятий.

Одним из основных параметров гидроэкологической характеристики водоемов является концентрация хлорофилла-а, которая характеризует уровень развития первичных планктонных продуцентов и, следовательно, является одним из основных критериев степени биогенной нагрузки и трофности водного объекта.

При исследовании фитопланктона в Нарочанской группе озер свою сложность внесли несколько факторов: в неглубоких водоемах и водоемах с высокой прозрачностью, отражение дна будет вносить погрешность в анализ спектральной характеристики воды, более того, погруженные макрофиты различной структуры и глубины распространения будут серьезно влиять на полученный спектр. Также очевидно, что в материковых водах содержание взвешенного вещества выше, чем в «синих» океанических водах. И, наконец, различные группы фитопланктона и суспензий сильно изменяют спектральный ответ [11–12]. Данные факторы легли в основу обработки только той области модельных озер, которые не покрыты макрофитами и имеют глубину водоема более 2 метров. Благодаря точной батиметрии и слою макрофитов ГПУ НП «Нарочанский» были извлечены спорные области и сформирован слой, исключающий погрешности и неточности обработки.

Проанализировав данные различных спутников, было принято решение использовать спутниковую группировку Европейского космического агентства Sentinel-2, состоящую из 3 аппаратов. Данное решение было обусловлено следующими факторами: общедоступность данных, периодичность съемки каждые 2–3 дня, высокое пространственное разрешение 10 м, наличие каналов для построения спектральных индексов и полосы захвата в 290 км.

Проверка наличия актуальных данных ДЗЗ Sentinel-2 производится на основе сервиса `app.spectator.earth`, содержащего актуальные данные спутниковых пролетов, а также данных о местоположении области интересов. Сервис предоставляет данные о пролетах Sentinel-2 с расписанием дат и времени пролетов на месяц над территорией исследования. Данные постоянно обновляются после каждого пролета. Информация пролетов над областью интересов регистрируется и хранится в базе данных PostgreSQL.

Получение данных ДЗЗ Sentinel-2 для обработки производится в автоматическом режиме, на основе данных о пролетах на территорию ГПУ НП «Нарочанский», с сервиса Copernicus Data Space Ecosystem. В качестве данных о местоположении используется векторный слой озер.

Маскирование облачности основывается на сопоставлении спутниковых данных с маской облачности, если это необходимо, и ее векторизации. Для построения маски облачности используется модель для сегментации облаков, теней и дымки на спутниковых снимках Sentinel-2. Далее каналы спутникового снимка, используемые в тематическом дешифрировании для выявления и мониторинга «цветения» фитопланктона, обрезаются по полученному векторному слою маски облачности.

Обрезка снимков по области интересов подразумевает выделение только той необходимой области, которая должна участвовать в дальнейшей обработке. Данная операция производится на основе векторного слоя озер, в котором заранее извлечены макрофиты и иные территории, вносящие погрешности в обработку, для получения более точной информации о цветении водоемов.

Выявление «цветения» фитопланктона на спутниковых снимках Sentinel-2 в водных объектах производится путем расчета нормализованного разностного индекса хлорофилла-а (NDCI). Физическая сущность индекса NDCI является отношение разности коэффициентов спектральной яркости на пи-

ках поглощения (705 нм) и отражения (665 нм) хлорофилла-а к сумме этих показателей. Для спутника Sentinel-2 индекс NDCI рассчитывается как $\frac{B5 - B4}{B5 + B4}$, где B5 и B4 соответствующие каналы спутника.

Главной целью применения индекса NDCI было повышение точности поиска хлорофилла-а в мутных продуктивных водах с использованием простой в реализации, интуитивно понятной и универсальной модели.

На основе предыдущего этапа по пороговому значению выявляются области цветения фитопланктона и зоны его наибольшей концентрации, а также рассчитывается зональная статистика. Пороговое значение определяется на основе зависимости полевых данных хлорофилла-а от рассчитанных значений спектрального индекса NDCI по данным Sentinel-2. При этом строится точечный график этой зависимости и по нему подбирается аппроксимирующая функция. На основании данной функции рассчитывается значение NDCI, соответствующее концентрации хлорофилла-а в 20 мкг/л (критическое значение концентрации хлорофилла-а). Превышение данного показателя концентрации хлорофилла-а в водных объектах свидетельствует о распространяющихся негативных процессах, связанных с «цветением» фитопланктона. Публикация полученных векторных слоев зональной статистики и «цветения» фитопланктона на водных объектах производится в базу геоданных PostgreSQL.

На основе рис. 1 и 2 можно соотнести данные спутниковых RGB съемок Sentinel-2 в период массового распространения фитопланктона и выявленные комплексом векторные слои «цветения» фитопланктона по методике, представленной выше, на озеро Большие Швакшты.

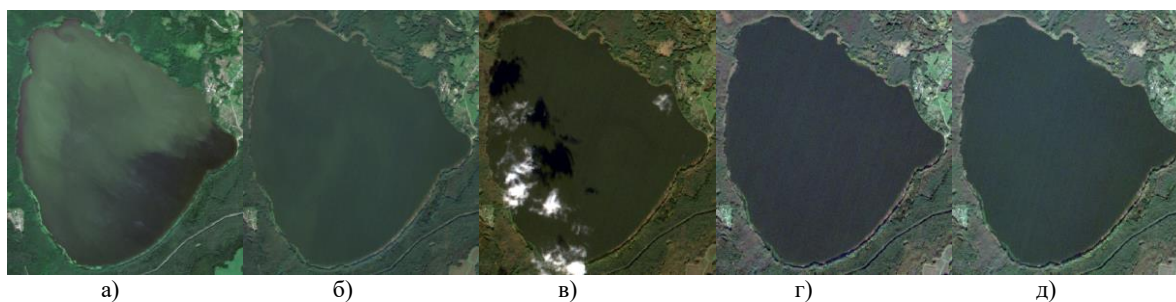


Рис. 1. Спутниковые RGB снимки Sentinel-2 в периоды «цветения» озера Большие Швакшты: а) 11.07.2024, б) 24.09.2024, в) 12.10.2024, г) 17.10.2024, д) 19.10.2024

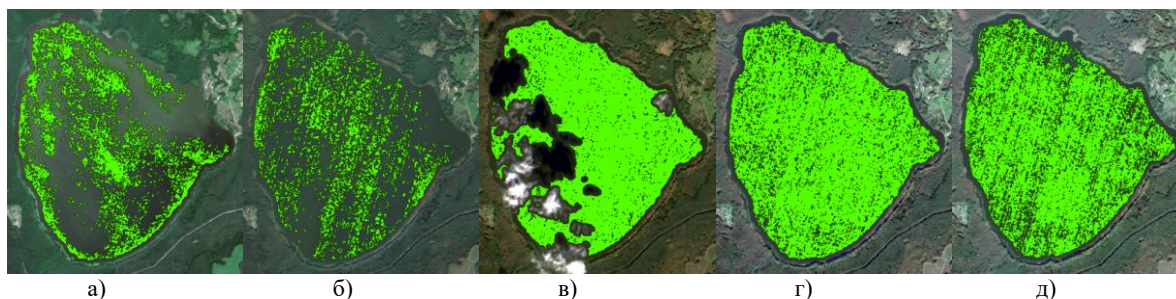


Рис. 2. Векторные слои «цветения» фитопланктона на озере Большие Швакшты, выявленные комплексом: а) 11.07.2024, б) 24.09.2024, в) 12.10.2024, г) 17.10.2024, д) 19.10.2024

В табл. 1 приведены основные показатели таблицы атрибутов векторного слоя зональной статистики «цветения» фитопланктона на озеро Большие Швакшты, формируемые комплексом при обработке.

Таблица 1. Основные показатели таблицы атрибутов векторного слоя зональной статистики «цветения» фитопланктона на озеро Большие Швакшты

Дата	Название	min	max	std	mean	median	Процент без-облачной территории, %	Процент «цветения» фитопланктона, %
11.07.2024	Большие Швакшты	0,011961	0,05575	0,0043	0,029892	0,029887	100	38
24.09.2024	Большие Швакшты	0,007825	0,060342	0,004852	0,029442	0,029435	100	33
12.10.2024	Большие Швакшты	0,018821	0,070154	0,00513	0,040321	0,040336	71	69
17.10.2024	Большие Швакшты	0,015566	0,066944	0,005251	0,037442	0,037383	100	91
19.10.2024	Большие Швакшты	0,008776	0,06561	0,005878	0,036153	0,036124	100	83

Комплекс производит обработку ежегодно в период начала апреля – конец октября. Всего с 2022 по 2024 год в обработке участвовало 122 съемки Sentinel-2. В 2022 году было обработано 26 съемок, в 2023 – 47, в 2024 году – 49. Такое низкое количество обработанных съемок за 2022 год было обусловлено высокой облачностью в период обработки и началом апробации технологии в период с мая по сентябрь. Если брать в отдельности каждое озеро, то в среднем мы имеем от 20 до 30 безоблачных съемок за 7 месяцев. При этом комплекс производит обработку озер ГПУ НП «Нарочанский» при облачности менее 70 % процентов над территорией парка.

Заключение

Разработка технологии выявления и мониторинга «цветения» фитопланктона на водных объектах с применением данных ДЗЗ позволит кардинально улучшить мониторинг поверхностных вод и использовать эти данные для планирования и осуществления природоохранных, рекреационных и хозяйственных мероприятий. Технология выявления и мониторинга «цветения» фитопланктона разрабатывалась как унифицированная система и данный подход позволяет масштабировать и распространять ее на другие водные объекты страны.

Возможность оперативного выявления и мониторинга «цветений» фитопланктона на водных объектах в пределах больших территорий позволит принимать меры для предотвращения или снижения негативных последствий «цветений», к которым можно отнести:

- оперативные рекомендации по временному ограничению рекреационного и хозяйственного использования водоемов при резком развитии «цветения» фитопланктона;
- принятие управленческих решений по снижению биогенной нагрузки на водные объекты при регулярной регистрации «цветений»;
- изменение сроков промыслового лова рыбы с целью недопущения массовых заморов в период «цветения» и при отмирании и разложении биомассы водорослей при регистрации начальных стадий развития «цветений»;
- увеличения водообмена с целью предотвращения экспоненциального роста биомассы водорослей в период «цветения» в водоемах с регулируемым гидрологическим режимом (пруды, водохранилища и т.п.);
- регулирование туристических потоков в пределах ООПТ и их перераспределения на различные водные объекты в течение сезона с целью предоставления качественных рекреационных услуг;
- возможность оперативного контроля и проведения специальных дополнительных исследований при выявлении резких негативных тенденции экологического состояния водоемов, не дожидаясь обращений граждан или органов государственного управления, не связанных с мониторингом водоемов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 22 февраля 2022 г. № 91 «О Национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года» [Электронный ресурс] // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22200091>. Дата доступа: 27.04.2025.
2. Цыганова, А. А. Правовая охрана водных ресурсов в республике Беларусь / А. А. Цыганова, Е. Л. Ионас. – Текст: электронный // Система управления экологической безопасностью: сборник трудов XVIII международной научно-практической конференции (Екатеринбург, 23-24 мая 2024 г.). – Екатеринбург: УрФУ, 2024. – С. 44–49.
3. Васильева, Н. В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебно-методическое пособие / Н. В. Васильева. – Горки: БГСХА, 2023. – 165 с.
4. Чернов, А.В. Некоторые проблемы правовой охраны окружающей среды в сельском хозяйстве / Чернов А. В // Современные тенденции правового регулирования экологических отношений: Материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 26–27 апреля 2013 г. / редкол.: С. А. Балашенко (отв. ред.) [и др.]. – Минск: Изд. центр БГУ, 2013. –С. 84–86.
5. Дуктов, А. П. Экология аквакультуры. Курс лекций: учебно-методическое пособие / А. П. Дуктов, В. И. Лавушев. – Горки: БГСХА, 2022. – 103 с.
6. Рябушко, Л. И. Потенциально опасные микроводоросли Азово-Черноморского бассейна. / Л. И. Рябушко // Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского НАН Украины. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – 288 с.
7. GEONAB (Global Ecology and Oceanography of Harmful Algae Blooms), Science Plan // Eds P. Glibert, G. Pitcher. – Baltimore, Paris: SCOR and IOC, 2001. – P. 86.
8. Potentially Harmful Microalgae of the Western Indian Ocean // A Guide based on a preliminary survey, IOC, Manuals and Guides. №41.- UNESCO, 2001. – 105 p.

9. Gkelis, S. Diversity of Hepatotoxic Microcystins and Bioactive Anabaenopeptins in Cyanobacterial Blooms from Greek Freshwaters. / S. Gkelis, V. Harjunpa, T. Lanaras, K. Sivonen // *Environmental Toxicology*, 20(3), 2005. – P. 249–256.
10. Belykh O. I., Sorokovikova E. G., Fedorova G. A., Kaluzhnaya O. V., Korneva E. S., Sakirko M. V., Sherbakova T. A., 2011. Presence and genetic diversity of microcystin-producing cyanobacteria (Anabaena and Microcystis) in Lake Kotokel (Russia, Lake Baikal Region). *Hydrobiologia*. – P. 241–252.
11. Carmichael, W. W. Cyanobacteria secondary metabolitescyanotoxins. *Journal of Applied Bacteriology*, 1992. – P. 445–459.
12. Codd, G. A. Cyanobacterial toxins: occurrence, properties and biological significance. *Water Science and Technology*, 32, 1995. – P. 149–156.
13. Chorus, I., & Bartram, J. (Eds.), *Toxic cyanobacteria in water. A guide to public health consequences, monitoring and management*. London: E & FN Spon, WHO. 1999, P. 416.
14. Harada, K., Tsuyoshi, M., Takayuki, S., Kiyonaga, F., Fumio, K., Ho-dong, P., et al. Co-production of Microcystins and Aequinopeptins by natural cyanobacterial bloom. *Environmental Toxicology*, 16, 2001. – P. 298–305.
15. Albay, M., Akcaalan, R., Tufekci, H., Metcalf, J., Beattie, K., & Codd, G. Depth profiles of cyanobacterial hepatotoxins (microcystins) in three Turkish freshwater lakes. *Hydrobiologia*, 505, 2003. – P. 89–95.
16. Kubiak, Katarzyna & Kotlarz, Jan & Mazur, Anna. (2016). Monitoring Cyanobacteria Blooms in Freshwater Lakes using Remote Sensing Methods. *Polish Journal of Environmental Studies*. – 25 – doi: 10.15244/pjoes/60175.
17. CREW Centre of Expertise for Waters The use of remote sensing to detect and monitor algal and cyanobacterial blooms [Электронный ресурс] – 2012 – режим доступа: https://www.crew.ac.uk/sites/www.crew.ac.uk/files/sites/default/files/publication/Remote_sensing_algal_monitoring.pdf.
18. Kutser, Tiit & Rohtla, L. & Strömbeck, Niklas & Vahtmäe, Ele. (2006). Monitoring cyanobacterial blooms by satellite remote sensing. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. – 67 – pp. 303–312 – doi: 10.1016/j.ecss.2005.11.024.
19. A. N. Tyler, E. Svab, T. Preston, M. Présing & W. A. Kovács (2006) Remote sensing of the water quality of shallow lakes: A mixture modelling approach to quantifying phytoplankton in water characterized by high-suspended sediment, *International Journal of Remote Sensing*. – 27:8 – pp.1521–1537 – doi: 10.1080/01431160500419311.
20. Адамович, Б. В. Дивергенция динамики хлорофилла в Нарочанских озерах. / Б. В. Адамович, Р.З. Ковалевская, Н. П. Радчикова, Т. В. Жукова, Т. М. Михеева, А. Б. Медвинский, Н. И. Нуриева, А. В. Русаков // *Биофизика*. – Т. 60. – № 4. – 2015: ФИЦ «Пущинский научный центр биологических исследований РАН», Российская академия наук, Отделение биохимии, биофизики и химии физиологически активных соединений РАН, Т. 60, № 4. – 2015. – С. 769–776.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОИЗВОДСТВО САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

С. В. НАБЗДОРОВ, В. В. ВАСИЛЬЕВ

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

(Поступила в редакцию 09.06.2025)

В статье приводится анализ фактических производственных данных (урожайность, валовой сбор, площадь под данной культурой) по выращиванию сахарной свеклы в Республике Беларусь за 2019–2023 гг. Анализ показал, что хозяйства хотят наращивать площади по возделыванию сахарной свеклы. Теперь все технологические процессы по возделыванию сахарной свеклы обеспечены высокопроизводительными техническими средствами. Это означает, что теперь полностью исключен ручной труд по выращиванию сахарной свеклы, что способствует получению хороших урожаев, но перед производителями стоит вопрос о том, что природно-климатические условия для возделывания сахарной свеклы не всегда являются оптимальными. При этом все технологические процессы выполнены в срок. Как показал, анализ в 2019 году наблюдался максимальный валовый сбор сахарной свеклы за последнее десятилетие и самая высокая урожайность. Этому способствовало оптимальное количество влаги и температура воздуха. В последние два года произошло снижение производства сахарной свеклы, что вызвано снижением площади посева и урожайности, на которую значительное влияние оказало отсутствие осадков и высокие температуры. За последние два года начался рост валового сбора свеклы. Это связано с ростом площадей посева и урожайности, а также благоприятными погодными условиями. Сложность экономических явлений в сельскохозяйственном производстве обуславливается тем, что его результаты складываются из большого количества взаимосвязанных факторов. Для определения их влияния на величину продуктивности сельхозугодий была построена корреляционная модель. В модель были включены факторы, которые в совокупном взаимодействии определяют уровень продуктивности земель. Из построенной модели видно, что увеличение количества вносимых органических удобрений на одну тонну повышает урожайность свеклы на 2,09 ц/га, а увеличение температуры воздуха на 1 °C снижает урожайность на 50,7 ц/га. К числу неучтенных в модели факторов, но имеющих немаловажное значение для дальнейшего повышения урожайности сахарной свеклы, следует отнести внедрение высокоурожайных сортов и научно обоснованных севооборотов, широкое применение прогрессивных технологий, агротехнических и химических способов борьбы с сорняками. Немаловажное значение имеет также возможность регулирования водного режима почвы. Возможно, необходимо решать вопрос об орошении сахарной свеклы и разрабатывать комплекс мероприятий по задержанию влаги в почве для того, чтобы, урожаи не был потерян из-за недостатка влаги.

Ключевые слова: сахарная свекла, урожайность, валовый сбор, площадь посева, температура воздуха.

The article provides an analysis of actual production data (yield, gross harvest, area under this crop) on sugar beet cultivation in the Republic of Belarus for 2019–2023. The analysis showed that farms want to increase the area under sugar beet cultivation. Now all technological processes for sugar beet cultivation are provided with high-performance technical means. This means that manual labor in growing sugar beet is now completely excluded, which contributes to obtaining good yields, but they are faced with the issue that the natural and climatic conditions for cultivating sugar beet are not always optimal. At the same time, all technological processes were completed on time. As the analysis showed, in 2019, the maximum gross sugar beet harvest in the last decade and the highest yield were observed. This was facilitated by the optimal amount of moisture and air temperature. In the last two years, there was a decrease in sugar beet production, which caused a decrease in the sowing area and yield, which was significantly affected by the lack of precipitation and high temperatures. Over the past two years, the gross sugar beet harvest has begun to increase. This is due to an increase in sowing areas and yields, as well as favorable weather conditions. The complexity of economic phenomena in agricultural production is due to the fact that its results consist of a large number of interrelated factors. To determine their impact on the productivity of agricultural land, a correlation model was built. The model included factors that, in their combined interaction, determine the level of land productivity. The constructed model shows that an increase in the amount of applied organic fertilizers per ton increases the sugar beet yield by 2.09 c/ha, and an increase in air temperature by 1 °C reduces the yield by 50.7 c/ha. The factors not taken into account in the model, but which are of no small importance for further increasing the sugar beet yield, include the introduction of high-yielding varieties and scientifically based crop rotations, the widespread use of advanced technologies, agrotechnical and chemical methods of weed control. The ability to regulate the soil water regime is also of no small importance. Perhaps, it is necessary to address the issue of sugar beet irrigation and develop a set of measures to retain moisture in the soil so that the harvest is not lost due to lack of moisture.

Key words: sugar beet, yield, gross harvest, sowing area, air temperature.

Введение

Актуальность развития сахарной отрасли в Беларуси обусловлена, главным образом, тем, что за последние годы республика вышла на хороший уровень по технологии возделывания сахарной свеклы, уйдя практически от ручного труда. Расширяя площади возделывания сахарной свеклы, она начала конкурировать по производству сахара со странами ЕС и СНГ. Поэтому несмотря на то, что в мире преобладает изготовление сахара из тростника, в ЕС идет деятельность по повышению конкурентоспособности свекловичного сахара. Следовательно, нашей стране необходимо достичь таких объемов по сахару, чтобы не проиграть конкурентную борьбу. В настоящее время Республики Беларусь занимает первое место в СНГ по производству сахара из свеклы на душу населения.

Сахарная отрасль Республики Беларусь характеризуется устойчивым ростом производства сахара как для внутреннего рынка, так и для внешнего. Многие хозяйства, в которых возделывают сахарную свеклу, работают уже на высоком уровне, увеличивают засеваемые площади и совершенствуют технологию возделывания. Белорусские свеклоперерабатывающие предприятия провели существенную модернизацию [1].

Нынешнее положение сельского хозяйства Беларуси свидетельствует о том, что не существует больших проблем, которые бы не позволяли сельскохозяйственным организациям работать эффективно, увеличивать производство сахара и завоевывать больше внешних рынков. Особенностью Республики Беларусь является то, что она расположена в зоне неравномерного распределения осадков – участились периоды продолжительной засухи, поэтому природно-климатические условия для возделывания сахарной свеклы не всегда являются оптимальными.

Агрометеорологические условия года являются одним из объективных основных факторов, определяющих уровень урожая и исходное качество корнеплодов сахарной свеклы. Основные природные факторы – свет и тепло проявляются в полной мере лишь при наличии необходимого количества влаги в период вегетации. Все жизненные процессы в растении могут протекать только при достаточном насыщении тканей водой.

Климат зоны свеклосеяния Республики Беларусь в основном благоприятен для получения высоких урожаев и качества сахарной свеклы, однако погодные условия года оказывают значительное влияние на урожай и его качество [2].

Наиболее пригодными для сахарной свеклы являются хорошо аэрированные почвы без камней, богатые гумусом, имеющие близкую к нейтральной реакцию среды, высокую биологическую активность, стабильную структуру, рыхлое сложение, хороший водный режим и оптимальное содержание макро- и микроэлементов.

Этим требованиям отвечают дерново-подзолистые суглинистые почвы, развивающиеся на легких и средних суглинках, а также супесчаные подстилаемые с небольшой глубины (0,5 м) моренным суглинком. В исключительных случаях возможно выращивание свеклы на супесчаных, подстилаемых связной супесью, почвах. Однако, на таких почвах в годы сильных засух возможен недобор урожая до 25–30 % [3].

Сахарная свекла относится к влаголюбивым растениям. Потребность в воде у растения свеклы неодинакова по периодам роста. Особенно много воды и, главным образом, на испарение (для защиты от перегрева) требуется в период интенсивного роста (июль – август). Недостаток влаги в эти месяцы может вызвать сильное увядание листьев и снижение интенсивности фотосинтеза, а избыток влаги в сентябре способствует повышению оводненности тканей и усилению роста новых листьев, что ведет к снижению сахаристости [4].

Целью исследования являлась оценка факторов, влияющих на урожайность сахарной свеклы в Республике Беларусь в период с 2019 по 2023 гг.

Основная часть

Основным источником накопления влаги в почве являются атмосферные осадки. Близость Беларуси к Атлантическому океану, высокая влажность воздуха и облачность обуславливают выпадение среднегодового количества осадков 580–620 мм и за теплый период (апрель – октябрь) – 400–450 мм, что близко к потребности сахарной свеклы, но при крайне неравномерном внутривегетационном распределении их по свеклосеющей зоне республики. Нередко осадки выпадают в виде ливней. При распространении же мощных антициклонов устанавливается засушливая погода. Сухие периоды разной продолжительности наблюдаются ежегодно. В последнее десятилетие в теплое время года частота и продолжительность засух увеличилась, особенно на юге и юго-востоке страны.

В 2019 году наблюдается максимальный валовый сбор сахарной свеклы за последнее десятилетие, который достиг 4945 тыс. тонн (рис. 1) [5].

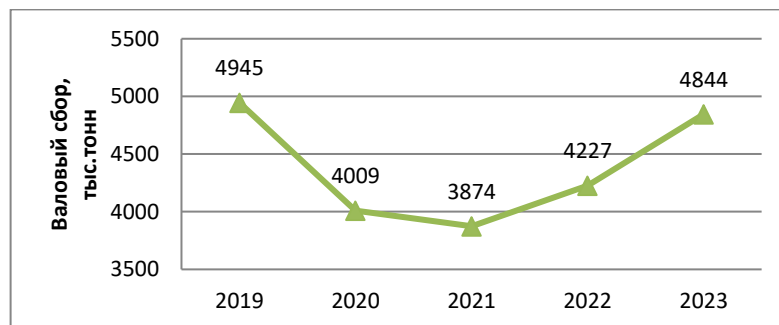


Рис. 1. Динамика изменения валового сбора за 2019–2023 гг.

За год в среднем по стране выпало 576 мм осадков, или 89 % нормы, а за летний период выпало 213 мм, или 93 % нормы. Наибольшая сумма осадков отмечена в июле и составила 91,0 мм, или 107 % нормы и в августе, что способствовало повышению производства сахарной свеклы (рис. 2) [6].

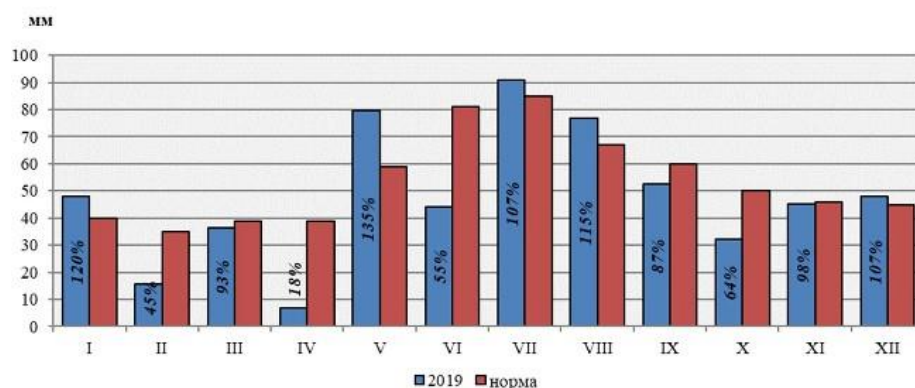


Рис. 2. Сумма осадков и климатическая норма по месяцам 2019 года по территории Беларуси

На продуктивность сахарной свеклы также оказывает влияние температура воздуха. Средняя по стране температура воздуха за летний сезон 2019 года составила +18,6 °С, что на 1,2 °С выше нормы. Температурный режим лета был жарким с температурой воздуха +21,0 °С, что выше нормы на 4,6 °С, июль был холодным с температурой воздуха ниже нормы на 1,3 °С, а в августе температура находилась в пределах нормы.

В последующие два года произошло снижение производства сахарной свеклы до 3874 тыс. тонн в 2021 году, т. е. на 21,7 %. Это было вызвано снижением площадей посева с 96 тыс. га до 85 тыс. га (рис. 3), а также урожайности с 520 ц/га до 451 ц/га (рис. 4). На это значительное влияние оказало отсутствие осадков и высокие температуры [5].

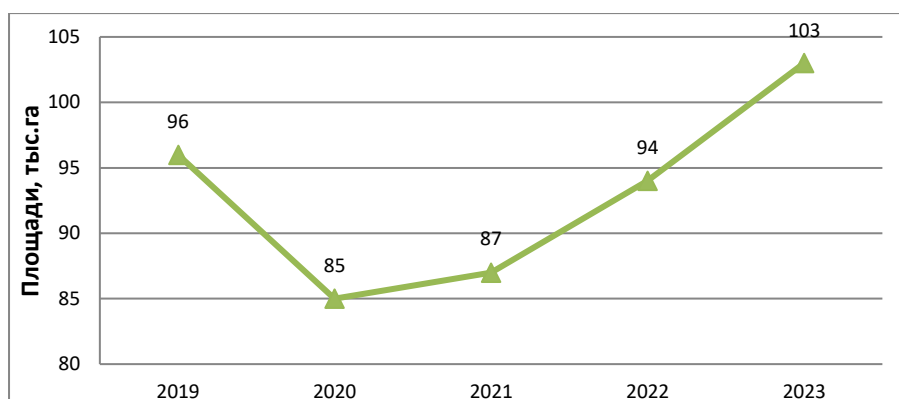


Рис. 3. Динамика изменения площади, тыс. га за 2019–2023 гг.

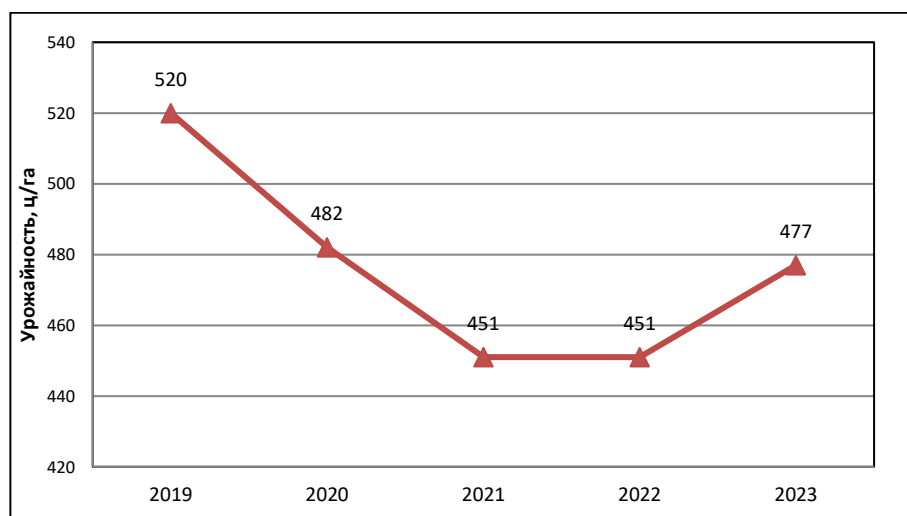


Рис. 4. Динамика изменения урожайности ц/га за 2019–2023 гг.

За 2020 год в среднем по стране выпало 593,7 мм осадков, или 92 % нормы, а за летний период 226 мм. Наибольшая сумма осадков отмечена в июне – 104,2 мм, или 129 % нормы, а в последующие месяцы отмечался недостаток влаги: июль – 80 %, август – 87 %, сентябрь 62 % от нормы (рис. 5) [6].

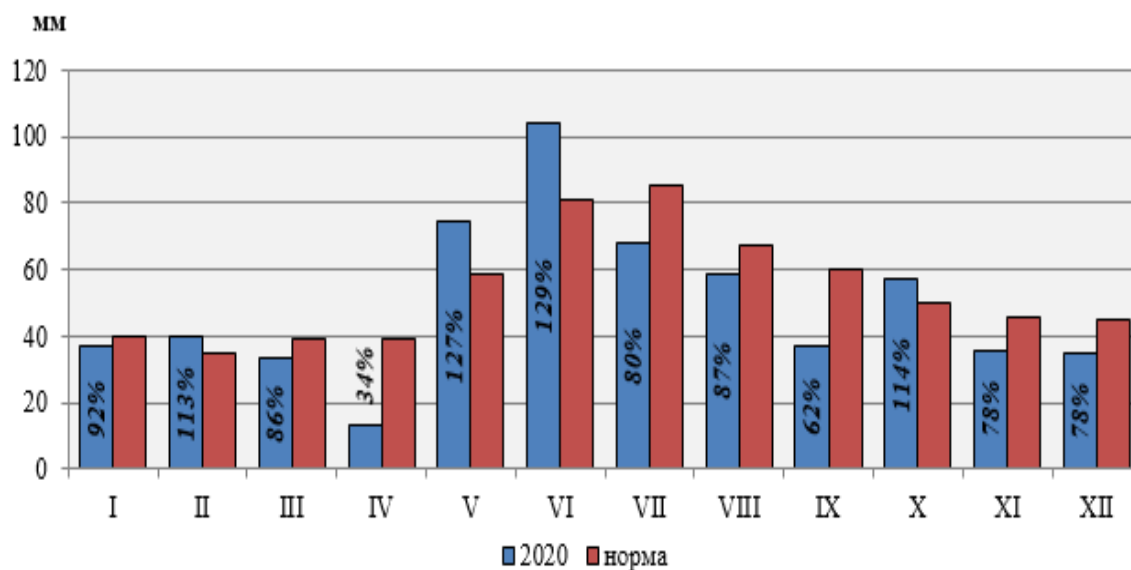


Рис. 5. Сумма осадков и климатическая норма по месяцам 2020 года по территории Беларуси

За 2020 год средняя температура воздуха составила +9,1 °С, что на 2,4 % выше нормы, т.е. год был аномально теплым. Средняя температура воздуха летний сезон составила 18,8 °С, что на 1,4 °С выше нормы. Средняя температура воздуха за летний период 2021 года составила 20 °С, что на 2,6 °С выше климатической нормы. Температурный режим лета был неоднородным. Очень теплыми были первые два месяца, август был близким к норме.

За лето 2021 года в среднем по Беларуси выпало 241 мм осадков, что составляет 104 % нормы летнего сезона. На протяжении сезона осадки выпадали неравномерно. В июне и июле отмечался существенный недобор осадков: в июне выпало 55 мм осадков, что составило 67 %, в июле – 66 мм или 78 % климатической нормы. В августе наблюдался избыток увлажнения – за месяц выпало 121 мм осадков, или 180 % нормы (рис. 6) [6].

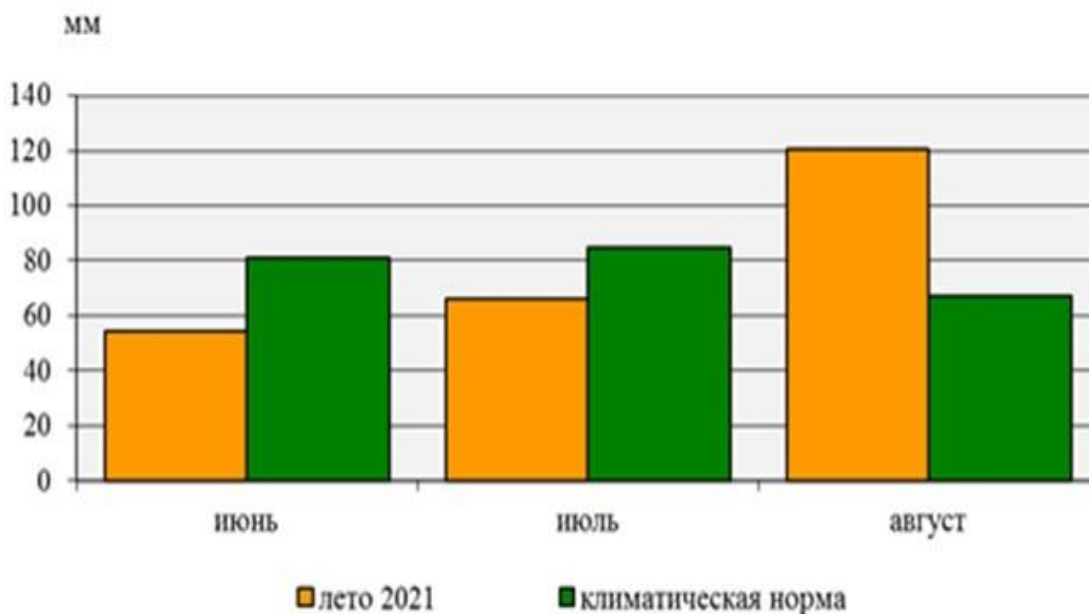


Рис. 6. Количество осадков по месяцам лета 2021 года и климатическая норма по территории Беларуси

В последующие два года начался рост валового сбора свеклы, который составил в 2023 году 4844 тыс. тонн, что ниже, чем в 2019 году на 2,1 %. Это связано с ростом площадей посева до 103 тыс. га и урожайности до 477 ц/га, а также благоприятными погодными условиями.

За летний период 2022 года (рис. 7) [6] выпало 193 мм осадков, что составляет 86 % климатической нормы. За июнь в среднем выпало 65,5 мм осадков, что составило 91 %, а в июле 104,4 мм осадков, или 117 % климатической нормы. Август стал самым засушливым последним летним месяцем, так как выпало 23,3 мм осадков, что составило 37 % климатической нормы.

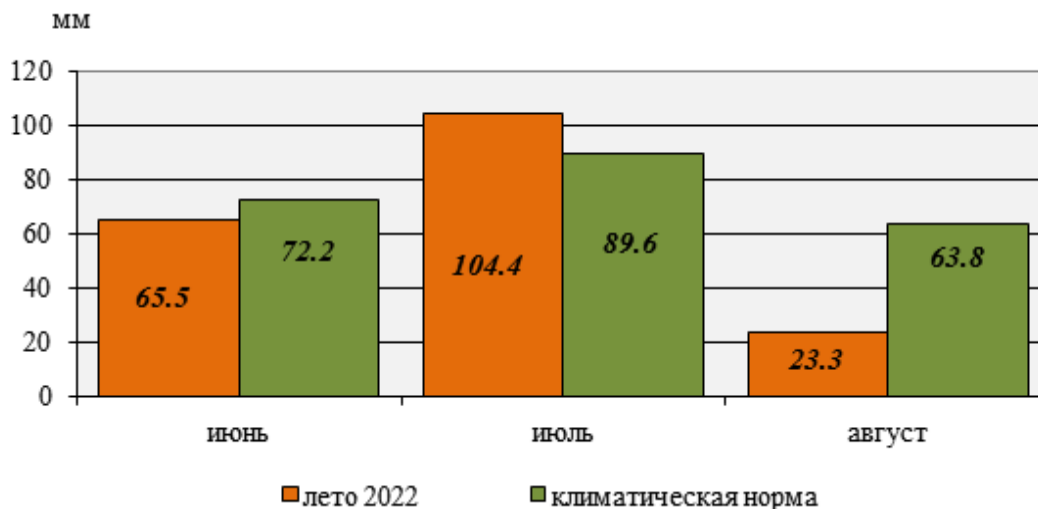


Рис. 7. Количество осадков по месяцам лета 2022 года и климатическая норма по территории Беларуси

За летний сезон 2023 года (рис. 8) [6] в среднем по стране выпало 228,8 мм осадков, что составило 85 %, а в июле 85,9 мм или 96 % климатической нормы. В августе отмечался избыток осадков так как выпало 128 %, а в некоторых районах до 200 % климатической нормы.

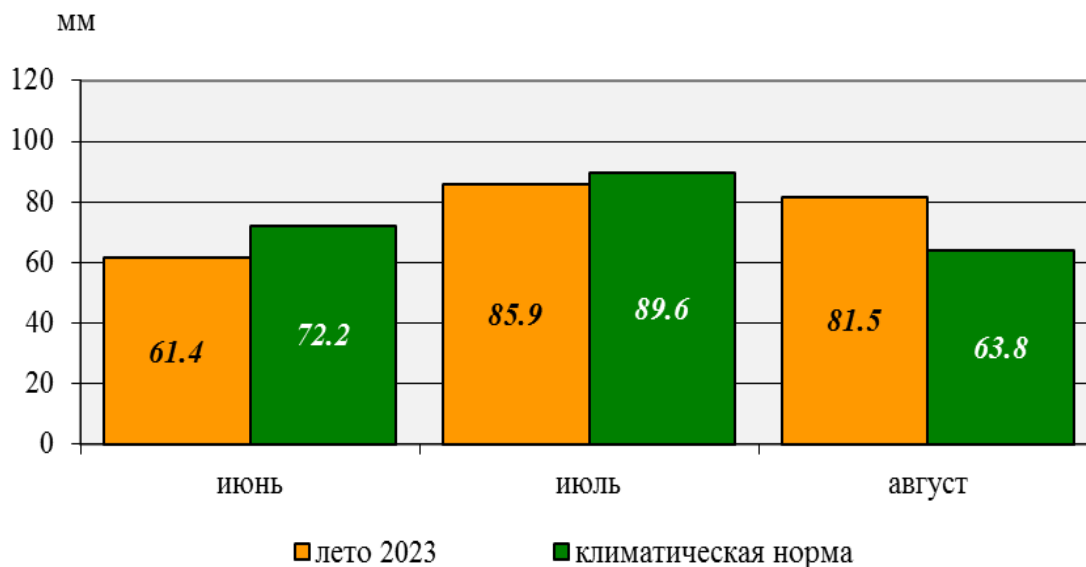


Рис. 8. Количество осадков по месяцам лета 2023 г. и климатическая норма по территории Беларуси

Температура воздуха составила +19,4 °С, что на 1,4 °С выше климатической нормы. Очень теплыми были июнь и август, июль был немного холоднее обычного. Средняя по стране температура воздуха за летний сезон 2023 года составила +19,0 °С, что на 1,0 °С выше климатической нормы. Все летние месяцы были теплыми, это позволило увеличить производство сахарной свеклы до 4844 тыс. тонн.

Сложность экономических явлений в сельскохозяйственном производстве обуславливается тем, что его результаты складываются из большого количества взаимосвязанных факторов. Для определения их влияния на величину продуктивности сельхозугодий построим корреляционную модель. Применение корреляционного анализа связано с определением трудностями, так как не все факторы, определяющие величину продуктивности угодий, имеют количественную характеристику или не

предусмотрены формулами учета и отчетности. В модель включаем факторы, которые в совокупном взаимодействии определяют уровень продуктивности земель:

x_1 – внесено минеральных удобрений на 1 га сельхозугодий, кг. д. в.;

x_2 – внесено органических удобрений на 1 га сельхозугодий, т;

x_3 – количество выпавших осадков, мм;

x_4 – средняя температура воздуха, °С.

В качестве результативного признака (y_x) принимаем урожайность сахарной свеклы с одного гектара. Совокупное действие изучаемых факторов на урожайность сахарной свеклы выражается уравнением множественной регрессии:

$$y_x = 528 + 1,75 x_1 + 2,09 x_2 + 0,375 x_3 - 50,7 x_4$$

Коэффициент множественной корреляции равен 0,92, что свидетельствует о достаточно тесной связи между рассматриваемыми факторами и продуктивностью сахарной свеклы. Как видно из построенной модели, увеличение количества вносимых органических удобрений на одну тонну повышает урожайность свеклы на 2,09 ц/га, а увеличение температуры воздуха на 1 °С снижает урожайность на 50,7 ц/га. К числу неучтенных в модели факторов, но имеющих немаловажное значение для дальнейшего повышения урожайности сахарной свеклы, следует отнести внедрение высокоурожайных сортов и научно обоснованных севооборотов, широкое применение прогрессивных технологий, агротехнических и химических способов борьбы с сорняками. Немаловажное значение имеет также возможность регулирования водного режима почвы.

Заключение

Анализ показал, что хозяйства хотят наращивать площади по возделыванию сахарной свеклы. Теперь все технологические процессы по возделыванию сахарной свеклы обеспечены высокопроизводительными техническими средствами. Это означает, что теперь полностью исключен ручной труд по выращиванию сахарной свеклы и это способствует получению хороших урожаев.

Но перед ними стоит вопрос о том, что природно-климатические условия для возделывания сахарной свеклы не всегда являются оптимальными. При этом все технологические процессы выполнены в срок. Возможно, необходимо решать вопрос об орошении сахарной свеклы и разрабатывать комплекс мероприятий по задержанию влаги в почве для того, чтобы, урожай не был потерян из-за недостатка влаги.

ЛИТЕРАТУРА

1. Набздоров, С. В. Развитие и перспективы производства сахарной свеклы в Республике Беларусь / С. В. Набздоров // Научное обеспечение отрасли свекловодства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / Нац. акад. наук Беларуси, РУП «Опытная научная станция по сахарной свекле». – Минск: Беларус. навука, 2018. – С. 263–268.

2. Набздоров, С. В. Анализ связи урожая сахарной свеклы с суммарными осадками за вегетационный период на примере востока Беларуси / С. В. Набздоров // Научное обеспечение отрасли свекловодства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / Нац. акад. наук Беларуси, РУП «Опытная научная станция по сахарной свекле». – Минск: Беларус. навука, 2018. – С. 252–259.

3. Вострухин, Н. П. Сахарная свекла / Н. П. Вострухин. – Минск: МФЦП, 2011. – 384 с.

4. Вострухин, Н. П. Сахарная свекла на Несвижчине / Н. П. Вострухин. – Минск: МФЦП, 2007. – 176 с.

5. Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 1998–2023 гг. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.belstat.gov.by> (дата обращения: 15.03.2025).

6. Белгидромет Республики Беларусь [Электронный ресурс] – URL: <http://www.belgidromet.by> (дата обращения: 15.03.2025).

АНАЛИЗ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В СХЕМЕ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА ДЗЕРЖИНСКОГО РАЙОНА

А. С. КОРОБКИН

*УП «Проектный институт Белгипрозем»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220099*

С. М. КОМЛЕВА

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

(Поступил в редакцию 26.06.2025)

Схема землеустройства является документом планирования землепользования, определяющим перспективы распределения, использования и охраны земель района на ближайшую и отдаленную перспективу. Ее разработка и реализация направлены на повышение эффективности использования и охраны земель, совершенствование механизмов государственного управления земельными ресурсами и регулирования земельных отношений, сохранение и улучшение природной среды и условий жизнедеятельности населения, комплексное развитие территории, создание условий для устойчивого землепользования. Схема землеустройства является концептуальной основой внутрихозяйственного землеустройства, схем землеустройства первичных административно-территориальных единиц, проектов лесоустройства, проектно-планировочной документации по населенным пунктам и других планово-прогнозных и проектных работ. В схеме землеустройства Дзержинского района выполнены: анализ природных, экономических, экологических и демографических условий, динамики состояния, структуры и распределения земельного фонда, сложившегося землепользования, характера расселения, земельного ресурсного и хозяйственного потенциалов района; определение эффективности использования земель; хозяйственно-функциональное зонирование территории района; обоснование предложений и мероприятий, направленных на повышение эффективности использования сельскохозяйственных земель, совершенствование лесохозяйственного землепользования, охрану и восстановление природных комплексов, формирование экологического каркаса, территориальное развитие населенных пунктов и основной инфраструктуры; определение объектов и объемов перераспределения земельного фонда с их функциональной дифференциацией, объектов и объемов трансформации земель, их улучшения и охраны; разработка концепции и общей стратегии использования земельного фонда и т. д.

Ключевые слова: административно-территориальная единица, схема землеустройства, охрана земель, рациональное использование земель, устойчивого землепользования.

The land management scheme is a land use planning document that defines the prospects for the distribution, use and protection of land in the district in the near and distant future. Its development and implementation are aimed at increasing the efficiency of land use and protection, improving the mechanisms of state management of land resources and regulation of land relations, preserving and improving the natural environment and living conditions of the population, comprehensive development of the territory, creating conditions for sustainable land use. The land management scheme is a conceptual basis for intra-farm land management, land management schemes of primary administrative-territorial units, forest management projects, design and planning documentation for populated areas and other planning and forecasting and design work. The land management scheme of Dzerzhinsky district includes the following: analysis of natural, economic, ecological and demographic conditions, dynamics of the state, structure and distribution of the land fund, existing land use, settlement patterns, land-resource and economic potential of the district; determination of land use efficiency; economic and functional zoning of the district territory; substantiation of proposals and activities aimed at increasing the efficiency of agricultural land use, improving forestry land use, protecting and restoring natural complexes, forming an ecological framework, territorial development of settlements and basic infrastructure; determination of objects and volumes of land fund redistribution with their functional differentiation, objects and volumes of land transformation, their improvement and protection; development of a concept and general strategy for the use of the land fund, etc.

Key words: administrative-territorial unit, land management scheme, land protection, rational use of land, sustainable land use.

Введение

В соответствии со ст. 94 Кодекса Республики Беларусь о земле [3] землеустройство в первую очередь включает разработку проектов региональных схем использования и охраны земельных ресурсов, схем землеустройства административно-территориальных и территориальных единиц, территорий особого государственного регулирования.

Схема землеустройства – важнейший документ планирования землепользования, определяющий перспективы распределения, использования и охраны земель административно-территориальной или территориальной единицы.

Методами исследования были: рассмотрение результатов определения эффективности использования земель отдельных территорий и земельных массивов, проведения хозяйственно-функционального зонирования территории; разработка предложений, направленных на повышение

эффективности использования сельскохозяйственных земель выполнены на примере Дзержинского района Минской области.

Цель – проанализировать вопросы сельскохозяйственного землепользования Дзержинского района.

Основная часть

Согласно инструкции «О порядке разработки схем землеустройства районов» [2], целями разработки схемы землеустройства являются:

- повышение эффективности использования и охраны земель,
- совершенствование механизмов государственного управления земельными ресурсами и регулирования земельных отношений,
- сохранение и улучшение природной среды и условий жизнедеятельности населения,
- комплексное развитие территории,
- создание условий для устойчивого землепользования.

Схемы землеустройства районов разрабатывались еще в доперестроечный период, однако в современном виде они создаются только с 2002 года.

В период с 2002 по 2014 годы разработаны более 70 схем землеустройства 70 районов Республики Беларусь из 118.

В связи со строительством АЭС и связанными с этим большими изменениями в использовании земель прилегающих территорий в 2019 году разработана схема землеустройства Островецкого района (рис. 1).

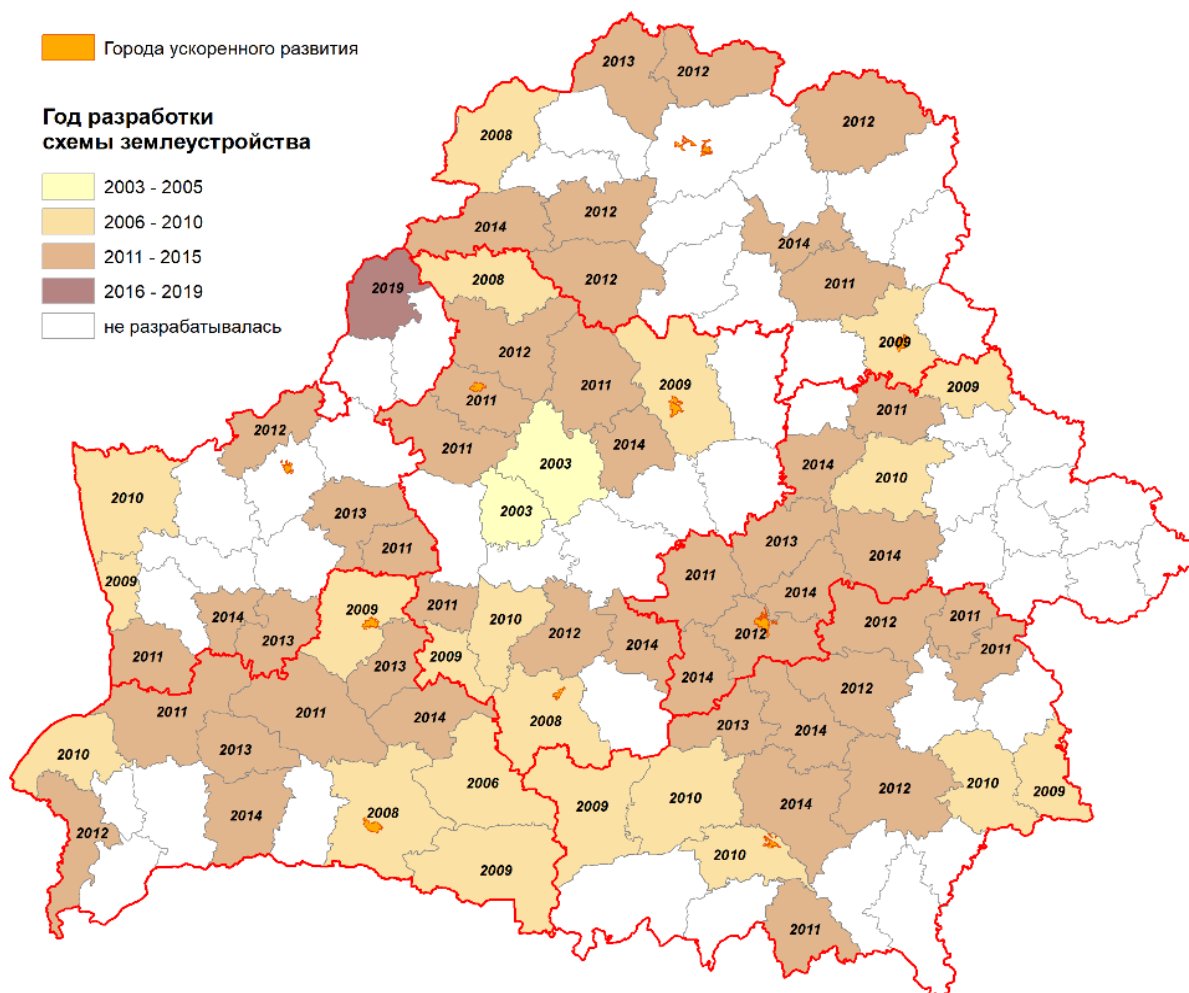


Рис. 1. Результаты разработки схем землеустройства районов за 2003–2019 гг.

В соответствии с поручением Совета Министров Республики Беларусь от 3 ноября 2021 г. в 2022 году составлен план мероприятий по разработке схем землеустройства районов, утвержденный заместителем Премьер-министра Республики Беларусь Сиваком А. А.

Согласно данному плану, в период с 2022 по 2024 годы разработаны 27 схем землеустройства динамично развивающихся районов.

В 2024 году план мероприятий по разработке схем землеустройства районов скорректирован на период с 2024 по 2030 годы (рис. 2).

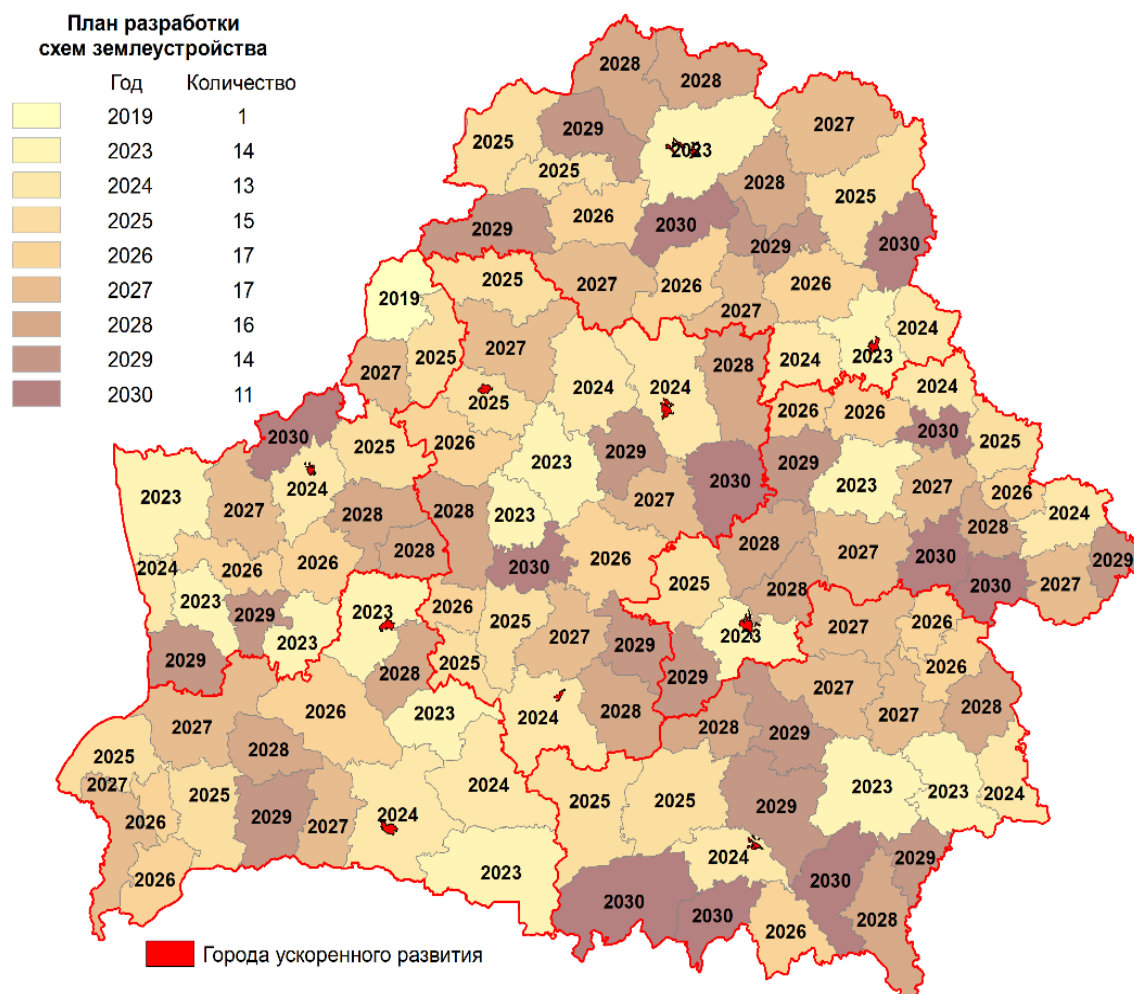


Рис. 2. План разработки схем землеустройства районов на 1919–2030 гг.

Согласно Постановлению Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь от 29.05.2008 № 43 ред. от 09.03.2020 «Об утверждении Инструкции о порядке разработки схем землеустройства районов», в основные задачи схемы землеустройства включены:

- 1) обобщение и систематизация информации, документов и материалов о состоянии и использовании земель;
- 2) оценка природных, экономических, экологических, демографических и иных условий, характера расселения, а также земельно-ресурсного и хозяйственного потенциалов района;
- 3) анализ и оценка сложившегося землепользования;
- 4) установление тенденций динамики состояния, структуры и распределения земельного фонда;
- 5) определение ограничений хозяйственной деятельности, направлений и допустимой интенсивности использования земель;
- 6) оценка необходимости и возможности изменения сложившегося землепользования, в том числе развития новых и альтернативных его видов;
- 7) разработка концепции и общей стратегии использования земельного фонда;
- 8) определение эффективности использования земель отдельных территорий и земельных массивов, проведение хозяйственно-функционального зонирования территории района с установлением структурных соотношений земель в разрезе территориально-производственных комплексов, административно-территориальных и территориальных единиц и землепользователей;

9) определение земельных участков, предназначенных для размещения объектов недвижимости в соответствии с государственными программами, инвестиционными проектами, а также для продажи с аукционов;

10) разработка предложений по упорядочению (совершенствованию) границ административно-территориальных и территориальных единиц;

11) разработка и обоснование предложений и мероприятий, направленных на повышение эффективности использования сельскохозяйственных земель, совершенствование лесохозяйственного землепользования, охрану и восстановление природных комплексов, формирование экологического каркаса, территориальное развитие населенных пунктов и основной инфраструктуры;

12) определение объектов и объемов перераспределения земельного фонда с их функциональной дифференциацией, объектов и объемов трансформации земель, их улучшения и охраны;

13) размещение зон и территорий со специальными условиями землепользования (природоохранных объектов, высокопродуктивных земель, предназначенных исключительно для интенсивного сельскохозяйственного производства, рекреационных территорий, территорий для коммерческого использования);

14) определение эффективности предложений схемы землеустройства.

Дзержинский район характеризуется высокой освоенностью и интенсивностью использования сельскохозяйственных и лесохозяйственных ресурсов по сравнению со среднереспубликанским уровнем. В обозримом будущем сложившаяся в районе структура земель может существенно измениться лишь под влиянием кардинальных структурных преобразований регионального масштаба.

Резервы освоения новых земель для вовлечения в сельское хозяйство отсутствуют.

Возможно увеличение интенсивности использования сельскохозяйственных земель, в первую очередь, за счет более эффективного использования осушенных земель.

Район находится в пригородной зоне города Минска и многие люди трудоустроены как в столице, так и в городах Дзержинск и Фаниполь, включая СЭЗ «Минск». Перспективы развития городов и сельских населенных пунктов, строительство в районе новых промышленных объектов требует вовлечения незначительной пока площади сельскохозяйственных земель. Это не предполагает принципиального изменения сложившегося землепользования.

Близость к г. Минску предполагает создание и развитие зон и объектов отдыха населения, особенно в северо-восточной части района (в пределах МКАД-2). Для этого требуется сохранение и, по возможности, увеличение доли земель природного каркаса.

Полноценная рекреационная зона в районе фактически не сформирована, но имеет определенный потенциал для развития в перспективе.

АПК района представлен шестью крупными сельскохозяйственными предприятиями, 50 крестьянскими (фермерскими) хозяйствами (рис. 3).

Ведущая отрасль сельскохозяйственного производства – животноводство, товарная продукция которого занимает 93 % в общей структуре товарной продукции.

Урожайность зерновых и зернобобовых в сельскохозяйственных организациях в среднем за три года составляет 55 ц/га (в области – 37, в республике – 33).

Оценка качества сельскохозяйственных земель характеризуется данными их кадастровой оценки.

Общий балл кадастровой оценки сельскохозяйственных земель района составляет 35,5, что на 12 % выше областного (31,2) и на 18 % выше среднереспубликанского (29,0) показателей.

Наиболее благоприятные для возделывания сельскохозяйственные земли у следующих сельскохозяйственных организаций:

- УП «Агрокомбинат «Ждановичи»,
- ГП «Путчино»,
- ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» филиал «Фалько-Агро»,
- ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» филиал «Правда-Агро».

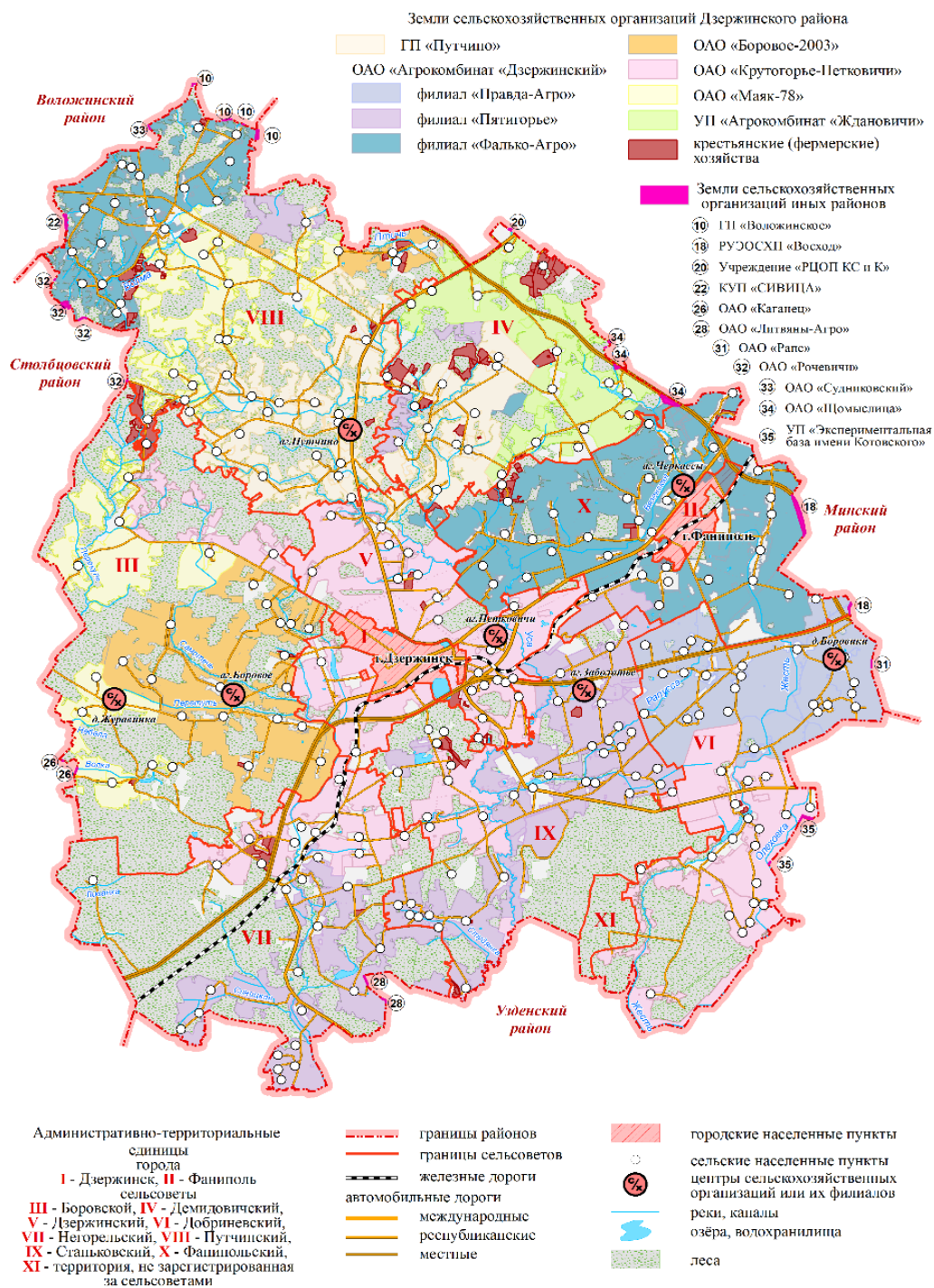


Рис. 3. Карта сельскохозяйственных организаций

Анализ индекса сравнительной оценки производственного потенциала сельскохозяйственных организаций показал, что значение данного показателя преимущественно составляет менее 1,0 к среднерайонному уровню (рис. 4). Ресурсообеспеченность хозяйств и уровень использования имеющегося потенциала сельскохозяйственных организаций наглядно представлены на рис. 5. Определение эффективности использования земель отдельных территорий и земельных массивов, проведение хозяйственно-функционального зонирования позволили сформировать на территории Дзержинского района три зоны (рис. 6): I зона (40 % территории) с напряженной экологической ситуацией, на территории которой сосредоточено высокоинтенсивное сельское хозяйство, все промышленное производство, 91 % населения района; II зона (40 % территории) с устойчивым равновесием между хозяйственным использованием и защищенностью природной среды; III зона (20 % территории) с преобладанием земель природного каркаса (около 75 %), доминирующим видом деятельности – лесным хозяйством.

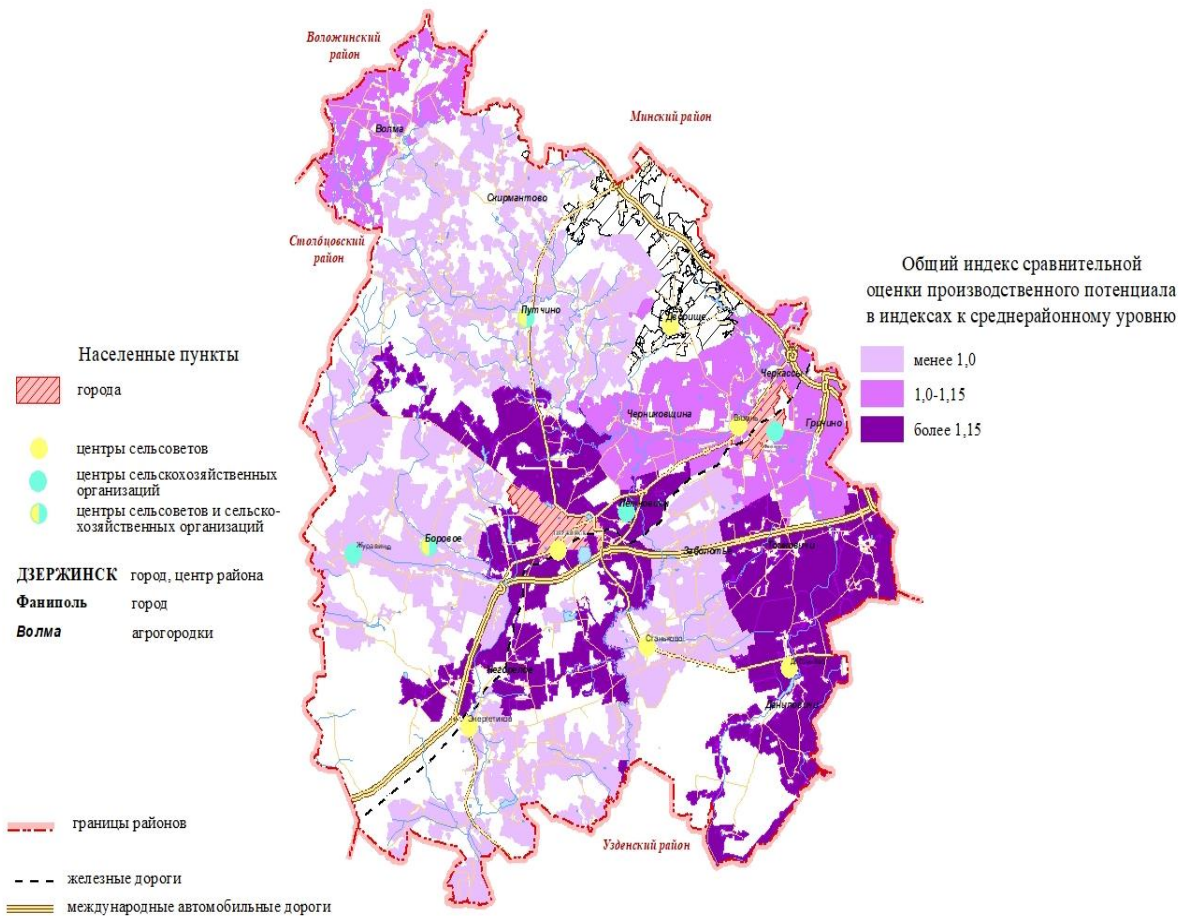


Рис. 4. Индекс сравнительной оценки производственного потенциала к среднерайонному уровню

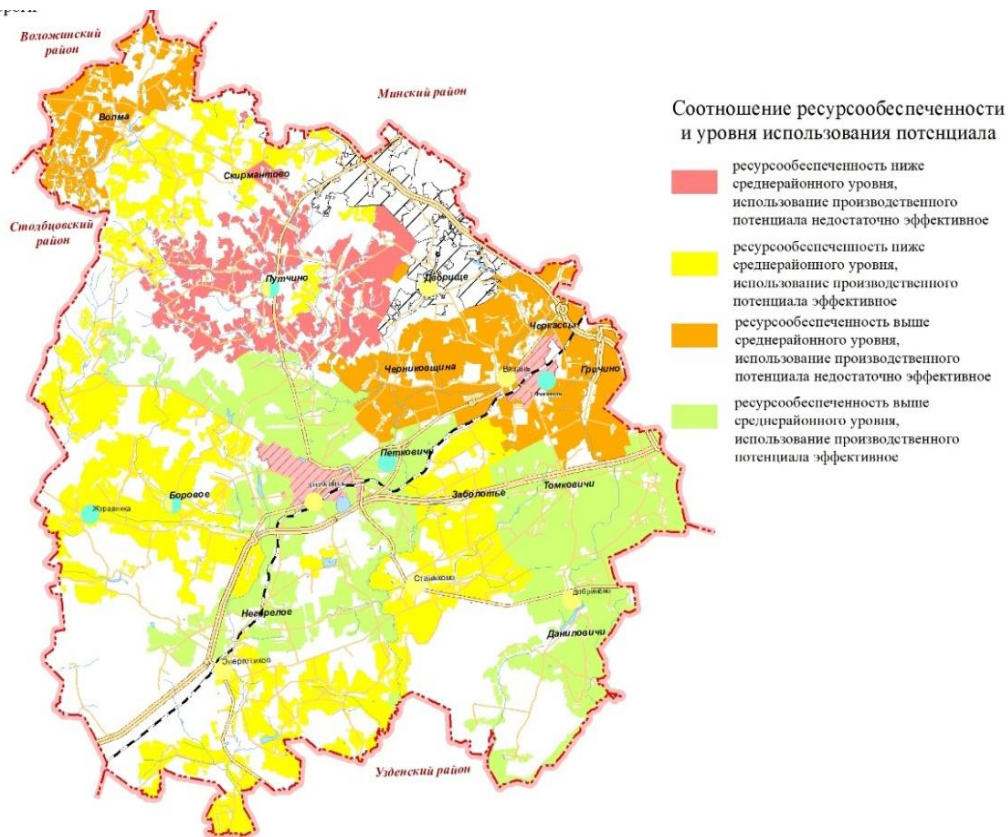


Рис. 5. Ресурсообеспеченность хозяйств и уровень использования потенциала

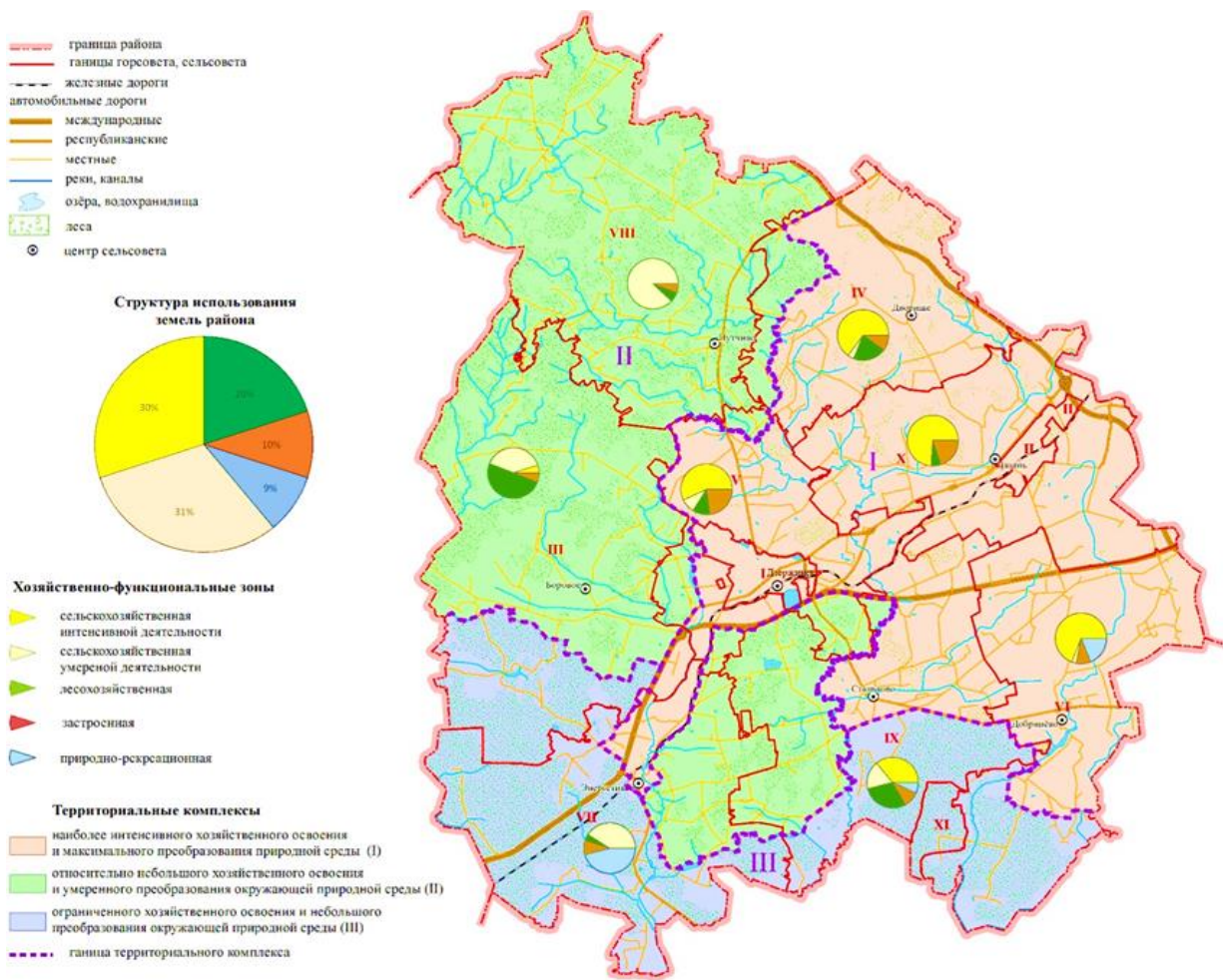


Рис. 6. Хозяйственно-функциональное зонирование территории района

При этом в качестве основных конфликтных ситуаций могут быть отмечены обширные массивы сельскохозяйственных земель без лесополос, интенсивно используемые земли, сельскохозяйственная и промышленная инфраструктура в водоохранных зонах рек.

Заключение

В качестве основных направлений стратегии устойчивого землепользования схемой землеустройства Дзержинского района отмечены: 1) оптимизация землепользования путем более равномерного распределения интенсивности использования земель: с одной стороны за счет облесения малопродуктивных земель, сохранения ценных ландшафтов и редких биотопов; с другой стороны – за счет освоения заброшенных земель вокруг населенных пунктов и садоводческих товариществ, а также путем повышения эффективности использования осушенных земель; 2) включение в хозяйственный оборот неиспользуемого имущества, его реконструкция, модернизация, перепрофилирование, частичное новое строительство; 3) формирование рекреационных территорий местного значения, предлагающее сохранение и развитие рекреационных, туристических и охотничьих территорий вдоль транспортных магистралей (обустройство мест кратковременного и долговременного отдыха, агроэкоусадеб, других объектов сервиса); 4) компенсация снижения численности постоянного населения в сельских населенных пунктах, ведущего к высвобождению земель, спросом на сезонное жилье для отдыха жителей города Минска; 5) строительство коммунальной и транспортно-логистической инфраструктуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа «Земельно-имущественные отношения, геодезическая и картографическая деятельность» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100055>.
2. Инструкция о порядке разработки схем землеустройства районов, утвержденная Постановлением Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь от 29 мая 2008 г. № 43 с изменениями и дополнениями в соответствии с Постановлением Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь от 13 февраля 2023 г. № 13 [Электронный ресурс]. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=p30700667>.
3. Кодекс Республики Беларусь о земле, 23 июля 2008 г. № 425-3 в ред. от 18 июля 2022 г. № 195-3 Источник: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=Hk0800425> – Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100059>.

ПРОЕКТНЫЙ РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР ПРИ КАПЕЛЬНОМ ПОЛИВЕ

А. А. КОНСТАНТИНОВ, В. М. ЛУКАШЕВИЧ

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

(Поступила в редакцию 25.08.2025)

В настоящее время в Республике Беларусь реализуется программа по внедрению ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих получение стабильных урожаев при разных погодно-климатических условиях, что позволит увеличить производство овощной продукции с увеличением посева овощей в открытом грунте.

Данное направление позволит увеличить производство овощной продукции в Беларуси до 1,9 млн. тонн с получением средней урожайности (в хозяйствах всех категорий) 335 центнеров с гектара, а площадь посева овощей в открытом грунте – до 14,8 тыс. гектаров.

В свою очередь природно-климатические условия Республики Беларусь характеризуются неравномерным распределением атмосферных осадков в течение вегетации, что является неприемлемым фактором при возделывании овощных культур в открытом грунте и предполагает необходимость регулирования водного режима. Этот недостаток можно исключить только путем проведения мелиоративных мероприятий.

Принимая во внимание тот факт, что дождевание, как один из способов орошения, может оказывать негативные воздействия на овощные культуры, а также, опираясь на вышеизложенное направление и учитывая опыт зарубежных ученых, было принято решение применить наиболее подходящий и мало изученный, на территории Республики Беларусь, способ орошения – капельный полив.

В статье представлены результаты полевых исследований проектного режима капельного полива овощных культур на дерново-подзолистых суглинистых почвах в условиях северо-восточной зоны Беларуси.

Ключевые слова: водопотребление, капельный полив, проектный режим, биоклиматические коэффициенты.

At present, the Republic of Belarus is implementing a program for the introduction of resource-saving technologies that ensure stable yields under different weather and climate conditions, which will increase the production of vegetable products with an increase in the sowing of vegetables in open ground.

This direction will increase the production of vegetable products in Belarus to 1.9 million tons with an average yield (in farms of all categories) of 335 centners per hectare, and the area of sowing vegetables in open ground – up to 14.8 thousand hectares.

In turn, the natural and climatic conditions of the Republic of Belarus are characterized by an uneven distribution of precipitation during the growing season, which is an unacceptable factor in the cultivation of vegetable crops in open ground and suggests the need to regulate the water regime. This disadvantage can be eliminated only by carrying out melioration measures.

Taking into account the fact that sprinkling, as one of the irrigation methods, can have negative impacts on vegetable crops, and also relying on the above direction and taking into account the experience of foreign scientists, it was decided to use the most suitable and little-studied irrigation method in the territory of the Republic of Belarus - drip irrigation.

The article presents the results of field studies of the design mode of drip irrigation of vegetable crops on sod-podzolic loamy soils in the conditions of the north-eastern zone of Belarus.

Key words: water consumption, drip irrigation, design mode, bioclimatic coefficients.

Введение

Целью исследований является совершенствование технологии капельного полива овощных культур на дерново-подзолистых суглинистых почвах в условиях северо-восточной зоны Беларуси.

Для достижения поставленной цели потребовалось решение конкретной задачи – разработать на основе полевых исследований проектный режим капельного полива овощных культур на минеральных почвах по опорным метеостанциям северо-восточной зоны Республики Беларусь.

В период с 2021 по 2023 год, были проведены полевые исследования на опытном оросительном комплексе «Тушково-1», расположенном на опытных полях УО Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия.

Основная часть

Для орошения учетных делянок на опытном участке была размещена капельная система орошения фирмы ООО «Аквафлора».

Опытный участок располагался на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. За верхний предел оптимального увлажнения почвы была принята величина наименьшей влагоемкости. Сроки полива устанавливались по мере снижения влажности в расчетном слое почвы до нижнего порога. Поливные нормы определялись согласно нормативному источнику ТКП 45-3.04-178-2009 «Оросительные системы. Правила проектирования», учитывая при этом водно-физические свойства почвы, климатические условия, биологические особенности изучаемых овощных культур. Нормы полива варьи-

ровались от 56 до 140 м³/га. При этом влажность почвы определялась с интервалом 1...3 суток. На основании анализа литературных источников [1–3] за расчетный слой почвы принят слой 0...30 см. Все необходимые измерения и наблюдения на опытном участке были выполнены по общепринятым методикам [4–6]. Постановку опытов по изучению технологии орошения осуществляли в соответствии с рекомендациями А. П. Лихацевича, М. Г. Голченко, О. А. Шавлинского, В. Г. Казеко, В. И. Желязко [7, 8]. При изучении технологии возделывания овощей использовали научные положения, которые отражены в работах В. В. Скорины, А. А. Аутко, Н. Н. Дубенка [9].

Основные измерения были проведены по следующим методикам: влажность почвы – термостатно-весовым методом [10]; наименьшая влагоемкость – методом затапливаемых площадок [11]; плотность почвы – методом «режущего» кольца [12]; плотность твердой фазы – пикнометрическим методом [6]; пористость – расчетным путем [13]; описание почвенного разреза – по генетическим горизонтам [4]; гранулометрический состав – по методике Б. Н. Рождественского [14]; биометрические показатели растений – по общепринятой методике проведения наблюдений и измерений для овощных культур [5]. Агрохимические анализы почв проводились в УКПП «Могилевская областная проектно-изыскательская станция агрохимизации».

Технология возделывания изучаемых овощных культур была общепринятой для Республики Беларусь. Возделывались следующие сорта овощей: лук – Дормо; салат – Локарно; редис – Селеста.

Общеизвестно, что одной из основных расходных статей водного баланса корнеобитаемого слоя почвы, определяющей в значительной степени поливные режимы овощей, является водопотребление (*E*) [15].

В ходе исследований водопотребление овощных культур получено методом водного баланса на основании непосредственных полевых измерений.

По годам исследований значения водопотребления для расчетного слоя 0...30 см изменялись, в вариантах с естественным увлажнением: для лука от 240,6 до 277,7 мм; для редиса (весенний посев) от 31,2 до 121,8 мм; для салата от 92,5 до 181,9 мм; для редиса (осенний посев) от 30,8 до 126,5 мм (метод водного баланса). Изменения водопотребления при капельном орошении: для лука от 232,4 до 343,9 мм; редиса (весенний посев) от 31,5 до 146,0 мм; для салата от 99,18 до 190,0 мм; для редиса (осенний посев) от 30,7 до 140,3 мм (метод водного баланса). При этом среднесуточное водопотребление при естественном увлажнении варьировало: для лука от 1,8 до 2,3 мм/сут; для редиса (весенний посев) от 0,7 до 2,6 мм/сут; для салата от 1,7 до 3,6 мм/сут; для редиса (осенний посев) от 1,0 до 2,6 мм/сут, а при капельном орошении: для лука от 1,7 до 2,9 мм/сут; редиса (весенний посев) от 0,7 до 3,2 мм/сут; салата от 1,7 до 3,8 мм/сут; редиса (осенний посев) от 1,0 до 2,9 мм/сут.

В ходе исследований, в дальнейших расчетах, применяем водопотребление, рассчитанное по методу водного баланса, так как все составляющие уравнения данного метода были определены в полевых условиях.

Для расчета проектного режима орошения овощных культур на минеральных почвах при капельном поливе, были определены биоклиматические коэффициенты (*K_b*) водопотребления по общепринятой методике А. М. Алпатьева и представлены в табл. 1 [15].

Таблица 1. Средние значения биоклиматических коэффициентов водопотребления овощных культур за вегетационные периоды 2021–2023 гг. по вариантам опыта

Год	Предполивная влажность, % НВ				Среднее для вариантов с искусственным увлажнением
	Контроль	60 % НВ	70 % НВ	80 % НВ	
Лук					
2021	0,40	0,39	0,42	0,46	0,42
2022	0,41	0,44	0,50	0,47	0,47
2023	0,35	0,33	0,38	0,44	0,39
Среднее	0,39	0,39	0,43	0,46	0,43
Редис (весенний посев)					
2021	0,38	0,37	0,37	0,38	0,37
2022	0,66	0,66	0,68	0,69	0,68
2023	0,64	0,64	0,73	1,15	0,84
Среднее	0,56	0,56	0,59	0,74	0,63
Салат					
2021	0,21	0,34	0,37	0,38	0,36
2022	0,41	0,43	0,40	0,40	0,41
2023	0,60	0,57	0,58	0,61	0,59
Среднее	0,41	0,45	0,45	0,46	0,45
Редис (осенний посев)					
2021	0,88	0,89	0,93	0,92	0,91
2022	0,33	0,54	0,61	0,59	0,58
2023	0,23	0,22	0,25	0,33	0,27
Среднее	0,48	0,55	0,60	0,61	0,59

Полученные значения биоклиматических коэффициентов водопотребления и водопотребление различной обеспеченности при капельном поливе овощей послужили основанием для расчета режима капельного полива. В процессе расчетов были определены: водопотребление, оросительные нормы и параметры их кривой обеспеченности, внутрисезонное распределение норм капельного полива и минимальная продолжительность межполивных интервалов.

Для получения обеспеченных параметров режима капельного полива расчеты проводились по длительным рядам прошлых лет. Продолжительность ряда имеет большое значение. Из литературных источников [14, 15] установлено, что ряд оросительных норм для любых культур и различных оросительных систем должен включать не менее 30...40 лет. Ввиду большой трудоемкости расчетов данные были обработаны с применением алгоритма и программы расчета проектного режима орошения сельскохозяйственных культур, разработанных сотрудниками кафедры мелиорации и водного хозяйства УО БГСХА. Расчет проектного режима капельного полива овощей северо-восточной зоны Республики Беларусь для поливных норм 6,4; 9,5; 12,7 мм при различной обеспеченности сведен в табл. 2–4.

Таблица 2. Оросительные нормы лука и минимальные межполивные интервалы для поливных норм 6,4; 9,5; 12,7 мм при различной обеспеченности

Метеостанция	Обеспеченность, %					
	5	10	25	50	75	90
1	2	3	4	5	6	7
m = 6,4 мм						
Борисов	<u>233</u> 1	<u>215</u> 1	<u>174</u> 1	<u>128</u> 1	<u>83</u> 2	<u>60</u> 2
Витебск	<u>240</u> 1	<u>191</u> 1	<u>146</u> 1	<u>115</u> 1	<u>84</u> 2	<u>64</u> 2
Горки	<u>222</u> 1	<u>198</u> 1	<u>153</u> 1	<u>102</u> 1	<u>77</u> 2	<u>48</u> 3
Лепель	<u>230</u> 1	<u>209</u> 1	<u>146</u> 1	<u>109</u> 1	<u>83</u> 2	<u>57</u> 2
Орша	<u>230</u> 1	<u>212</u> 1	<u>174</u> 1	<u>128</u> 1	<u>100</u> 2	<u>58</u> 2
Полоцк	<u>213</u> 1	<u>190</u> 1	<u>148</u> 1	<u>109</u> 1	<u>77</u> 2	<u>56</u> 3
Среднее	<u>228</u> 1	<u>203</u> 1	<u>157</u> 1	<u>115</u> 1	<u>84</u> 2	<u>57</u> 2
m = 9,5 мм						
Борисов	<u>235</u> 1	<u>211</u> 1	<u>171</u> 1	<u>123</u> 2	<u>78</u> 3	<u>58</u> 4
Витебск	<u>241</u> 1	<u>186</u> 1	<u>143</u> 2	<u>114</u> 2	<u>86</u> 3	<u>59</u> 4
Горки	<u>221</u> 1	<u>193</u> 1	<u>148</u> 2	<u>101</u> 2	<u>76</u> 3	<u>43</u> 4
Лепель	<u>226</u> 1	<u>209</u> 1	<u>141</u> 2	<u>105</u> 2	<u>86</u> 3	<u>48</u> 4
Орша	<u>235</u> 1	<u>211</u> 1	<u>171</u> 1	<u>127</u> 2	<u>91</u> 3	<u>55</u> 3
Полоцк	<u>208</u> 1	<u>190</u> 1	<u>147</u> 2	<u>105</u> 2	<u>76</u> 3	<u>48</u> 4
Среднее	<u>228</u> 1	<u>200</u> 1	<u>131</u> 2	<u>113</u> 2	<u>82</u> 3	<u>52</u> 4
m = 12,7 мм						
Борисов	<u>230</u> 2	<u>210</u> 2	<u>171</u> 2	<u>114</u> 3	<u>77</u> 4	<u>51</u> 5
Витебск	<u>236</u> 2	<u>187</u> 2	<u>140</u> 3	<u>114</u> 3	<u>77</u> 4	<u>51</u> 5
Горки	<u>218</u> 2	<u>193</u> 2	<u>150</u> 3	<u>92</u> 3	<u>71</u> 5	<u>40</u> 7
Лепель	<u>226</u> 2	<u>204</u> 2	<u>139</u> 2	<u>102</u> 3	<u>77</u> 4	<u>51</u> 6
Орша	<u>229</u> 2	<u>211</u> 2	<u>172</u> 2	<u>121</u> 3	<u>90</u> 4	<u>51</u> 5
Полоцк	<u>206</u> 2	<u>189</u> 2	<u>140</u> 3	<u>102</u> 4	<u>69</u> 4	<u>51</u> 7
Среднее	<u>224</u> 2	<u>199</u> 2	<u>152</u> 3	<u>108</u> 3	<u>77</u> 4	<u>49</u> 6

Таблица 3. Оросительные нормы редиса (весенний и осенний посевы) и минимальные межполивные интервалы для поливных норм 6,4; 9,5; 12,7 мм при различной обеспеченности

Метеостанция	Обеспеченность, %											
	5		10		25		50		75		90	
1	2		3		4		5		6		7	
m = 6,4 мм												
	В	О	В	О	В	О	В	О	В	О	В	О
Борисов	$\frac{81}{1}$	$\frac{65}{2}$	$\frac{75}{1}$	$\frac{58}{2}$	$\frac{64}{2}$	$\frac{38}{3}$	$\frac{45}{2}$	$\frac{21}{4}$	$\frac{25}{4}$	$\frac{13}{8}$	$\frac{6}{-}$	$\frac{2}{-}$
Витебск	$\frac{89}{1}$	$\frac{68}{2}$	$\frac{77}{1}$	$\frac{50}{2}$	$\frac{67}{2}$	$\frac{31}{3}$	$\frac{47}{2}$	$\frac{13}{7}$	$\frac{22}{4}$	$\frac{4}{-}$	$\frac{6}{-}$	-
Горки	$\frac{89}{1}$	$\frac{67}{2}$	$\frac{77}{1}$	$\frac{54}{2}$	$\frac{55}{2}$	$\frac{34}{3}$	$\frac{42}{3}$	$\frac{13}{12}$	$\frac{20}{5}$	$\frac{2}{-}$	$\frac{1}{-}$	-
Лепель	$\frac{92}{1}$	$\frac{71}{2}$	$\frac{76}{1}$	$\frac{57}{2}$	$\frac{64}{2}$	$\frac{30}{3}$	$\frac{41}{2}$	$\frac{20}{4}$	$\frac{23}{4}$	$\frac{3}{-}$	$\frac{6}{-}$	-
Орша	$\frac{84}{1}$	$\frac{68}{2}$	$\frac{72}{1}$	$\frac{60}{2}$	$\frac{64}{2}$	$\frac{42}{3}$	$\frac{42}{2}$	$\frac{19}{3}$	$\frac{21}{4}$	$\frac{7}{-}$	$\frac{6}{-}$	-
Полоцк	$\frac{93}{1}$	$\frac{60}{2}$	$\frac{79}{1}$	$\frac{52}{2}$	$\frac{58}{2}$	$\frac{32}{3}$	$\frac{48}{2}$	$\frac{14}{5}$	$\frac{28}{3}$	$\frac{4}{-}$	$\frac{2}{-}$	-
Среднее	$\frac{88}{1}$	$\frac{67}{2}$	$\frac{76}{1}$	$\frac{55}{2}$	$\frac{62}{2}$	$\frac{35}{3}$	$\frac{44}{2}$	$\frac{17}{6}$	$\frac{23}{4}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{5}{-}$	$\frac{2}{-}$
m = 9,5 мм												
Борисов	$\frac{81}{2}$	$\frac{65}{3}$	$\frac{75}{2}$	$\frac{58}{3}$	$\frac{64}{2}$	$\frac{38}{4}$	$\frac{46}{4}$	$\frac{21}{7}$	$\frac{25}{7}$	$\frac{10}{-}$	$\frac{8}{-}$	-
Витебск	$\frac{89}{2}$	$\frac{66}{3}$	$\frac{76}{2}$	$\frac{50}{3}$	$\frac{67}{3}$	$\frac{30}{5}$	$\frac{48}{4}$	$\frac{12}{-}$	$\frac{22}{5}$	$\frac{1}{-}$	-	-
Горки	$\frac{89}{2}$	$\frac{67}{3}$	$\frac{77}{2}$	$\frac{54}{4}$	$\frac{54}{3}$	$\frac{34}{5}$	$\frac{39}{4}$	$\frac{10}{-}$	$\frac{19}{29}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{1}{-}$	-
Лепель	$\frac{92}{2}$	$\frac{70}{3}$	$\frac{76}{2}$	$\frac{57}{3}$	$\frac{64}{3}$	$\frac{28}{4}$	$\frac{39}{4}$	$\frac{19}{9}$	$\frac{22}{7}$	$\frac{3}{-}$	$\frac{7}{-}$	-
Орша	$\frac{84}{2}$	$\frac{70}{3}$	$\frac{73}{2}$	$\frac{59}{3}$	$\frac{60}{3}$	$\frac{43}{4}$	$\frac{42}{4}$	$\frac{19}{7}$	$\frac{21}{10}$	$\frac{2}{-}$	-	-
Полоцк	$\frac{95}{2}$	$\frac{60}{3}$	$\frac{80}{2}$	$\frac{54}{4}$	$\frac{57}{3}$	$\frac{32}{5}$	$\frac{42}{4}$	$\frac{14}{-}$	$\frac{28}{6}$	$\frac{4}{-}$	-	-
Среднее	$\frac{88}{2}$	$\frac{66}{3}$	$\frac{76}{2}$	$\frac{55}{3}$	$\frac{61}{3}$	$\frac{34}{5}$	$\frac{43}{4}$	$\frac{16}{8}$	$\frac{23}{11}$	$\frac{5}{-}$	$\frac{5}{-}$	-
m = 12,7 мм												
Борисов	$\frac{82}{2}$	$\frac{65}{4}$	$\frac{75}{3}$	$\frac{58}{4}$	$\frac{63}{4}$	$\frac{38}{6}$	$\frac{45}{5}$	$\frac{21}{-}$	$\frac{20}{-}$	$\frac{13}{-}$	-	-
Витебск	$\frac{90}{3}$	$\frac{68}{4}$	$\frac{78}{3}$	$\frac{50}{4}$	$\frac{65}{4}$	$\frac{30}{10}$	$\frac{47}{5}$	$\frac{13}{-}$	$\frac{21}{-}$	-	-	-
Горки	$\frac{89}{3}$	$\frac{67}{4}$	$\frac{77}{3}$	$\frac{54}{5}$	$\frac{54}{4}$	$\frac{34}{9}$	$\frac{39}{6}$	$\frac{13}{-}$	$\frac{15}{-}$	-	-	-
Лепель	$\frac{92}{2}$	$\frac{71}{4}$	$\frac{76}{3}$	$\frac{58}{4}$	$\frac{62}{4}$	$\frac{28}{6}$	$\frac{39}{5}$	$\frac{20}{-}$	$\frac{22}{-}$	-	-	-
Орша	$\frac{84}{3}$	$\frac{69}{4}$	$\frac{73}{3}$	$\frac{61}{4}$	$\frac{64}{4}$	$\frac{40}{6}$	$\frac{42}{5}$	$\frac{19}{-}$	$\frac{20}{-}$	-	-	-
Полоцк	$\frac{95}{3}$	$\frac{60}{4}$	$\frac{81}{3}$	$\frac{52}{5}$	$\frac{58}{4}$	$\frac{29}{9}$	$\frac{42}{5}$	$\frac{14}{-}$	$\frac{26}{16}$	-	-	-
Среднее	$\frac{87}{3}$	$\frac{67}{4}$	$\frac{77}{3}$	$\frac{56}{4}$	$\frac{61}{4}$	$\frac{33}{8}$	$\frac{42}{5}$	$\frac{17}{-}$	$\frac{21}{16}$	$\frac{13}{-}$	-	-

Примечание: В – весенний посев редиса, О – осенний посев редиса.

Таблица 4. Оросительные нормы салата и минимальные межполивные интервалы для поливных норм 6,4; 9,5; 12,7 мм при различной обеспеченности

Метеостанция	Обеспеченность, %											
	5		10		25		50		75		90	
1	2		3		4		5		6		7	
m = 6,4 мм												
Борисов	$\frac{222}{0}$		$\frac{200}{1}$		$\frac{148}{1}$		$\frac{102}{1}$		$\frac{70}{2}$		$\frac{38}{3}$	
Витебск	$\frac{209}{0}$		$\frac{190}{1}$		$\frac{120}{1}$		$\frac{82}{1}$		$\frac{51}{2}$		$\frac{31}{3}$	
Горки	$\frac{207}{1}$		$\frac{190}{1}$		$\frac{119}{1}$		$\frac{87}{1}$		$\frac{57}{2}$		$\frac{26}{3}$	
Лепель	$\frac{234}{0}$		$\frac{186}{1}$		$\frac{125}{1}$		$\frac{83}{1}$		$\frac{45}{2}$		$\frac{26}{3}$	
Орша	$\frac{161}{1}$		$\frac{138}{1}$		$\frac{104}{1}$		$\frac{64}{2}$		$\frac{38}{2}$		$\frac{19}{5}$	
Полоцк	$\frac{191}{1}$		$\frac{164}{1}$		$\frac{124}{1}$		$\frac{80}{1}$		$\frac{50}{2}$		$\frac{20}{4}$	
Среднее	$\frac{204}{1}$		$\frac{178}{1}$		$\frac{123}{1}$		$\frac{83}{1}$		$\frac{52}{2}$		$\frac{27}{4}$	
m = 9,5 мм												

Борисов	$\frac{240}{1}$	$\frac{200}{1}$	$\frac{147}{1}$	$\frac{98}{2}$	$\frac{61}{3}$	$\frac{38}{5}$
Витебск	$\frac{191}{1}$	$\frac{169}{1}$	$\frac{101}{2}$	$\frac{67}{2}$	$\frac{36}{4}$	$\frac{25}{6}$
Горки	$\frac{207}{1}$	$\frac{193}{1}$	$\frac{116}{2}$	$\frac{86}{2}$	$\frac{56}{4}$	$\frac{25}{5}$
Лепель	$\frac{234}{1}$	$\frac{186}{1}$	$\frac{121}{2}$	$\frac{83}{2}$	$\frac{39}{4}$	$\frac{25}{5}$
Орша	$\frac{212}{1}$	$\frac{198}{1}$	$\frac{154}{1}$	$\frac{99}{2}$	$\frac{56}{3}$	$\frac{30}{4}$
Полоцк	$\frac{191}{1}$	$\frac{161}{1}$	$\frac{125}{2}$	$\frac{76}{2}$	$\frac{48}{3}$	$\frac{19}{9}$
Среднее	$\frac{213}{1}$	$\frac{185}{1}$	$\frac{127}{2}$	$\frac{85}{2}$	$\frac{49}{4}$	$\frac{27}{7}$
m = 12,7 мм						
Борисов	$\frac{236}{1}$	$\frac{200}{2}$	$\frac{144}{2}$	$\frac{100}{3}$	$\frac{64}{4}$	$\frac{33}{7}$
Витебск	$\frac{210}{2}$	$\frac{190}{2}$	$\frac{114}{2}$	$\frac{76}{3}$	$\frac{48}{4}$	$\frac{25}{7}$
Горки	$\frac{207}{2}$	$\frac{191}{2}$	$\frac{116}{2}$	$\frac{83}{3}$	$\frac{51}{5}$	$\frac{24}{-}$
Лепель	$\frac{234}{1}$	$\frac{186}{2}$	$\frac{119}{2}$	$\frac{83}{3}$	$\frac{40}{5}$	$\frac{23}{-}$
Орша	$\frac{213}{1}$	$\frac{198}{1}$	$\frac{151}{2}$	$\frac{98}{3}$	$\frac{59}{4}$	$\frac{25}{31}$
Полоцк	$\frac{191}{2}$	$\frac{162}{2}$	$\frac{124}{2}$	$\frac{76}{3}$	$\frac{50}{5}$	$\frac{14}{-}$
Среднее	$\frac{215}{1}$	$\frac{163}{2}$	$\frac{128}{2}$	$\frac{86}{3}$	$\frac{52}{5}$	$\frac{24}{15}$

Анализ полученных данных (табл. 2–4) свидетельствует о значительной изменчивости параметров проектного режима орошения овощей в зависимости от определяющих факторов (обеспеченности, поливной нормы). Оросительные нормы и минимальные межполивные интервалы для овощных культур по опорным метеостанциям северно-восточной зоны Беларуси в зависимости от года расчетной обеспеченности и поливных норм имеют следующие значения: при поливной норме от 64 до 127 м³/га для засушливого года (10%-ная обеспеченность) оросительная норма составляет: лук – 201 мм, минимальный межполивной интервал – 1 сут; средnezасушливого (25 %) – 147 мм, 2 сут; среднего (50 %) – 112 мм, 2 сут; средневлажного (75 %) – 81 мм, 3 сут. Редис (осенний посев) для засушливого (10 %) – 76 мм, 2 сут; средnezасушливого (25 %) – 61 мм, 3 сут; среднего (50 %) – 43 мм, 4 сут; средневлажного (75 %) – 22 мм, 10 сут. Салат для засушливого (10 %) – 175 мм, 1 сут; средnezасушливого (25 %) – 126 мм, 2 сут; среднего (50 %) – 85 мм, 2 сут; средневлажного (75 %) – 51 мм, 4 сут. Редис (осенний посев) для засушливого (10 %) – 55 мм, 3 сут; средnezасушливого (25 %) – 34 мм, 5 сут; среднего (50 %) – 17 мм, 7 сут; средневлажного (75 %) – 8 мм, 8 сут соответственно.

Полученные оросительные нормы и минимальные межполивные интервалы овощных культур северно-восточной гидролого-климатической зоны Республики Беларусь практически совпадают с опытными данными результатов исследований.

Заключение

Полученные значения биоклиматических коэффициентов водопотребления и водопотребление различной обеспеченности при капельном поливе овощей послужили основанием для расчета режима капельного полива. В процессе расчетов были определены: водопотребление, оросительные нормы и параметры их кривой обеспеченности, внутрисезонное распределение норм капельного полива и минимальная продолжительность межполивных интервалов.

Так, для засушливого года (10 %-ная обеспеченность) величина водопотребления составляет: лук –339...383 мм, редис (весенний посев) – 104...126 мм, салат –244...285 мм, редис (осенний посев) – 74...83 мм; средnezасушливого (25%): лук –317...345 мм, редис (весенний посев) – 93...121 мм, салат – 224...250 мм, редис (осенний посев) – 65...82 мм; среднего (50%): лук–333...287 мм, редис (весенний посев) – 90...107 мм, салат – 198...222 мм, редис (осенний посев) – 52...78 мм; средневлажного (75%): лук – 305...276 мм, редис (весенний посев) – 77...98 мм, салат –173...202 мм, редис (осенний посев) – 51...74 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Литвинов, С. С. Научные основы современного овощеводства / С. С. Литвинов. – М., 2008. – 771 с.
2. Пивоваров, В. Ф. Овощи России / В. Ф. Пивоваров. – М.: Колос, 2006. – 384 с.
3. Сологуб, Ю. И. Овощеводство. Новые подходы – реальная прибыль: практ. пособие / Ю. И. Сологуб, И. М. Стрелюк, А. С. Максимюк. – Киев: ООО «Полиграф плюс», 2012. – 200 с.

4. Бишоф, Э. А. Методические указания по статической обработке экспериментальных данных в мелиорации и почвоведении / Э. А. Бишоф, Г. С. Калмыков. – Л.: Типография № 6, 1977. – 270 с.
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 352 с.
6. Афанасик, Г. И. Методические указания по определению водно-физических свойств почвогрунтов мелиорируемых земель / Г. И. Афанасик, К. П. Лундин; БелНИИМивХ. – Минск, 1973. – 83 с.
7. Голченко, М. Г. Интенсификация орошаемого овощеводства / М. Г. Голченко, О. А. Шавлинский, В. Г. Казеко. – Минск: Ураджай, 1987. – 184 с.
8. Современные технологии в овощеводстве / А. А. Аутко [и др.]; под ред. А. А. Аутко; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т овощеводства. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 490 с.
9. Капельное орошение и удобрение репчатого лука / Н. Н. Дубенок, А. И. Болкунов, В. В. Бородычев [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2008. – № 6. – С. 34–38.
10. Опытное дело в полеводстве / под ред. Г. Ф. Никитенко. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 176 с.
11. Агрогидрологические свойства почв Белорусской ССР / В. В. Иванюк, А. Г. Скипский, Н. И. Смеян [и др.]. – Минск, 1977. – 333 с.
12. Разработать технологии эксплуатации осушительных и оросительных мелиоративных систем, обеспечивающие их длительное поддержание в работоспособном состоянии и снижение потребности ресурсов на их обслуживание на 3–5 % за счет использования новых технических и технологических решений: отчет о НИР / УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»; рук. В. И. Желязко. – Горки, 2010. – 113 с.
13. Методические указания по проведению наблюдений за мелиоративным состоянием осушенных земель / М-во мелиорации и водного хоз-ва РСФСР; Сев. науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации «СевНИИГИМ». – Л., 1972. – 154 с.
14. Рождественский, Б.Н. Методика опытно-исследовательского дела по полеводству / Б. Н. Рождественский // Укр. акад. с.-х. наук; Укр. НИИ растениеводства, селекции и генетики. – Киев: Госсельхозиздат УССР, 1958. – 222 с.
15. Лукашевич, В. М. Режим орошения репчатого лука в условиях северо-восточной зоны Беларуси / В. М. Лукашевич, А. А. Константинов // Мелиорация. – 2025. – № 2 (112). – С. 17–24.

ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 631/635::377/378

ПРИОРИТЕТЫ АГРАРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

О. А. МЕРЗЛОВА

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

(Поступила в редакцию 17.07.2025)

В настоящее время сельскохозяйственные организации сталкиваются с серьезной проблемой недостаточного развития человеческих ресурсов. Одну из основополагающих функций в развитии человеческого и кадрового капитала в агропромышленном производстве играет образование. В связи с этим в статье приведен анализ системы аграрного образования в Республике Беларусь как комплексного непрерывного механизма формирования человеческого и кадрового потенциала.

Анализ публикаций и нормативных правовых актов Республики Беларусь, регулирующих вопросы формирования и функционирования системы образования, статистической информации показал высокую устойчивость и эффективность системы аграрного образования. Она базируется на преемственности предыдущих поколений и постепенно трансформируется под воздействием глобальных экономических процессов. Система представлена почти на всех уровнях основного и дополнительного образования и представлена сетью агроклассов, 42 колледжами аграрной направленности, 4 учреждениями высшего образования, одним учреждением дополнительного образования взрослых. По последним данным в год ими выпускается около 2683 квалифицированных рабочих, 3 тысяч специалистов со средним специальным образованием, 3,9 тыс. специалистов с высшим образованием.

Итогом работы является выделение приоритетов аграрного образования в Республике Беларусь. Среди них обновление образовательных стандартов; развитие электронного образования; предоставление сетевых образовательных услуг, разработка и внедрение современных онлайн-моделей обучения; обеспечение свободного доступа к международным образовательным и интеллектуальным ресурсам; расширение рынка образовательных услуг; активизация участия в международных образовательных, научно-исследовательских и культурных программах, профессиональных семинарах; расширение системы стимулов работников аграрной сферы, предусматривающее участие работников в собственности и прибыли, и расширение социального пакета.

Ключевые слова: аграрное образование, аграрная политика, кадровый потенциал, колледж, учреждение.

Education plays a fundamental role in the development of human and staff capital in agro-industrial production. Currently, agricultural organizations face a significant challenge of insufficient human resource development. One of the fundamental functions in the development of human and personnel capital in agro-industrial production is education. In this regard, the article provides an analysis of the agricultural education system in the Republic of Belarus as a comprehensive continuous mechanism for the formation of human and personnel potential.

The analysis of publications and regulatory legal acts of the Republic of Belarus governing the issues of formation and functioning of the education system, statistical information showed high stability and efficiency of the agricultural education system. It is based on the continuity of previous generations and is gradually transforming under the influence of global economic processes. The system is presented at almost all levels of basic and additional education and is represented by a network of agricultural classes, 42 colleges of agricultural focus, 4 institutions of higher education, one institution of additional education for adults. According to the latest data, they graduate about 2683 skilled workers, 3 thousand specialists with secondary specialized education, 3.9 thousand specialists with higher education per year.

The result of the work is the identification of priorities for agricultural education in the Republic of Belarus. These include updating educational standards; developing e-education; providing online educational services, developing and implementing modern online learning models; ensuring free access to international educational and intellectual resources; expanding the educational services market; increasing participation in international educational, research and cultural programs, professional seminars; expanding the incentive system for agricultural workers, providing for workers' participation in property and profits and expanding the social package.

Key words: agricultural education, agricultural policy, human resources, college, institution.

Введение

Материальное благосостояние нации на базовом уровне формируется за счет развития основополагающих видов экономической деятельности. Среди них значителен вклад аграрной составляющей. Продовольственную безопасность Беларуси обеспечивают сельское хозяйство, рыбоводство и лесное

хозяйство, и отрасли, создающие материальные условия для их эффективной деятельности. Поэтому на протяжении всего периода суверенного развития Республики Беларусь государство поддерживало сельского производителя, уделяло внимание кадровому потенциалу.

Образование выступает одним из основных составляющих механизма управления развитием человеческого капитала, формируя его интеллектуальную платформу, способствуя социальному накоплению профессиональных, творческих, общекультурных, нравственных и духовных ценностей.

Принцип преемственности позволил сохранить образовательную систему кадров агропромышленного комплекса, унаследованную от СССР. При этом система открыта и подвергается постоянным преобразованиям в соответствии с современными вызовами и трендами. Плановость государственного курса заключается и во всемерной поддержке талантливой учащейся молодежи, студентов, в том числе аграрных вузов. Создан не имеющий аналогов на территории СНГ Специальный Фонд Президента Республики Беларусь по социальной поддержке одаренных учащихся и студентов. Тем не менее, в настоящее время сельскохозяйственные организации сталкиваются с серьезной проблемой недостаточного развития человеческих ресурсов.

В связи с этим целью исследования стало изучение системы аграрного образования в Республике Беларусь как комплексного непрерывного механизма формирования человеческого и кадрового потенциала. Объектом исследования стали парадигма и система аграрного образования в Беларуси, предметом исследования – количественные показатели, отражающие объем образовательных услуг в данной сфере, функциональные и структурные связи между ними.

При проведении исследования использовались общенаучные методы анализа и синтеза, обобщения, метод сравнения, аналитический, статистический и др.

Основная часть

Изучение специфики аграрного образования на основе научных публикаций и нормативных правовых актов Республики Беларусь, статистической информации позволяет сказать следующее.

Основными целями аграрной политики в Республике Беларусь на современном этапе являются:

- повышение конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия для обеспечения сбалансированности внутреннего продовольственного рынка и наращивания экспортного потенциала;
- формирование эффективного рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с развитой инфраструктурой;
- создание благоприятного инвестиционного климата и увеличение объема инвестиций в агропромышленный комплекс (далее – АПК);
- содействие структурным изменениям с целью свободного развития всех форм собственности;
- поддержание паритета индекса цен на промышленную и сельскохозяйственную продукцию;
- обеспечение права граждан на достаточное питание;
- обеспечение устойчивого развития сельских территорий, занятости сельского населения, повышения уровня его жизни;
- сохранение и воспроизводство природных ресурсов [1].

В обеспечении этих целей участвуют все субъекты, действующие в области агропромышленного производства. Это производители продукции растениеводства, животноводства, рыбоводства, продуктов питания; переработки льняного волокна, ветеринарной деятельности; оказания мелиоративных услуг; субъекты оптовой торговли удобрениями, агрохимическими продуктами, ветеринарными средствами, сельскохозяйственной техникой и оборудованием; организации по ремонту сельскохозяйственных машин и оборудования; по перевозке сельскохозяйственной продукции и услуг зернохранилищ; граждане, ведущие личные хозяйства. Данный перечень также включает организации, обеспечивающие подготовку кадров для агропромышленного комплекса; научные и исследовательские разработки в области сельского хозяйства.

Стратегической целью социальной политики государства в долгосрочной перспективе является обеспечение достойного качества жизни и высоких стандартов благосостояния белорусских граждан. Главным критерием ее эффективности является рост индекса человеческого развития до позиции не ниже 40 места в мировом рейтинге к 2030 году. Роли образования в формировании человеческого капитала отводится первое место [2].

Институт аграрного образования выполняет функции генерации, структурирования, распространения и воспроизводства знаний; трансфера и популяризации знаний и опыта, духовно-нравственных, культурных ценностей; подготовки широкого спектра специалистов; социализации местного

населения; развитие образовательного, научно-исследовательского, инновационного потенциала аграрного сектора [3–5].

Ретроспективный анализ системы аграрного образования в Республике Беларусь свидетельствует, что она сложилась как многоступенчатая структура и основана на принципах непрерывности, интегрируемости, преемственности, системности. В советский период система включала подготовку специалистов базового уровня (профессиональное образование), среднего звена (специальное образование), высшего звена, или звена управленцев-профессионалов (высшее образование). Система базировалась на опыте поколений, жизнь которых была тесно сопряжена с сельскими условиями быта и трудом на земле. Это обеспечивало высокую осведомленность и готовность усваивать знания, формирующие хорошие профессиональные и профессионально-технические компетенции, а также научную информацию, которую дает высшее образование.

По мере усиливающейся миграции населения в городскую местность «связь с землей» и навыки, сопутствующие этому, стали утрачиваться. Для восполнения пробела в структуре аграрного образования с 2018 года предусмотрена первичная подготовка учащихся путем создания профильных классов аграрной направленности в учреждениях общего среднего образования [6].

Если обратиться к Кодексу Республики Беларусь об образовании, видно, что система аграрного образования в нашей стране и представлена почти на всех уровнях (кроме специального) и максимально вовлечена во все виды как основного, так и дополнительного образования (табл. 1) [7].

Таблица 1. Место аграрного образования в системе образования Республики Беларусь

Типы образования	Уровни и виды образования	Субъекты образовательных отношений в аграрном образовании	
		общее наименование	форма
Основное образование – обучение и воспитание посредством реализации образовательных программ основного образования	1. Дошкольное образование	-	-
	2. Общее среднее образование	Учреждения общего среднего образования	Агроклассы в лицее, школе
	3. Профессионально-техническое образование	Учреждения среднего специального образования	Коллежи аграрного профиля
	4. Среднее специальное образование		
	5. Высшее образование	Учреждения высшего образования	Университет, академия
	6. Научно-ориентированное образование		Аспирантура, докторантура при университете, академии, НИИ
Дополнительное образование – обучение и воспитание посредством реализации образовательных программ дополнительного образования	1. Дополнительное образование детей и молодежи	Учреждения дополнительного образования детей и молодежи	Образовательные центры
	2. Дополнительное образование одаренных детей и молодежи	Учреждения дополнительного образования одаренных детей и молодежи	Образовательные центры
	3. Дополнительное образование взрослых	Учреждения дополнительного образования взрослых	Учебные центры
Специальное образование – обучение и воспитание лиц с особенностями психофизического развития	1. Специальное образование на уровне общего среднего образования.	Учреждения специального образования. Специальные лечебно-воспитательные учреждения	-
	2. Специальное образование на уровне общего среднего образования		

Примечание. Составлено автором с использованием источника [7].

Таким образом, в настоящее время в структуру аграрной системы включены агроклассы, лицеи аграрного профиля, колледжи, университеты и академии. Одновременно непрерывное профессиональное образование руководящих работников, специалистов, рабочих осуществляют институты и факультеты повышения квалификации и переподготовки кадров АПК учреждений образования, учебные центры при областных комитетах по сельскому хозяйству и продовольствию.

Кроме того, система высшего образования дает возможность последующего повышения квалификации специалистов в рамках обучения в аспирантуре и докторантуре и путем ведения научных исследований.

Для выявления основных трендов развития аграрного образования в нашей стране подробно рассмотрена структура учреждений и проведен анализ статистических данных о количестве ежегодно выпускаемых специалистов в разрезе типов учреждений.

Наиболее многочисленной является сеть учреждений образования, обеспечивающих подготовку рабочих и специалистов среднего специального образования. По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия всего в республике функционируют 42 колледжа, из них в Брестской области – 14, Витебской – 7, Гомельской – 5, Гродненской – 4, Минской – 8, Могилевской области – 4 [8]. Многие колледжи имеют давнюю историю становления и развития [10].

Для экономики республики учреждениями профессионально-технического образования ежегодно готовится более 20 тысяч квалифицированных рабочих (служащих) (табл. 2). Из них на долю учреждений аграрного профиля приходится до 13,4 % выпускников. Причем этот вклад за последние 8 лет несколько вырос (на 2,6 п.п.).

В целом учреждения профессионально-технического и среднего специального образования предлагают широкий перечень специализаций, позволяющих удовлетворить потребности отрасли в самых разных специалистах. По данным за 2023 г., подготовка квалифицированных рабочих для всех отраслей в расчете на 10000 человек населения приходится 51 человек [9]. Если сохранить указанную выше пропорцию, то число таких работников для сельского хозяйства составит около 7 человек.

Таблица 2. Выпуск квалифицированных рабочих и специалистов [9]

Профиль образования	Общее количество, человек				В процентах к итогу			
	2015	2020	2022	2023	2015	2020	2022	2023
Учреждения профессионально-технического образования, тыс. чел.								
Выпущено всего, из них по профилю:	28,6	24,2	21,2	20,1	28,6	100	100	100
Искусство и дизайн	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	1,8	2,0	2,4
Коммуникации. Право. Экономика	2,5	2,1	1,6	1,4	2,5	8,5	7,4	6,8
Техника и технологии	14,4	12,4	10,1	9,4	14,4	51,3	47,8	46,8
Архитектура и строительство	4,9	3,0	2,9	2,7	4,9	12,4	13,8	13,6
Сельское и лесное хозяйство. Садово-парковое строительство	3,1	2,7	2,8	2,7	3,1	11,3	13,0	13,4
Общепит. Бытовое обслуживание	3,0	3,4	3,2	3,2	3,0	13,9	15	15,9
Учреждения среднего специального образования, тыс. чел.								
Выпущено всего, из них по профилю:	39	33,4	30,1	29,6	100,0	100,0	100,0	100,0
Педагогика	1,7	2,3	2,2	2,2	4,4	6,9	7,3	7,4
Искусство и дизайн	1,4	1,4	1,4	1,4	3,6	4,2	4,7	4,7
Гуманитарные науки	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
Коммуникации. Право. Экономика.	10,4	7,1	6	5,8	26,7	21,3	19,9	19,6
Техника и технологии	11,5	10,1	9,4	9,4	29,5	30,2	31,2	31,8
Архитектура и строительство	3,4	2,3	1,8	1,7	8,7	6,9	6,0	5,7
Сельское и лесное хозяйство. Садово-парковое строительство	5,1	4	3,2	3	13,1	12,0	10,6	10,1
Здравоохранение	3,5	4,2	4,4	4,3	9,0	12,6	14,6	14,5
Физкультура. Туризм и гостеприимство	0,6	0,6	0,5	0,6	1,5	1,8	1,7	2,0
Общепит. Бытовое обслуживание	1,2	1,2	1,1	1	3,1	3,6	3,7	3,4
Диплом о высшем образовании, тыс. чел.								
Выпущено всего, из них:	78	54,6	57,1	50,3	100	100	100	100
Естественные науки	2,2	2	2,2	2,4	2,8	3,7	3,9	4,8
Экологические науки	0,6	0,5	0,4	0,5	0,8	0,9	0,7	1,0
Техника и технологии	13,5	10,3	13,5	11,3	17,3	18,9	23,6	22,5
Архитектура и строительство	3,3	2,6	2,3	2	4,2	4,8	4,0	4,0
Сельское и лесное хозяйство. Садово-парковое строительство	5,2	4,5	5,4	3,9	6,7	8,2	9,5	7,8
Диплом магистра, чел.								
Выпущено всего, из них:	4 516	7 089	5 851	6 982	100	100	100	100
Естественные науки	342	566	324	321	7,6	8,0	5,5	4,6
Экологические науки	47	99	104	104	1,0	1,4	1,8	1,5
Техника и технологии	853	1 167	675	714	18,9	16,5	11,5	10,2
Архитектура и строительство	169	157	115	165	3,7	2,2	2,0	2,4
Сельское и лесное хозяйство. Садово-парковое строительство	122	103	87	110	2,7	1,5	1,5	1,6

Около 3 тысяч специалистов для сельского и лесного хозяйства ежегодно выпускают учреждения среднего специального образования (10 % общей численности). В расчете на 10000 человек населения в целом по экономике приходится 71 человек, из них аграрного профиля тоже около 7 человек.

Все учреждения высшего образования в совокупности выпускают около 3,9 тысяч специалистов с дипломом о высшем образовании и 110 человек с дипломом магистра. В целом по экономике на 10000 человек профессионалов такого уровня приходится 138 человек [9]. Доля специалистов для

сельского и лесного хозяйства занимает 7,8 % от их общего числа по экономике в целом. Получение высшего аграрного образования в Республике Беларусь обеспечивают четыре учреждения.

По мнению многих авторов, к потенциалу кадров АПК следует присовокупить специалистов с естественнонаучным и экологическим профилем образования, частично техники и технологий. В этом случае доля выпускников способных пополнить ряды организаций агропромышленного комплекса может возрасти в 2–4 раза [1, 3–5, 10, 11].

Следует уделить внимание подготовке кадров, которые представляют собой человеческий капитал, в первую очередь, для учреждений сельскохозяйственного образования и науки. Общая численность обучающихся в аспирантуре по специальностям, относящимся к сельскохозяйственным наукам, в анализируемом периоде колебалась от 208 до 237 человек, или 4,2–5,4 % от общей численности по всем отраслям. В 2023 году выпущено 43 человека.

При этом многие из тех, кто не смог в период подготовки получить искомую научную степень имеют гораздо более высокий квалификационный уровень, нежели магистр или бакалавр. Впоследствии они продуктивно трудятся в производственных центрах, отраслевых управлениях, сельскохозяйственных организациях.

В докторантуре в 2023 году по специальностям, относящимся к сельскохозяйственным наукам, обучалось 30 человек. 2023 год стал успешным для 10 соискателей ученой степени доктора наук [12]. Это максимальный результат рассматриваемого горизонта.

Дополнительное образование взрослых осуществляет Государственное учреждение «Центр подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь».

Учреждения дополнительного образования детей и подростков, которые направлены на выявление и развитие склонностей, дарований и талантов, которые могут быть впоследствии использованы в выборе профессии, вовлекают 253 тысячи центров и дворцов. Их роль состоит и в формировании интереса к различным видам деятельности. В частности учащиеся, занимающиеся в объединениях эколого-биологической и технической направленности, являются потенциальными абитуриентами учреждений образования сельскохозяйственной направленности. С учетом четверти учащихся кружков технической специфики, их общее число колеблется от 7,2 до 8,6 тысяч человек.

Производственно-экономические показатели отрасли в совокупности характеризуют профессионализм кадров аграрной сферы, мотивированность специалистов, компетенции руководителей, эффективность методов государственной аграрной политики.

В 2023 году в сельскохозяйственном секторе трудилось 246,5 тыс. человек, что составляет 6,9 % занятых в стране [13]. За прошедший год количество работников отрасли сократилось на 4,8 тыс. человек (табл. 3). При этом темпы сокращения занятости в отрасли по-прежнему опережают таковые по экономике в целом. В общей численности работников на долю лиц старше трудоспособного возраста приходится около 30 % и младше трудоспособного возраста 16 %, тогда как в целом по экономике на долю работников обеих групп приходится только 6 %. Ситуацию можно считать очень сложной.

Таблица 3. Основные показатели сельского хозяйства

Показатель	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Темп роста (прирост) 2023 г. к 2020 г.
Численность сельского населения (на конец года), человек	2 069 325	2 023 429	1 988 212	1 957 693	94,6
В том числе в возрасте: моложе трудоспособного	338 637	331 692	322 859	312 541	92,3
трудоспособном	1 109 603	1 097 667	1 086 106	1 060 299	95,6
старше трудоспособного	621 085	594 070	579 247	584 853	94,2
Удельный вес сельского населения в общей численности населения, %	22,1	21,9	21,6	21,4	-0,7 п.п.
Число сельхозорганизаций (конец года)	1 428	1 443	1 468	1 485	104,0
Число крестьянских хозяйств (конец года)	3 001	3 181	3 344	3 364	112,1
Списочная численность работников в сельском хозяйстве за год, тыс. человек	267,4	259,4	251,3	246,5	92,2
к республиканской численности, %	7,2	7,1	7,0	6,9	95,8
Номинальная начисленная среднемесячная заработная плата работников в сельском х-ве, руб.	880,4	1 002,10	1200,40	1475,60	167,6
Реальная заработная плата работников, в сельском хозяйстве, % к предыдущему году	110,5	103,9	104	116,9	+6,4 п.п.
Рентабельность продаж в сельском хозяйстве, %	5,3	6,1	9,3	6,4	+1,1 п.п.
Индекс цен производителей сельхозпродукции, в % к предыдущему году	108,0	115,3	124,3	104,6	-3,4 п.п.

Статистический «портрет» работника сельского хозяйства можно представить следующим образом: средний возраст – 43,3 года, более 62 % из них составляют мужчины, 31,8 % специалистов отрасли имеют высшее и среднее специальное образование, 35,7 % – профессионально-техническое. Почти треть работников отрасли окончили только школу.

Результативность отрасли за период 2020–2023 гг. может охарактеризовать рентабельность продаж, которая остается невысокой, и колеблется в диапазоне 5,3–9,3 %; рост номинальной заработной платы составил 167,6 %, что в реальном измерителе лишь 116,9 % (+6,4 п.п.) к уровню 2020 года.

Данные за январь–октябрь 2024 г. свидетельствуют, что объем продукции сельского хозяйства составил 32,1 млрд руб., из них 79,7 % произведено сельскохозяйственными организациями, 20,3 % – хозяйствами населения. Среднемесячная начисленная зарплата работников сельскохозяйственного сектора в январе–сентябре 2024 г. составила 1772,9 руб., увеличившись за год на 22,1 %. Несмотря на это показатель в отрасли более чем на 20 % отстает от среднего по стране (2209,1 руб.).

Приведенный анализ подтверждает необходимость укрепления кадрового потенциала АПК.

Концептуальным ядром стратегии развития аграрного образования в Беларуси выступает всестороннее и инновационное формирование человеческого потенциала, как совокупности физических, интеллектуальных, культурно-нравственных, духовных качеств человека. Их практическая реализация будет способствовать прогрессивному развитию производительных сил в аграрном секторе [14].

В рамках Национальной стратегии устойчивого развития этап 4. Образование для устойчивого развития, где ставится задача формирования личности с системным мировоззрением, критическим, социально и экологически ориентированным мышлением и активной гражданской позицией предусматривает [5]:

- обновление образовательных стандартов нового поколения, включая вопросы обучения устойчивому потреблению, здоровому образу жизни;
- создание условий для приобретения новых знаний и навыков;
- развитие электронного образования, дистанционных интерактивных форм и методов обучения, включая выпуск электронных учебников и пособий;
- предоставление сетевых образовательных услуг, разработка и внедрение современных онлайн-моделей обучения;
- обеспечение свободного доступа к международным образовательным и интеллектуальным ресурсам;
- расширение рынка образовательных услуг, активизация академической мобильности обучающихся и педагогических кадров, их участия в международных образовательных, научно-исследовательских и культурных программах, профессиональных семинарах;
- проведение регулярного мониторинга качества образовательного процесса.

Задачу совершенствования системы аграрного образования следует рассматривать как комплексный многосторонний процесс. Неправильным было бы его представлять исключительно как проблему образования, поскольку основные риски формируются в сфере производства и тем самым определяют рейтинг отрасли на рынке труда и соответственно привлекательность получения аграрных профессий для абитуриентов.

В производственной сфере наиболее важным рычагом управления кадровым потенциалом является мотивация работников. Накопленный мировой и отечественный опыт предлагает четыре основные группы стимулов: основную и дополнительную оплату труда в повременной и сдельной формах; участие в прибыли организации; участие в акционерном капитале; социальные пакеты организации [15].

Наибольшее применение в существующей системе аграрного производства нашла первая группа стимулов. Однако следует постепенно внедрять и элементы других эффективно апробированных в мировой практике подходов стимулирования работников. Так, участие в прибыли организации должно предусматривать оценку вклада в ее формирование работников разных категорий с различной интенсивностью, результативностью труда. Участие в акционерном капитале на сегодняшний день также возможно, поскольку значительная часть сельскохозяйственных организаций имеет такую организационную форму. Социальные пакеты организации зачастую играют определяющую роль в выборе места работы. Объемное понятие «социальный пакет» можно разделить на три подвида: обязательный, мотивационный и компенсационный.

Заключение

Модернизация института аграрного образования выступает одним из приоритетных направлений инновационных преобразований в отечественном АПК в силу объективного и преобладающего воздействия человеческого капитала на этот процесс.

Изучение современной парадигмы отечественного аграрного образования свидетельствует о важности данного института в формировании активного независимого человека в рамках общественной жизни, интеллектуального субъекта, который не только использует свои знания, но непрерывно накапливает их.

Система аграрного образования показывает высокую устойчивость, которая базируется на преемственности предыдущих поколений и одновременно трансформируется под воздействием глобальных экономических процессов. Она гармонично функционирует в общей системе образования и включает сеть агроклассов, 42 колледжа, 4 учреждения высшего образования, одно учреждение дополнительного образования взрослых. Важную роль играют учреждения дополнительного образования детей и подростков, которые являются первой ступенью профориентационной работы. Тем не менее, эффективность агропромышленного производства остается недостаточно высокой, труд сельскохозяйственного работника не привлекает будущих специалистов.

Решение данной проблемы возможно только при одновременной трансформации системы аграрного образования и сферы агропромышленного производства.

Приоритетными направлениями должны выступать: обновление образовательных стандартов; развитие электронного образования; предоставление сетевых образовательных услуг, разработка и внедрение современных онлайн-моделей обучения; обеспечение свободного доступа к международным образовательным и интеллектуальным ресурсам; расширение рынка образовательных услуг; активизация участия в международных образовательных, научно-исследовательских и культурных программах, профессиональных семинарах; расширение системы стимулов работников аграрной сферы, предусматривающее участие работников в собственности и прибыли и расширение социального пакета.

Результатом этих трансформационных процессов должны стать укрепление кадрового потенциала аграрных работников и высокий рейтинг сельскохозяйственных профессий.

ЛИТЕРАТУРА

1. О государственной аграрной политике: Указ Президента Респ. Беларусь от 17 июля 2014 г. № 347 (в ред. Указов от 28 июня 2023 г. №195) [Электронный ресурс]. – URL: <https://mshp.gov.by/ru/apk-ru/view/gosudarstvennaja-agrarnaja-politika-3160/>.
2. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года: одоб. протоколом заседания Президиума Сов. Мин. Респ. Беларусь от 2 мая 2017 г. №10 [Электронный ресурс]. – URL: https://etalonline.by/document/?regnum=u01704150&q_id=. (дата обращения: 18.12.2024).
3. Кутасова, Т. Л. Образование как социальный институт / Т. Л. Кутасова, К. Королева, 2015 [Электронный ресурс] // Cyberleninka. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obrazovanie-kak-sotsialnyy-institut>. (дата обращения: 10.12.2024).
4. Ахапкина, Е. Н. К проблеме развития аграрного образования в России / Е. Н. Ахапкина, Л. А. Крохмаль // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2015. – № 2. – С. 129–136.
5. Kivela, A. From Immanuel Kant to Johann Gottlieb Fichte – Concept education and German idealism / A. Kivela, P. Siljander, A. Sutinen // Theories of bildung and growth: connections and controversies between continental educational thinking and american pragmatism. Rotterdam: Sense publishers, 2012. – P. 59–86.
6. О создании классов, в которых осуществляется изучение отдельных учебных предметов на повышенном уровне и проведение факультативных занятий, содержание которых связано с аграрной деятельностью: Пост. Совмест. заседания коллегий Минобр. Респ. Беларусь и Минсельхозпрода Респ. Беларусь от 20 декабря 2017 года № 17.9/39.
7. Об изменении Кодекса Республики Беларусь об образовании: Закон Респ. Беларусь 14 янв. 2022 г. № 154-3 / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – URL: https://pravo.by/site_closed.html. (дата обращения: 07.12.2024).
8. Учебные заведения аграрного профиля Республики Беларусь / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, 2007–2024 [Электронный ресурс]. – URL: <https://mshp.gov.by/ru/agroedu-ru/>. – Дата доступа: 18.11.2024.
9. Статистический ежегодник. 2024 / Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2024 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.belstat.gov.by/>. (дата обращения: 18.11.2024).
10. Морозова, И. М. Краткая история становления системы аграрного образования в Беларуси / Современные научные исследования: проблемы, достижения и инновации: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции, 28 фев. 2021 г. // Под общ. ред. Туголукова А. В. – М: ИП Туголуков А. В., 2021. – С. 238–242.
11. Гусаков, В. Г. Трансфер национальной экономики в связи с формированием нового мирохозяйственного и технологического уклада как условие стратегии опережающего развития / В. Г. Гусаков // Вестник Института экономики НАН Беларуси. – 2021. – Вып. 3. – С. 8–21.
12. Образование в Республике Беларусь. Статистический буклет. 2024. / Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2024 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.belstat.gov.by/>. (дата обращения: 18.11.2024).
13. Сельское хозяйство Республике Беларусь. Статистический буклет. 2024 / Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2024, С. 7–8 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.belstat.gov.by/>.
14. Тетеринец, Т. А. Стратегические направления развития аграрного образования в Беларуси / Т. А. Тетеринец // Проблемы экономики: сборник научных трудов. – 2022. – № 1. – С. 139–152.
15. Фрейдин, М. З. Совершенствование мотивации работников сельскохозяйственных организаций в контексте реформ АПК Беларуси / М. З. Фрейдин [и др.] // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2015. – № 3. – С. 60–66.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ЧЕРЕЗ НЕПРЕРЫВНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ВЗРОСЛЫХ

А. С. ЧЕЧЕТКИН, С. Г. РУБЕЦ

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

(Поступила в редакцию 28.08.2025)

В статье рассматривается сложившаяся система переподготовки и повышения квалификации кадров АПК в Институте. Отмечено, что в течение последних лет коллектив Института постоянно выполняет доведенные Министерством сельского хозяйства планы, здесь проводится достаточно активная работа по решению проблем подготовки кадров, обладающих навыками эффективного ведения сельского хозяйства, владеющих знаниями бизнеса и предпринимательства.

Показана необходимость и пути совершенствования переподготовки кадров в новых условиях.

Ключевые слова: *руководители, специалисты, кадры, образование, динамика, повышение квалификации, эффективность производства.*

The article examines the existing system of retraining and advanced training of personnel in the agro-industrial complex at the Institute. It is noted that over the past few years, the Institute's staff has been constantly implementing the plans communicated by the Ministry of Agriculture; quite active work is being carried out here to solve the problems of training personnel with the skills of effective agricultural management, knowledge of business and entrepreneurship.

The need for and ways to improve retraining of personnel in the new conditions are shown.

Key words: *managers, specialists, personnel, education, dynamics, advanced training, production efficiency.*

Введение

Опыт развитых стран показывает, что успешное развитие экономики, в том числе цифровой, обеспечивается в первую очередь на основе опережающей подготовки кадрового потенциала. Создание системы непрерывного образования, смысл которой «образование через всю жизнь», стал ответом на вызовы времени.

Агропромышленный комплекс, как основной адресат развития аграрного образования, обладает мощнейшей экономической основой и потенциалом для развития. Вопросы кадрового обеспечения АПК имеют огромную социально-экономическую значимость и являются важнейшими приоритетами государственной политики не только в настоящее время, но и в будущем.

Современный агропромышленный комплекс Республики Беларусь, основанный на передовых технологиях, становится все более наукоемкой отраслью, требующей формирования соответствующего уровня профессиональных, компетентных специалистов, что в свою очередь ставит новые задачи перед учреждениями образования, осуществляющими не только их подготовку, но и повышение квалификации и переподготовку.

Одним из важнейших факторов инновационного развития аграрного сектора в условиях ограниченности качества трудовых ресурсов, является обеспечение непрерывности и системности дополнительного профессионального образования. Постоянное углубление и обновление знаний, совершенствование профессиональных навыков и компетенции являются важнейшими направлениями формирования кадров АПК.

Специалисты, работающие в отрасли, должны владеть новейшими научными достижениями, передовым отечественным и зарубежным опытом в организации, технологии и управлении агробизнесом, уметь отслеживать эти достижения и непрерывно обучаться, осваивая и внедряя опыт эффективного хозяйствования. Нынешняя ситуация требует от руководителя и специалиста принятия самостоятельного решения и самому контролировать конечный результат. Возрастающие требования к уровню квалификации работников АПК обуславливают необходимость обучения, повышения квалификации и переподготовки.

Основная часть

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия на протяжении всего периода своего существования является ведущим высшим учебным заведением по переподготовке и повышению квалификации кадров для агропромышленного комплекса страны. Еще в межвоенный период здесь были организованы шестимесячные курсы по подготовке заведующих райзо, директоров совхозов, МТС, льноводов и заочный сектор повышения квалификации зоотехников.

В послевоенные годы работала одногодичная школа подготовки руководящих кадров для колхозов

и совхозов с ежегодным набором 75 человек, а также шестимесячные курсы повышения квалификации председателей колхозов и директоров совхозов, трехмесячные курсы повышения квалификации специалистов сельского хозяйства. Ежегодно на курсах обучалось более 700 человек.

В 1966 г. на базе существующих курсов при БСХА образован факультет повышения квалификации руководящих кадров и специалистов в соответствии с Постановлением СМ СССР от 15.01.1966 г. № 38 и СМ БССР от 19.04.1966 г. №162. С 1967 г. на факультете также велось повышение квалификации преподавателей сельскохозяйственных техникумов. За 1967–1990 гг. повысили квалификацию 1723 преподавателя со всех союзных республик бывшего СССР.

Основной задачей факультета являлось повышение квалификации руководителей и специалистов, однако в 1971–1975 гг. здесь переподготовлено более 2 тыс. механизаторов, 300 комбайнеров, 500 техников по искусственному осеменению животных. С 1989 г. на факультете впервые в республике была организована подготовка руководителей арендных подразделений в растениеводстве, животноводстве и других производственных и обслуживающих коллективов.

В 1994 г. на ФПК возобновлена работа по подготовке руководителей хозяйств.

В 1995 г. факультет преобразован в факультет повышения квалификации и переподготовки кадров (приказ Министерства образования Республики Беларусь № 13-10/27 от 12.06.1995 г.).

Факультет в разные годы возглавляли:

1966–1977 гг. – Н. Г. Азовцев, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

1977–1983 гг. – Н. Н. Добролюбов, кандидат технических наук, доцент, заслуженный работник высшей школы БССР;

1983–1999 гг. – В. А. Попков, кандидат экономических наук, доцент, заслуженный работник сельского хозяйства БССР;

1999–2009 гг. – Э. А. Петрович, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный работник сельского хозяйства БССР;

2009 г. – А. С. Четкин, кандидат экономических наук, доцент.

С 1 января 2015 г. факультет преобразован в Институт повышения квалификации и переподготовки кадров (приказ УО БГСХА № 192-ОД от 24.12.2014 г.).

На сегодняшний день институт повышения квалификации и переподготовки кадров является организационно-административным структурным подразделением УО БГСХА, осуществляющим реализацию образовательных программ повышения квалификации и переподготовки специалистов, руководящих кадров сельскохозяйственных организаций АПК, преподавателей вузов и колледжей.

Институт повышения квалификации и переподготовки кадров осуществляет реализацию образовательных программ переподготовки по 4 специальностям:

1. 9-09-0811-02 Управление организациями и подразделениями агропромышленного комплекса с присвоением квалификации: Менеджер.

2. 9-09-1021-05 Охрана труда в сельском хозяйстве с присвоением квалификации: Специалист по охране труда.

По данным специальностям обучаются специалисты с высшим образованием, работающие в организациях, относящихся к Министерству сельского хозяйства и продовольствия за счет средств республиканского (местного) бюджета. Специалисты, работающие в других отраслях, проходят переподготовку на платной основе.

3. 9-08-0811-01 Кадровая работа на предприятиях агропромышленного комплекса с присвоением квалификации: Инспектор по кадрам.

По данной специальности обучаются специалисты со средним специальным образованием, работающие в организациях, относящихся к Министерству сельского хозяйства и продовольствия за счет средств республиканского (местного) бюджета. Специалисты, работающие в других отраслях, проходят переподготовку на платной основе.

4. С 2006 г. в соответствии с новым общегосударственным классификатором Республики Беларусь «Специальности и квалификации дополнительного профессионального образования» (Изменение №4 ОКРБ 011-2001) слушатели проходят переподготовку по специальностям 9-09-0114-13 «Педагогическая деятельность специалистов» с присвоением квалификации «Преподаватель».

По данной специальности обучаются преподаватели аграрных колледжей и вузов Республики Беларусь.

За последние пять лет прошли переподготовку и получили новую квалификацию более 1000 слушателей из числа руководителей и специалистов организаций агропромышленного комплекса.

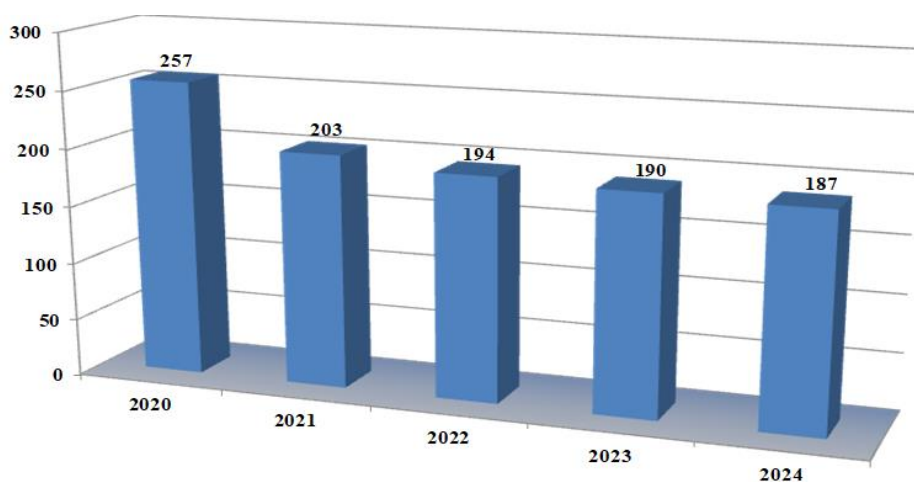


Рис. 1. Переподготовка руководителей и специалистов организаций агропромышленного комплекса

Результаты переподготовки за последние пять лет в разрезе специальностей приведены на рис. 2.



Рис. 2. Переподготовка руководителей и специалистов организаций агропромышленного комплекса в разрезе специальностей

Министерство сельского хозяйства и продовольствия нашей страны рассматривает повышение квалификации как комплексный процесс подготовки работников, обеспечивающий их профессиональный рост и качественное совершенствование в изменяющихся условиях их деятельности. Для решения этой задачи ежегодно доводится план-график повышения квалификации и переподготовки кадров. Кроме того, по заявкам управлений и комитетов по сельскому хозяйству областных и районных исполнительных комитетов осуществляется целевая краткосрочная учеба руководителей и специалистов с выездом преподавателей академии в сельскохозяйственные организации Республики Беларусь. За 2020–2024 гг. по данной форме обучили 3286 человек. Образовательный процесс направлен на формирование у слушателей профессионализма высокого уровня, необходимого в практической и технологической работе по использованию современных методов управления. Повышение квалификации охватывает широкий спектр вопросов сельскохозяйственного производства: организация производства в АПК, эффективный менеджмент по производству конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции, организационные и технологические особенности производства молока сорта «Экстра», влияние гинекологических заболеваний на уровень воспроизводства стада, ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур, интегрированные системы защиты с.-х. культур, новые перспективные сорта сельскохозяйственных культур, применение удобрений при современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур, формирование цен на реализуемую продукцию, учет финансовых результатов и распределение прибыли, оплата труда и ее совершенствование и др.

В период с 2020 по 2024 год в институте повышения квалификации и переподготовки кадров освоили образовательные программы повышения квалификации по упомянутым выше направлениям 3554 слушателя.

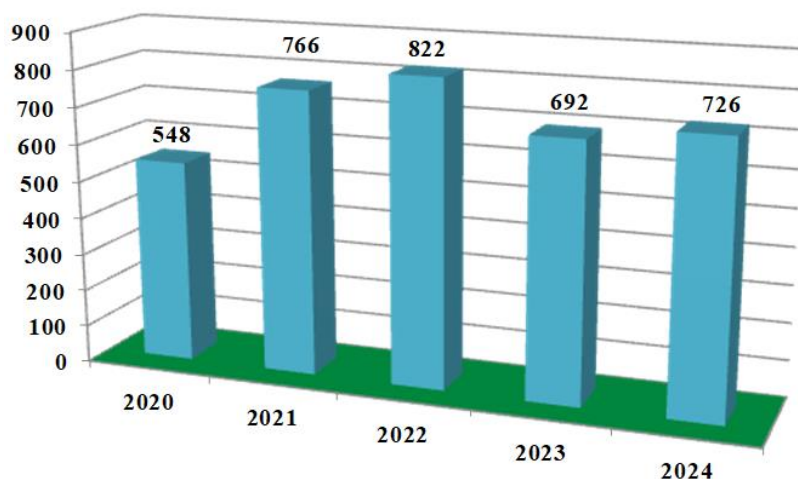


Рис. 3. Повышение квалификации руководителей и специалистов организаций агропромышленного комплекса

Источниками знаний для обучающегося специалиста являются преподаватели, посещаемые сельскохозяйственные и перерабатывающие предприятия и опыт коллег. В Институте сформирован высококвалифицированный научно-педагогический коллектив, доля штатных сотрудников, имеющих ученые степени и звания, составляет 80 %. Образовательный процесс обеспечивают почти 170 преподавателей (профессора, доктора наук, доценты, кандидаты наук, старшие преподаватели и преподаватели). Для обучения слушателей ИПК и ПК приглашаются ведущие специалисты, руководители предприятий и организаций АПК (заместитель министра сельского хозяйства и продовольствия, начальник главного управления интенсификации животноводства Министерства сельского хозяйства и продовольствия, директор РУП «Институт мелиорации», заведующий отделом технологии производства молока и говядины РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству, заведующий отделом многолетних трав РУП «НПЦ по земледелию НАН и др.).

Тематика лекций и формы проведения занятий (семинары, тренинги, конференции) позволяют приблизить научные исследования и передовой опыт к слушателям, способствуют пропаганде и внедрению лучших наработок в производство.

Например, в 2024–2025 гг. были проведены семинары для ветеринарных врачей свиноводческих ферм и комплексов, зооинженеров, начальников свиноводческих комплексов, главных ветврачей, специалистов ветнадзора по свиноводству: «Из практики для практиков», «Свиноводство сегодня. Лучшие практики».

Для качественного проведения занятий в ИПК и ПК имеется хорошая материально-техническая база: аудиторный фонд, оснащенный современным оборудованием, (позволяет одновременно проводить занятия с более чем 500 слушателями. В состав Института входят бизнес-лаборатория, лаборатория товароведения и организации коммерческой деятельности, а также филиал Республиканского Центра трансфера технологий (РЦТТ), основной задачей которого является проведение исследования рынка потребителей инновационных разработок и внедрение уже апробированных технологий в БГСХА и организациях АПК Республики Беларусь, в компьютерном классе и бизнес-лаборатории проводится тестирование знаний слушателей, в учебно-методическом кабинете находится современная литература, издаваемая в Республике Беларусь, Российской Федерации.

Важным элементом дополнительного образования является проведение выездных занятий. В Институте активно применяются два варианта проведения таких занятий: выезд слушателей на производственную базу учебно-опытного хозяйства академии и организация учебы с выездом в другие базовые хозяйства республики.

Практика показала, что эффективность выездных тематических занятий во многом определяется их организацией. Тематика занятий составляется для изучения передового опыта, одного или нескольких важнейших технологических, организационных процессов, влияющих на эффективность работы.

Выезд слушателей на производственную базу учебно-опытного хозяйства обеспечивает обучение инновационным технологиям, как студентов, так и слушателей института повышения квалификации на базе школы-фермы, построенной в 2012 году. Здесь проводится обучение и повышение квалификации специалистов, руководителей сельскохозяйственных организаций, областных и районных управлений по сельскому хозяйству и продовольствию, непосредственно связанных с молочно-товарным

производством.

При выезде в базовые хозяйства перед началом занятий слушатели подробно знакомятся с состоянием изучаемой проблемы, получают теоретическое обоснование данного вопроса, общие сведения о предприятии и особенностях его опыта. В последующем это позволяет сконцентрировать их внимание на деталях и особенностях проблемы.

Для проведения занятий в ИПК и ПК УО БГСХА используется материально-техническая база 15 учебно-научно-производственных центров, в состав которых в соответствии с заключенными договорами входят РУП «Учебно-опытное хозяйство Белорусской государственной сельскохозяйственной академии» ОАО «Александрийское» Шкловского района, КСУП «Совхоз-комбинат «Заря»» Могилевского района, ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский»», ОАО «Агрокомбината «Юбилейный», СПК «Агрокомбинат «Снов»», МРУП «Агрокомбинат «Ждановичи»» Минской области, а также НПЦ НАН Беларуси по земледелию, Институт защиты растений, Институт плодоводства, Институт овощеводства, Институт почвоведения и агрохимии, Институт льна, НПЦ НАН Беларуси по животноводству, Институт рыбного хозяйства, Проектный институт Белгипрозем.

Основным структурным подразделением Института является кафедра агробизнеса, которая осуществляет учебную, учебно-методическую, научно-исследовательскую и воспитательную работу. Сотрудники кафедры ведут занятия по дисциплинам экономического профиля, разрабатывают учебно-тематические планы, издают учебники, учебные и методические пособия.

С учетом возросших требований к обучающимся специалистам повышаются требования и к преподавателю, ведущему занятия в институте. Условия деятельности при профессиональной переподготовке или повышении квалификации взрослых требуют тщательной подготовки к каждому занятию, повседневной работы со специальной литературой, проведения анализа информационного материала, предварительного изучения обучающегося персонала, подготовки соответствующих методических материалов и наглядных пособий и т. д.

С учетом новых требований преподаватель должен постоянно контактировать с обучающимися по содержанию; оперативно корректировать содержание курса; одновременно учить и учиться у слушателей; иметь практический опыт в данной области знаний. Целенаправленная учеба взрослого требует преподнесения ему в основном конкретных практических заданий с анализом их применительно по своему предприятию или сфере деятельности. Для проведения таких занятий необходимо обеспечить слушателей информационно-методическими материалами для образовательного процесса, создать специализированные базы данных.

Неотъемлемой частью деятельности института является международное сотрудничество.

По образовательной программе стажировки проходили обучение докторанты Южно-Сахалинского университета им. М. Ауэзова (Республика Казахстан).

Проводились стажировки профессорско-преподавательского состава РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева (Российская Федерация) по программам: «Органическое производство как вектор трансформации сельского хозяйства в условиях устойчивого развития», «Кадры для цифровой экономики», «Эффективный HR: Стратегии создания и развития кадрового подразделения».

Проводилось обучение специалистов ФГБОУ УО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I» по образовательной программе «Практическое изучение применения метода молекулярно-биохимических маркеров семян для целей контроля качества и паспортизации».

На базе ИПК и ПК проведены следующие международные научные конференции, круглые столы, тренд-сессии:

«Подходы к совершенствованию экологического менеджмента и нефинансовой отчетности в условиях низкоуглеродного развития экономики». Международный круглый стол г. Горки, 19.09.2023.

«История для будущего. Россия и Беларусь» Международный форум г. Минск, 12.10.2023.

«Современные тенденции и перспективы развития АПК в условиях новых геоэкономических вызовов». Международная научно-практическая конференция, г. Орел, 23-24.11.2023, онлайн.

«Аграрное производство – симбиоз науки, власти, производителя». Международный научно-практический семинар, г. Горки, 23.11.2023.

«Цифровые инструменты в инвестировании драгоценных металлов». DATALIB лекторий г. Москва, 30.01.2024, онлайн.

«Международная онлайн зимняя школа AUEZOV UNIVERSITY-2024». Международная зимняя школа Республика Казахстан, г. Шикмент, 15-26.01.2024, онлайн.

«Цифровая трансформация АПК: теория и практика». Международный нетворкинг, г. Москва, РГАУ-МСХ им. К. А. Тимирязева, 09.02.2024, онлайн.

«Фестиваль науки НАУКА+ «Академия знаний». Международное профориентационное мероприятие г. Москва, РГАУ-МСХ им. К. А. Тимирязева, УО БГСХА, онлайн, 08.02.2024.

«Организационно-экономические и правовые основы развития агробизнеса» Международная научно-практическая конференция, г. Горки, 29.04.2024.

«Аграрное предпринимательство: история, тренды, горизонты развития». 2-я Международная научно-практическая конференция г. Москва, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, Институт экономики и управления АПК, образовательный центр «Форсайт-образование», 9-10.04.2024.

III Международная тренд-сессия «Цифровые коммуникации в экономике». Международная научно-практическая конференция, г. Москва, 10.10.2024.

IV выездная тренд-сессия «Новая экономическая политика 2.0». Международный научно-практический семинар г. Горки, 13.12-15.12.2024.

«Наука и инновационные технологии в решении проблем продовольственной безопасности». Международная научно-практическая конференция г. Москва, РГАУ-МСХ им. К. А. Тимирязева – УО БГСХА, 20.02-22.02.2025, онлайн.

«Наука и социально-экономическое развитие Крыма». Международный молодежный научный форум Москва, Симферополь, Горки, Пермь, 19.03.2025, онлайн.

«Организационно-экономические и правовые основы развития агробизнеса» Международная научно-практическая конференция г. Горки, 14.05.2025.

V тренд-сессия «Международный научно-просветительский взаимобмен в рамках сотрудничества России и Беларуси «Память Земли» в честь 80-летия победы Советского народа в ВОВ и в годовщину 185-летия БГСХА и 160-летия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева». Международная научно-практическая конференция г. Горки, УО БГСХА 30.05-01.06.2025.

«Аграрное предпринимательство: история, тренды, горизонты развития». III международная научно-практическая конференция г. Москва, 10-11.04.2025, онлайн.

Полученные в Институте знания и навыки помогают специалистам, работающим в отрасли, овладеть новейшими научными достижениями, передовым отечественным и зарубежным опытом в организации, технологиях и управлении сельскохозяйственным производством, уметь отслеживать эти достижения и непрерывно обучаться, осваивая и внедряя опыт эффективного хозяйствования, быть готовыми к работе с современными цифровыми технологиями.

Заключение

Таким образом, опыт подготовки руководителей и специалистов в Институте свидетельствует о том, что система отработана и имеет возможности совершенствования и развития. Как показала многолетняя практика, из числа выпускников нашего Института формируется высокопрофессиональный состав руководителей и специалистов организаций АПК различных форм собственности нашей страны. Мы видим пути развития и совершенствования. Для этого коллектив преподавателей кафедры с учетом поставленных новых задач должен соответствовать новым требованиям и обеспечить необходимый уровень преподавания дисциплин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Научно-инновационный потенциал развития агропродовольственных кластеров в Республике Беларусь : материалы круглого стола (Минск, 20 февраля 2025 г.). – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2025. – 102 с.
2. Проблемы обеспечения устойчивого развития аграрного производства: вопросы теории и методологии / В. Г. Гусаков [и др.]; под ред. В. Г. Гусакова. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2025. – 165 с.
3. Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P32100292>. – Дата доступа 27.08.2025.

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

УЧЕНОМУ ОВОЩЕВОДУ ВЛАДИМИРУ ИЛЬИЧУ ЗУЕВУ – 95 ЛЕТ

Н. Н. ОБЛОМУРАДОВ, С. И. ДУСМУРАТОВА, М. М. АДИЛОВ, С. А. ЮНУСОВ

*Ташкентский государственный аграрный университет,
пос. Салар, Кибрайский р-н, Ташкентская область, Республика Узбекистан, 111218*

(Поступила в редакцию 28.05.2025)



27 июля 2025 года исполнилось 95 лет со дня рождения и 75 лет трудовой деятельности почётному профессору Ташкентского Государственного аграрного университета, доктору сельскохозяйственных наук, академику Международной академии аграрного образования, заслуженному деятелю науки Республики Узбекистан Зуеву Владимиру Ильичу.

Уроженец Оренбургской области Владимир Зуев в пятилетнем возрасте вместе с родителями переселился в Узбекистан, который стал для него второй родиной. Трудовую деятельность В. И. Зуев начал с 13 лет. Во время второй мировой войны 1941–1945 гг. он работал рабочим в совхозе «Ударник» Джизакской области, за что удостоен статуса «Участник трудового фронта».

С юности Владимиром Зуевым владели любовь к природе, желание познать её тайны. Его юность и детство прошли в знойных степях Джизакской области, и Владимир Зуев был одержим идеей сделать жизнь людей, живущих здесь более изобильной и радостной. Это поистине благое желание сыграло решающую роль в выборе им будущей профессии.

В 1946 году он поступает в Самаркандский плодоовощной техникум им. И. В. Мичурина и с отличием оканчивает его в 1949 году, в течение года работает агротехником Ташкентского Госплодопитомника. В 1950 г. он поступает на плодоовощной факультет Ташкентского сельскохозяйственного

института, а после окончания института (1955 г.) в течение полутора лет работает старшим лаборантом Среднеазиатской опытной станции Всесоюзного института растениеводства (ВИР).

С января 1957 г. по январь 2018 года В. И. Зуев трудился в Ташкентском сельскохозяйственном институте (ныне Ташкентский ГАУ). До 1960 г. он был аспирантом кафедры овощеводства, затем ассистентом и доцентом этой же кафедры. Большую роль в становлении В. И. Зуева как ученого, сыграл наставник – профессор Николай Николаевич Балашёв.

В 1969–1976 гг. В. И. Зуев работал проректором по научной работе Ташкентского СХИ; в 1976–1980 гг. – профессор и заведующий кафедрой овощеводства; в 1980–1986 гг. – проректор по учебной работе, в 1977–1992 гг. – заведующий кафедрой овощеводства, с декабря 1992 г. – по 1 января 2018 года работал профессором-консультантом Ташкентского ГАУ.

В. И. Зуев – всемирно известный ученый в области овощеводства и картофелеводства, научные труды его знают не только в Узбекистане, но и в ближнем и дальнем зарубежье.

Владимир Ильич Зуев – талантливый исследователь с широким кругом научных интересов и энциклопедическими знаниями. Ему принадлежит приоритет в изучении реакции овощных культур и картофеля на почвенное засоление, установлении норм солеустойчивости, разработке приемов повышения солеустойчивости и основных элементов технологии возделывания овощных культур на засоленных почвах.

По материалам научных исследований и изысканий В. И. Зуев защитил кандидатскую (1961 г.) и докторскую (1971 г.) диссертации. Им опубликована фундаментальная монография «Особенности возделывания овощных культур на засоленных почвах» (1977), которая вызвала большой интерес у ученых многих стран, и сейчас является настольной книгой многих учёных в области сельскохозяйственной науки.

Вместе со своими учениками, преподавателями и сотрудниками В. И. Зуевым проведены научные исследования по разработке интенсивных технологий возделывания картофеля, томатов, огурца, применению регуляторов роста и гербицидов в овощеводстве, выявлению гетерозисных гибридов арбуза и дыни, подбору сортов и получению ранних урожаев под временными пленочными укрытиями картофеля, арбуза, дыни, цветной капусты, разработке технологий возделывания в повторной культуре огурца, томата, столовой свеклы, цветной капусты, селекции и семеноводству овощных культур и ряду других важнейших фундаментальных, прикладных и инновационных исследований в овощеводстве.

Особое внимание В. И. Зуев уделяет в своих исследованиях интродукции новых нетрадиционных овощных культур и пропаганде выращивания и потребления экологически безопасных овощей. При его участии выведен сорт дайкона Куз хадяси (Дар осени), разработаны элементы технологии его возделывания как новой овощной культуры, впервые в Узбекистане издана монография по дайкону.

Свой значительный вклад В. И. Зуев внёс в создание новых сортов овощебахчевых культур. Он является одним из основных авторов 14 районированных сортов: арбуза – 2, дыни – 1, тепличного огурца – 3, огурца для открытого грунта – 6, дайкона – 1 и овощной сои – 1, обладателем 1 авторского свидетельства на изобретение и 1 патента.

В. И. Зуев является автором более 438 опубликованных работ, среди них более 39 учебников и учебных пособий, 26 учебно-методических материалов, более 29 монографий и брошюр, более 46 рекомендаций производству. 298 из его трудов составляют научные статьи, из них: 88 журнальных статей, 117 статей в научных сборниках, 93 – опубликованы в материалах конференций и совещаний.

Ответственное отношение к исполнению своих обязанностей и деловые качества Владимира Ильича Зуева высоко ценились в Главном управлении вузов МСХ СССР, которому в то время подчинялся Ташкентский ГАУ.

Свидетельством этого является назначение В. И. Зуева Председателем Государственной экзаменационной комиссии в Туркменский и Азербайджанский сельскохозяйственные институты; Московскую сельскохозяйственную академию им. Тимирязева; а также направление его для чтения лекций по учебной дисциплине «Овощеводство» в Туркменский СХИ.

В январе-марте 1988 года В. И. Зуев был командирован в Лаос, где участвовал в работе группы подготовки создания сельскохозяйственного института.

Все свои знания, опыт и энергию В. И. Зуев отдаёт воспитанию высококвалифицированных научно-педагогических кадров. Под его руководством защитили 7 докторов и 50 кандидатов наук, в том числе

б – из стран дальнего зарубежья. Всегда поражает его упорство в работе, его честность и справедливость в воспитании и поддержке своих учеников.

Владимир Ильич много сил и времени посвящает созданию учебной и учебно-методической литературы. Им создана хорошая база учебно-методического обеспечения учебных дисциплин «Овощеводство», «Бахчеводство», «Овощеводство защищенного грунта», «Селекция и семеноводство овощных культур» и др. Профессором В. И. Зуевым изданы более 39 учебников и учебных пособий и около 30 методических указаний, брошюр учебно-методического характера. Среди них впервые изданные в СССР учебники «Овощеводство защищенного грунта» в 1982 г. (25,6 п.л.), «Практикум по бахчеводству» в 1985 г. (6,5 п.л.). Первый из них занял второе место во Всесоюзном конкурсе учебников для сельскохозяйственных вузов и удостоен серебряной медали ВДНХ, второй – издан всесоюзным издательством «Колос» и рекомендован для использования всеми сельскохозяйственными вузами.

За последние годы В.И. Зуев создал ряд учебников и учебных пособий нового поколения, 4 из них завоевали призовые места в республиканском конкурсе «Лучший учебник года», и награждены Дипломами Минвуза Республики Узбекистан. В. И. Зуев создал ряд учебников и учебных пособий на государственном языке, среди них учебники и учебные пособия, получившие призовые места на республиканских конкурсах «Лучший учебник года» и поощрительных премий.

Богатый опыт и знания, накопленные в результате многолетней научно-педагогической работы, В. И. Зуев старается передать своим ученикам и последователям, прививает им навыки научных исследований и педагогического мастерства. Благодарные ученики любят и ценят своего учителя и наставника, стараются следовать его примеру.

Годы, отданные любимому делу – повышению эффективности сельскохозяйственного производства, его отраслей овощеводства и картофелеводства, воспитанию кадров для сельского хозяйства страны и сельскохозяйственной науки, не прошли даром. Его ученики, последователи, соратники, многочисленные специалисты благодарят своего учителя, отзывчивого наставника за его нелегкий труд, определивший их судьбу в научной, педагогической и производственной деятельности. Они высоко ценят его вклад в развитие сельскохозяйственной науки и подготовку кадров.

Владимир Ильич оказал большую помощь аграрному университету, являющемуся учебно-методическим центром для сельскохозяйственных вузов республики, в реформировании высшего сельскохозяйственного образования. При его непосредственном участии в университете разработаны образовательные стандарты и типовые учебные планы для бакалавров и магистров.

Владимир Ильич Зуев с 1 января 2018 года из Ташкентского ГАУ ушёл на заслуженный отдых (пенсию). В настоящее время Владимир Ильич является почётным профессором Ташкентского государственного аграрного университета.

Находясь на отдыхе, продолжает свою научную и творческую деятельность. В 2020 году им подготовлен 1 доктор сельскохозяйственных наук.

За этот период, начиная с 2018 года, им в соавторстве опубликовано 3 учебника и 3 учебных пособия на государственном языке, 4 научных статьи. Под его общей редакцией в этот период опубликовано 5 изданий, из них 2 учебника, 2 монографии и 1 учебное пособие.

За многолетний добросовестный труд ученого и педагога, активного общественного деятеля, за заслуги в развитии науки и вклад в подготовку кадров В. И. Зуев награжден орденом «Знак Почета», тремя медалями от имени Верховного Совета СССР: «За доблестный труд», «Ветеран труда», «За трудовую доблесть». Он награжден почетными знаками «Победитель социалистического соревнования», «За отличные успехи в работе в области высшего образования», серебряной и бронзовой медалями ВДНХ. Ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Узбекистана». В 1995г. В. И. Зуев избран действительным членом (академиком) Международной академии аграрного образования. В. И. Зуев награжден Почетными Грамотами Министерства сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан, Ташкентского областного хокимията, нагрудным знаком «20-летие Независимости Республики Узбекистан», юбилейными медалями в связи с победой во второй мировой войне 1941–1945 гг. (2015 г.; 2020 г.; 2025 г.), а также многочисленными грамотами областных и районных организаций, ректората университета.

Самой большой наградой для юбиляра является признание его заслуг и проявление уважения со стороны коллег, студентов, специалистов, учёных, производственников, работающих во многих

уголках нашей страны, научной общественности республики и стран СНГ, коллектива аграрного университета и учеников.

Профессор В. И. Зуев – благородный и скромный человек, человек удивительной душевной чистоты, любящий жизнь и людей, идущий навстречу их заботам и тревогам.

Инициативность и работоспособность, дисциплинированность и ответственность, требовательность к себе и другим, его удивительная коммуникабельность, чуткость и доброжелательность, простота в общении, умение одобрить, подбодрить и подсказать, поддержать и помочь людям, снискали ему признание и глубокое уважение среди профессорско-преподавательского состава Ташкентского ГАУ, научной общественности, учеников, коллег и друзей. По природе в нем генетически от предков заложен сильный потенциал жизнелюбия, который на протяжении всей жизни позволяет ему занимать активную жизненную позицию.

Сердечно поздравляем выдающегося учёного в области аграрной науки Владимира Ильича Зуева с замечательным юбилеем. Желаем Владимиру Ильичу крепкого здоровья на долгие годы, благополучия, сил, энергии и дальнейших творческих успехов в его благородном труде.

ОСТАВИЛ ДОБРЫЙ СЛЕД НА ЗЕМЛЕ

В. В. ВЕЛИКАНОВ, А. В. КОЛМЫКОВ, И. В. ШАФРАНСКАЯ, С. А. КАГАН

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

(Поступила в редакцию 08.09.2025)

В текущем году 10 августа исполнилось бы 80 лет декану экономического факультета, доктору экономических наук, профессору Кагану Анатолию Моисеевичу. Он слишком рано ушел из жизни, полной планов и надежд.

Анатолий Моисеевич Каган родился 10 августа 1945 г. в селе Еткуль Челябинской области. В том же победном 1945 семья переехала в Горки, куда отца направили работать редактором Горецкой районной газеты «Ленінскі шлях».

В 1963 г. он поступил в Белорусскую сельскохозяйственную академию на экономический факультет, который окончил в 1968 г. Студентом он был не рядовым: учился хорошо, с первых студенческих лет занимался в студенческом научном обществе, активно участвовал в общественной жизни факультета и вуза.

В студенческие годы был избран в Комитет комсомола академии, где отвечал за культурно-массовую работу, в то же время он лично выступал на академической сцене, участвовал в театральном кружке, играл в духовом оркестре.

После окончания академии работал руководителем научно-исследовательского сектора БСХА, а затем с 1970 г. по 1974 г. – главным экономистом колхоза имени Жданова Горецкого района.

В 1974 г. А. М. Каган поступил в очную аспирантуру при кафедре организации производства в сельскохозяйственных предприятиях. В 1976 г. избран на должность ассистента данной кафедры и переведен в заочную аспирантуру. В 1979 г. успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата экономических наук. С 1981 г. работал в академии старшим преподавателем, доцентом. В 1987 г. ему присвоено ученое звание доцента. В 2006 г. защитил докторскую диссертацию на тему «Формирование рыночного механизма хозяйствования в агропромышленном комплексе Беларуси». С ноября 2006 г. по март 2007 г. работал профессором кафедры агробизнеса.

С марта 2007 г. по 2013 г. работал деканом экономического факультета Белорусской государственной орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственной академии. Подлинный талант педагога и организатора у него раскрылся во время работы деканом его родного экономического факультета. Трудно переоценить и инициативу, и организаторские способности А. М. Кагана, которые особенно проявились в поиске спонсоров и реконструкции помещений экономического факультета в учебном корпусе № 1. Ему, как руководителю, удалось создать на факультете доброжелательную и творческую атмосферу, в которой сотрудникам комфортно было работать, а студентам – учиться и профессионально развиваться. При его непосредственном участии на факультете активно разрабатывались и внедрялись в образовательный процесс научные исследования, новые информационные, мультимедийные и программно-технические технологии.

Сотрудники деканата, которые работали под его руководством, вспоминают, что он был хорошим товарищем и коллегой, откликался на любую просьбу. Но при этом он требовал от сотрудников четкости и дисциплины, и ответственности за порученное дело. При этом сам он был честным и принципиальным человеком в большом и малом.

Анатолий Моисеевич, по мнению тех, кто учился у него, был не только научным руководителем, но и настоящим Учителем. У него были обширные связи с учеными и производственниками Республики Беларусь: он много и охотно общался с ними и люди к нему тянулись.

А. М. Каган принимал активное участие в образовательной, научной и общественной деятельности академии. Он являлся членом совета академии, научно-методического совета и ректората, а также председателем совета экономического факультета, членом методической комиссии факультета. А. М. Каган был председателем совета по защите диссертаций К 05.30.01. Кроме того, он являлся членом редакционных коллегий журналов «Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии», «Аграрная экономика» и главным редактором научного издания «Проблемы экономики».

И особенно важно отметить, что он был предан науке – аграрной экономике и в самые трудные для экономической науки времена постперестроечного периода делал все, чтобы сохранить ее целостность. А. М. Каган – автор более 200 научных и научно-методических работ, в т. ч. 7 монографий. В 2008 г. ему была установлена персональная надбавка, за выдающийся вклад в социально-экономическое развитие республики, в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь.

Под руководством А. М. Кагана защищены 9 кандидатских диссертаций, в т. ч. 3 работы после его смерти. В 1998 г. он получил Диплом 1-й степени Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь за победу в Республиканском конкурсе профессионального мастерства преподавателей высших и средних сельскохозяйственных учебных заведений.

А. М. Каган неоднократно награждался Почетными грамотами Министерства экономики Республики Беларусь, Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Могилевского и Витебского облисполкомов, Горецкого райисполкома, а также грамотами академии. А. М. Каган награжден знаком Министерства образования Республики Беларусь «Выдатнік адукацыі».

Анатолий Моисеевич был оптимистом, верил в добро, постоянно проявлял заботу о других. Уже почти 12 лет Горецкая земля стала для него пухом, последним домом, но память о нем осталась у тех, кто жил и работал с ним. Его будут помнить не только современники, но и последующие поколения ученых – последователи его научной школы, его воспитанники, которые трудятся в агропромышленном комплексе Республики Беларусь.

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 предоставляется 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@baa.by.

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 спис-**

ка 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 редколлекцией.

Датой поступления считается день получения редакцией окончательного варианта статьи. Редакция может принять решение о публикации статьи без рецензирования, если качество представленного исследования дает достаточно оснований для такой оценки. Публикация статей в журнале бесплатная.

Ответственность за точность представленных материалов несут авторы и рецензенты, за направление в редакцию уже ранее опубликованных статей или статей, принятых к печати другими изданиями, – авторы.

Подавая статью в редакцию журнала, автор подтверждает, что редакции передается беспроцентное право на оформление, издание, передачу журнала с опубликованным материалом автора для целей реферирования статей из него в любых Базах данных, распространение журнала/авторских материалов в печатных и электронных изданиях, включая размещение на выбранных, либо созданных редакцией сайтах в сети интернет, в целях доступа к публикации любого заинтересованного лица из любого места и в любое время, перевод статьи на любые языки, издание оригинала и переводов в любом виде и распространение по территории всего мира, в том числе по подписке.

Статьи, не отвечающие вышеперечисленным требованиям, редакцией не рассматриваются (без дополнительного информирования автора).

Редакция оставляет за собой право сокращать текст и вносить редакционную правку.

Редакционный совет

Великанов В. В., кандидат ветеринарных наук, доцент, ректор учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (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 овощеводства и организации тепличного хозяйства Ташкентского государственного аграрного университета (Узбекистан).

Завалин А. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Российской академии наук, академик-секретарь отделения сельскохозяйственных наук РАН (Россия).

Гончаров А. В., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры экологии и биоресурсов ФГБОУ ВО Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Российский государственный университет народного хозяйства имени В. И. Вернадского».

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

Астахов В. С., доктор технических наук, доцент, профессор кафедры механизации растениеводства и практического обучения.

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 биотехнологии растений.

Дубежинский Е. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий межвузовской научно-исследовательской лабораторией мониторинга и управления качеством высшего аграрного образования.

Иванистов А. Н., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, начальник научно-исследовательской части.

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.

Лихацевич 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 агрохимии и почвоведения.

Саскевич П. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры защиты растений.

Тибец Ю. Л., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, проректор по научной работе.

Шелюто Б. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры кормопроизводства и хранения продукции растениеводства.

Ведущий редактор Савчиц Е. П.

Редактор технической Серякова Т. В.

Английский перевод Щербов А. В.

Подписные индексы: 75037 – индивидуальный, 750372 – ведомственный.

Подписку можно оформить в любом отделении связи

Адрес редакции:

*213407, Республика Беларусь, Могилевская область, г. Горки,
ул. Мичурина, 5, корпус № 9, аудитория 528. Тел. (8-02233) 7-96-99
e-mail: vestnik-bгаа.by*

© Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2025

Подписано в печать 23.09.2025 Дата выхода 29.09.2025 Формат 60/84^{1/8}

Усл. печ. л. 18,83 Уч.-изд. л. 14,62 Заказ Тираж 50 экз.

*Отпечатано с оригинал-макета в отделении ризографии и художественно-оформительских работ
центра научно-методического обеспечения учебного процесса УО БГСХА*

213407, Могилевская область, г. Горки, ул. Мичурина, 5