

**ЗЕРНОБОБОВЫЕ И КРУПЯНЫЕ КУЛЬТУРЫ № 3 (51), 2024 г.**

Журнал СМИ основан в 2012 году.

Периодичность издания – 4 номера в год.

**ISBN 9 785905 402036**

Учредитель и издатель – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур»

Главный редактор

**Зотиков Владимир Иванович – член-корр. РАН**

Заместитель главного редактора

**Сидоренко Владимир Сергеевич – к. с.-х. наук**

Ответственный секретарь

**Грядунова Надежда Владимировна – к. биол. наук**

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

**Амелин Александр Васильевич, д. с.-х. наук**

**Баталова Галина Аркадьевна, академик РАН**

**Бобков Сергей Васильевич, к. с.-х. наук**

**Бударина Галина Алексеевна, к. с.-х. наук**

**Васин Василий Григорьевич, д. с.-х. наук**

**Вишнякова Маргарита Афанасьевна, д. биол. наук**

**Возиян Валерий Иванович, д. с.-х. наук, Молдова**

**Головина Екатерина Владиславовна, д. с.-х. наук**

**Задорин Александр Михайлович, к. с.-х. наук**

**Косолапов Владимир Михайлович, академик РАН**

**Панарина Вероника Игоревна, к. с.-х. наук**

**Полухин Андрей Александрович, д.э.н., профессор РАН**

**Привалов Фёдор Иванович, д.с.-х.н., член-корр. НАН Беларуси**

**Прянишников Александр Иванович, член-корр. РАН**

**Серекпаев Нурлан Амангельдинович, д. с.-х. наук, Казахстан**

**Суворова Галина Николаевна, к. с.-х. наук**

**Ушачев Иван Григорьевич, академик РАН**

**Фенг Байли, доктор наук, профессор, Китай**

**Фесенко Алексей Николаевич, д. биол. наук**

**Шевченко Сергей Николаевич, академик РАН**

Научный редактор, корректор

**Грядунова Н.В.**

Технический редактор

**Хмызова Н.Г.**

Перевод на английский язык **Стефанина С.А.**

Фотомаериал **Черненький В.А.**

Журнал зарегистрирован в  
Федеральной службе по надзору в  
сфере связи, информационных  
технологий и массовых  
коммуникаций

**Реестровая запись СМИ  
ПИ №ФС77-77939  
от 19 февраля 2020 г.**

Журнал включен ВАК при  
Минобрнауки РФ в Перечень  
рецензируемых научных изданий  
категории К2, в которых должны  
быть опубликованы основные  
научные результаты диссертаций  
на соискание ученой степени  
кандидата и доктора наук

Полные тексты статей  
в формате pdf доступны на сайте  
журнала: <https://journal.vniizbk.ru>

Журнал включен в  
библиографическую базу данных  
Российский индекс научного  
цитирования (РИНЦ)  
<http://eLIBRARY.RU>  
и Международную базу данных  
AGRIS ФАО ООН <http://agris.fao.org>

Адрес редакции, издателя,  
типографии:  
302502, Орловская область,  
Орловский район, пос. Стрелецкий,  
ул. Молодежная, д.10, корп. I  
тел.:(4862) 40-32-24, 40-30-04  
E-mail: [office@vniizbk.ru](mailto:office@vniizbk.ru),  
[jurnalzbn@mail.ru](mailto:jurnalzbn@mail.ru)  
Сайт: <https://vniizbk.ru>

Дата выхода в свет: 21.09.2024 г.  
Формат А4.

Гарнитура Times New Roman.  
Тираж 300 экз.

Отпечатано в ФГБНУ «ФНЦ ЗБК»  
Цена свободная.

**ZERNOBOBOVYE I KRUPÂNYE KUL'TURY (Legumes and Groat Crops) No. 3 (51), 2024**

Scientific journal founded in 2012 year.  
Frequency of publication 4 issues per year.

**ISBN 9 785905 402036**

Founder and Publisher – **Federal State Budgetary Scientific Institution**  
**«Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops» (FSBSI FSC LGC)**

Editor-in-Chief: **Zotikov, Vladimir I.** – Corresponding Member, Russian Academy of Sciences

Deputy Editor-in-Chief: **Sidorenko, Vladimir S.** – Deputy Director for breeding work, FSBSI FSC LGC, Cand. Sci. (Agric.)

Assistant Editor: **Gryadunova, Nadezhda V.** – Leading Researcher Lab. NTI, FSBSI FSC LGC, Cand. Sci. (Biol.)

**EDITORIAL TEAM**

**Amelin, Aleksandr V.** – Collective Use Center «Plant Genetic Resources and Their Use» – N.V. Parakhin GAU, Orel; Dr. Sci. (Agric.).

**Batalova, Galina A.** – FSBSI Rudnitsky FANTs Severo-Vostoka, Deputy Director, Member, Russian Academy of Sciences.

**Bobkov, Sergei V.** – FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Physiology and Biochemistry of Plants, Cand. Sci. (Agric.).

**Budarina, Galina A.** – FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Agricultural Technology and Plant Protection, Cand. Sci. (Agric.).

**Vasin, Vasily G.** – Samara State Agrarian University, Head. Department of Crop Production and Agriculture, Dr. Sci. (Agric.).

**Vishnyakova, Margarita A.** – FSBSI N.I. Vavilov FITS VIGR, Head of Department, Dr. Sci. (Biol.).

**Voziyan, Valeriy I.** – NIIPK «Selection» Rep. of Moldova, Dr. Sci. (Agric.).

**Golovina, Ekaterina V.** – FSBSI FSC LGC, Dr. Sci. (Agric.).

**Zadorin, Aleksandr M.** – FSBSI FSC LGC, Cand. Sci. (Agric.).

**Kosolapov, Vladimir M.** – FSBSI V.R. Williams FNTs Feed Production and Agroecology, Director, Academician, Russian Academy of Sciences.

**Panarina, Veronika I.**, FSBSI FSC LGC, Deputy Director for Research, Cand. Sci. (Agric.).

**Polukhin, Andrei A.** – FSBSI FSC LGC, Director, Dr. Sci. (Econ.), Professor, Russian Academy of Sciences

**Privalov, Fedor I.** – Dr. Sci. (Agric.), Corresponding Member, National Academy of Sciences of Belarus, Professor

**Pryanishnikov, Alexander I.** – JSC «Schelkovo-Agrochem», Head of the Department of Selection and Seed Production of Agricultural Crops, Corresponding Member, Russian Academy of Sciences

**Serekpaev, Nurlan A.** – S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, vice-rector, Dr. Sci. (Agric.).

**Suvorova, Galina N.** – FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Genetics and Biotechnology, Cand. Sci. (Agric.).

**Ushachev, Ivan G.** – FSBSI FSC VNII Agr.Economics, Academician, Russian Academy of Sciences

**Feng Baili** – Ph. D., Professor, Northwest A & F University, P.R. China

**Fesenko, Aleksei N.** – FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Buckwheat Breeding, Dr. Sci. (Biol.).

**Shevchenko, Sergei N.** – Samarskii NIISKh, Director, Member, Russian Academy of Sciences.

Scientific editor: **Gryadunova, Nadezhda V.**

Layout, design: **Khmyzova, Natal'ya G.**

English translation: **Stefanina, Svetlana A.**

Photo: **Chernen'kii, Vitalii A.**

Journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technologies and Mass Communications

**Media registry record**  
**ИИ №ФС77-77939**  
**dated 19.02 2020**

**The journal is included by the Higher Attestation Commission under the Ministry of Education and Science of the Russian Federation in the List of peer-reviewed scientific publications of category K2, in which the main scientific results of dissertations for the degree of candidate and doctor of sciences should be published**

Full texts of articles  
in pdf format are available at:  
<https://journal.vniizbk.ru>

Journal is included in the bibliographic database Russian Science Citation Index (RSCI)

<http://eLIBRARY.RU>

and in the International Database AGRIS FAO UN <http://agris.fao.org>

Editorial office, publisher,  
printing address:  
302502, Orlovskaja oblast',  
Orlovskij rajon, pos. Streleckij,  
ul. Molodezhnaja, d.10, korp.1  
phone:(4862) 40-32-24, 40-30-04  
E-mail: [office@vniizbk.ru](mailto:office@vniizbk.ru),  
[jurnalzbk@mail.ru](mailto:jurnalzbk@mail.ru)  
Site: <https://vniizbk.ru>

Date of publication: 21.09.2024

Format A4.

Font Times New Roman.

Circulation 300 copies.

Printed at FSBSI «FSC LGC»

Price free.

СОДЕРЖАНИЕ

<b>Зотиков В.И., Грядунова Н.В.</b> Научно-технологическое развитие растениеводства на основе взаимодействия науки, технологий и производства .....	5
<b>Меднов А.В., Гончаров А.В., Вольпе А.А., Матвеев К.А.</b> Новый сорт вики посевной яровой Московская 10 .....	12
<b>Горбунова Ю.В., Власова Е.В., Перчук И.Н., Александрова Т.Г.</b> Изменчивость содержания сухого вещества и белка в кормовой массе образцов вики мохнатой ( <i>Vicia villosa</i> Roth) озимой из коллекции ВИР в контрастных погодных условиях Московской области .....	16
<b>Мамедова С.А., Джафарова Э.Э., Ибрагимова З.Ш., Бахшиева Н.Ч., Ахмедова В.Э.</b> Влияние электромагнитного излучения на семена бобовых культур .....	25
<b>Пономарева С.В., Ивенин А.В., Богомолова Ю.А.</b> Кормовые характеристики зеленой массы гороха полевого сорта Красивый, в зависимости от погодных условий, при возделывании в Волго-Вятском регионе .....	32
<b>Фадеева И.Д., Курмакаев Ф.Ф., Саубанова Г.Р.</b> Формирование качества зерна сортами озимой пшеницы .....	41
<b>Пимохова Л.И., Мисникова Н.В., Царапнева Ж.В., Хараборкина Н.И.</b> Развитие и распространение фузариоза в посевах белого люпина при разных погодных условиях Брянской области .....	48
<b>Радовня В.А.</b> «Бочка Добенека» как модель растения .....	58
<b>Сокурова Л.Х.</b> Исходный материал для селекции проса на экологическую устойчивость и высокую продуктивность .....	70
<b>Ескова В.С., Гусев В.В., Халикова М.М., Эленбергер Р.А., Храмов А.В., Набабкина К.А., Дустанов И.В.</b> Характеристика сортов зернового сорго и оценка их параметров адаптивности .....	77
<b>Дронов А.В., Бельченко С.А., Мамеев В.В.</b> Эффективность комплексного применения макро- и микроудобрений при возделывании кукурузы на зерно в Брянской области .....	82
<b>Пашковская А.А., Пашковский А.А., Зверева Л.А., Байдакова Е.В.</b> Влияние повышенных доз удобрений на урожай зерновых культур .....	88
<b>Цуканова З.Р., Гусева А.Н., Латынцева Е.В.</b> Влияние норм высева на урожайность нового сорта озимой пшеницы Скипетр 2 .....	94
<b>Вилунов С.Д., Сидоренко В.С., Шапорова М.А., Митюхина Е.В., Глазкова Л.И.</b> Оценка перезимовки озимой пшеницы различными вегетационными индексами .....	100
<b>Мазалов В.И., Кузнецов Н.Н., Жук Г.П.</b> Использование агроботехнологических приемов в органическом земледелии Орловской области .....	106
<b>Полухин А.А., Зотиков В.И., Панарина В.И., Грядунова Н.В., Стефанина С.А.</b> Международное сотрудничество Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур .....	114
<b>Хань Мэнжу, Чжан Фэйфэй, Фэн Байли</b> Влияние севооборота татарской гречихи, маша и внесения удобрений на устранение препятствий при ее монокультуре .....	127
<b>Мэн Ван, Синьсинь Цао, Байли Фэн</b> Исследование влияния севооборота и распределения органических удобрений на агротехнические показатели проса .....	138
<b>Ли Чжаотин, Дин Юдуань</b> Определение наилучшего периода сбора урожая яблок Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи .....	150
<b>Киреев Н.В., Войтко И.А.</b> Применение стимулирующих субсидий в сельском хозяйстве республики Беларусь как фактор повышения эффективности производства и переработки зерновых культур .....	160
<b>Крук И.С., Гордеенко О.В., Фен Байли, Анищенко А.А.</b> Особенности использования ветрозащитных устройств в конструкциях штанговых опрыскивателей при обработке зерновых культур .....	171
<b>Кухарчик В.М.</b> Адаптационные возможности сортов гороха посевного с различной архитектоникой листового аппарата. Приемы, обеспечивающие улучшение технологичности культуры .....	181
<b>Пилок Я.Э., Батюкова А.Н., Бакановская А.В., Пикун О.А.</b> Результаты изучения сортообразцов рапса ярового по признаку «устойчивость к полеганию» растений на провокационных фонах .....	190

CONTENTS

<b>Zotikov V.I., Gryadunova N.V.</b> Scientific and technological development of plant production based on the interaction of science, technology and production .....	5
<b>Mednov A.V., Goncharov A.V., Vol'pe A.A., Matveenکو K.A.</b> New variety of common spring vetch Moskovskaya 10 .....	12
<b>Gorbunova Yu. V., Vlasova E. V., Perchuk I.N., Aleksandrova T.G.</b> Variability of the content of dry matter and protein in the forage mass of the hairy vetch ( <i>Vicia villosa</i> Roth) accessions from the VIR collection in contrast weather conditions in the Moscow province .....	16
<b>Mammadova S.A., Jafarova E.E., Ibrahimova Z.Sh., Bakhshieva N.Ch., Akhmadova V.E.</b> Effect of electromagnetic radiation on legume crops seeds .....	25
<b>Ponomareva Sv. Vl., Ivenin Al. V., Bogomolova Ju. Al.</b> Fodder characteristics of the green mass of field peas of the Krasivyi variety, depending on weather conditions, when cultivated in the Volga-Vyatka region .....	32
<b>Fadeeva I.D., Kurmakaev F.F., Saubanova G.R.</b> Formation of grain quality by winter wheat varieties .....	41
<b>Pimokhova L.I., Misnikova N.V., Tsarapneva Zh.V., Kharaborkina N.I.</b> Development and spread of fusarium in white lupin crops under different weather conditions in Bryansk region .....	48
<b>Radovnya V.A.</b> «Dobenek Barrel» as a plant model .....	58
<b>Sokurova L.H.</b> The source material for the breeding of millet for environmental sustainability and high productivity .....	70
<b>Eskova V.S., Gusev V.V., Khalikova M.M., Elenberger R.A., Khramov A.V., Nababkina K.A., Dustanov I.V.</b> Grain sorghum varieties characteristics and their adaptability parameters assessment .....	77
<b>Dronov A.V., Belchenko S.A., Mameev V.V.</b> Effectiveness of comprehensive application of macro- and microfertilizers in cultivation of corn for grain in the Bryansk region .....	82
<b>Pashkovskaya A.A., Pashkovsky A.A., Zvereva L.A., Baydakova E.V.</b> The effect of increased doses of fertilizers on harvest of grain crops .....	88
<b>Tsukanova Z.R., Guseva A.N., Latyntseva E.V.</b> Influence of seeding rates on the yield of a new winter wheat variety Skipetr 2 .....	94
<b>Vilyunov S.D., Sidorenko V.S., Shapороva M.A., Mityukhina E.V., Glazkova L.I.</b> Assessment of winter wheat overwintering by different vegetation indices .....	100
<b>Mazalov V.I., Kuznetsov M.N., Zhuk G.P.</b> The use of agrobiotechnological techniques in organic farming in the orel region .....	106
<b>Polukhin A.A., Zotikov V.I., Panarina V.I., Gryadunova N.V., Stefanina S.A.</b> International cooperation of the Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops .....	114
<b>Mengru Han, Feifei Zhang, Baili Feng</b> Effect of tartary buckwheat and mung bean crop rotation and fertilizer application to alleviate its continuous cropping obstacles .....	127
<b>Meng Wang, Xinxin Cao, Baili Feng</b> Study on the effects of crop rotation and organic fertilizer application on the agronomic characteristics of millet .....	138
<b>Li Zhaoting, Ding Yuduan</b> Determining the best harvest period for Qin cui and Azhen Fuji apples .....	150
<b>Kireenko N.V., Voitko I.A.</b> The use of incentive subsidies in agriculture of the Republic of Belarus as a factor in increasing the efficiency of production and processing of grain crops .....	160
<b>Kruk I.S., Hardeenka O.V., Fen Bayli, Anishchanka A.A.</b> Peculiarities of using wind protection devices in the designs of boom sprayers when treating grain crops .....	171
<b>Kukharchik V.M.</b> Adaptation capabilities of pea varieties with different leaf apparatus architectonics. Methods of increasing the technological efficiency of the crop .....	181
<b>Piliuk Y.E., Batiukova A.N., Bakanovskaya A.V., Pikun O.A.</b> Results of studying variety samples of spring rape on the trait “resistance to lodging” of plants under artificial conditions .....	190

DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-5-11

УДК 63.09:006.16

## НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЕВОДСТВА НА ОСНОВЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАУКИ, ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОИЗВОДСТВА

**В.И. ЗОТИКОВ**, член - корреспондент РАН, ORCID ID: 0000-0001-5713-7444

**Н.В. ГРЯДУНОВА**, кандидат биологических наук, ORCID ID:0009-0002-9390-0464

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

***Аннотация.** В статье представлена информация о проведённом в Орловской области аграрном форуме «Аграрная неделя – 2024». Программа форума включала проведение различного рода многочисленных мероприятий, в том числе: круглый стол, международную научную конференцию, практические семинары, «День русского поля», «День Орловского муниципального округа» и другие.*

***Ключевые слова:** растениеводство, наука, селекционные достижения, агротехнологии, семеноводство.*

***Для цитирования:** Зотиков В.И., Грядунова Н.В. Научно-технологическое развитие растениеводства на основе взаимодействия науки, технологий и производства. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3(51): 5-11. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-5-11*

## SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF PLANT PRODUCTION BASED ON THE INTERACTION OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND PRODUCTION

**V.I. Zotikov, N.V. Gryadunova**

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

***Abstract:** The article provides information about the agricultural forum «Agrarian Week – 2024» held in the Orel region. The forum program included various types of events, including: a round table; international scientific conference; practical seminars; «Russian Field Day», «Day of the Orel Municipal District» and others.*

***Keywords:** crop production, science, breeding achievements, agricultural technologies, seed production.*

В Орловской области с 27 июня по 7 июля 2024 года проходил форум «Аграрная неделя Орловской области – 2024». Программа, рассчитанная на несколько дней, включала большой перечень как теоретических, научных, так и прикладных, практических блоков, ознакомительных, в том числе полевых экскурсий. В рамках агрофорума были проведены: круглый стол, международная научная конференция, практические семинары, «День русского поля», «День Орловского муниципального округа» и другие.

Участники мероприятий – специалисты Министерства науки и высшего образования РФ, Министерства сельского хозяйства РФ, Российской академии наук, руководители научных организаций и ВУЗов российских регионов, стран ближнего зарубежья, в том числе – делегации из республики Беларусь, республики Бурятия, ведущие селекционеры и технологи, представители агрохолдингов, фермерских хозяйств и научно-производственных фирм, инвестиционных компаний, средств массовой информации.

В числе почётных гостей Аграрной недели – губернатор Орловской области А.Е. Клычков, сенатор РФ В.В. Соколов, депутат Государственной Думы О.В. Пилипенко, председатель Комитета Государственной Думы по аграрным вопросам академик РАН

В.И. Кашин; врио председателя Госсорткомиссии РФ Д.В. Бутусов, председатель Орловского областного Совета народных депутатов Л.С. Музалевский, заместитель губернатора в Правительстве Орловской области по развитию АПК С.П. Борзёнок, руководитель Департамента сельского хозяйства, член Правительства Орловской области Е.С. Суровцева, митрополит Орловский и Болховский Тихон и другие. В мероприятиях приняли участие более 30 тысяч человек.



*Фото пресс-службы губернатора Орловской области*

Среди участников форума академики РАН Б.И. Сандухадзе, С.Д. Каракотов, П.Н. Харченко, член-корреспонденты РАН В.И. Зотиков, А.И. Прянишников, С.И. Воронов.

27 июня Аграрная неделя начала работу с проведения в Орловском государственном аграрном университете имени Н.В. Парахина **круглого стола** «Селекционно-семеноводческий фактор в решении федеральных программ по импортозамещению».

С 28 по 30 июня прошёл **Международный АгроФестиваль «BETAREN»**, организованный АО «Щёлково Агрохим» на двух площадках: НПО «Бетагран Семена» (Орловский муниципальный округ) и ООО «Дубовицкое» (Малоархангельский район).

2 июля в Новосильском районе был организован запуск второй очереди элеваторного комплекса АО «Орел Нобель-Агро», 3 июля в Орловском муниципальном округе прошёл **практический семинар «Бетагран Семена – 5 лет работы на отечественную селекцию»**.

В соответствии с планами Министерства науки и высшего образования РФ, Российской академии наук, при содействии Правительства Орловской области в рамках аграрного форума 4 и 5 июля **Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур провёл Международную научно-практическую конференцию «Научно-технологическое развитие растениеводства на основе взаимодействия науки, технологий и производства» и практический семинар на Шатиловской СХОС.**

**6 и 7 июля на площадке ФНЦ зернобобовых и крупяных культур в поселке Стрелецкий прошли «День русского поля» и «День Орловского муниципального округа».**

#### **Международная конференция**

В конференции приняли участие руководители и представители различных научных учреждений и организаций: ФИЦ «Немчиновка», Верхневолжский ФАНЦ РАН, Воронежский ФАНЦ имени В.В. Докучаева, Курский ФАНЦ, ФНЦ имени И.В. Мичурина, Тамбовский НИИСХ – филиал ФНЦ имени И.В. Мичурина, ИПУ РАН, Липецкий НИИ рапса – филиал ФНЦ ВНИИ масличных культур, ВНИИ люпина – филиал ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса, ВНИИ селекции плодовых культур

(г.Орёл), ВНИИ сельскохозяйственной биотехнологии, Национальный союз селекционеров и семеноводов России, АО «Щёлково Агрохим», ООО «Пластелин», ГК «АгроТерра», Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина, Орловский ГАУ имени Н.В. Парахина, Орловский ГУ имени И.С. Тургенева, Брянский ГАУ и другие.

Участников конференции тепло приветствовал заместитель губернатора в Правительстве Орловской области по развитию АПК Сергей Петрович Борзенков. Он отметил, что успехи аграрного сектора Орловской области напрямую связаны с целенаправленной, творческой и результативной работой ученых и селекционеров, в том числе и Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур.

На пленарном заседании с научными докладами выступили: доктор экономических наук, профессор РАН Полухин А.А. (ФНЦ ЗБК), член - корреспондент РАН Зотиков В.И. (ФНЦ ЗБК), член-корреспондент РАН Прянишников А.И. (АО «Щёлково Агрохим»), доктор сельскохозяйственных наук Чайкин В.В. (Воронежский ФАНЦ имени В.В. Докучаева), доктора сельскохозяйственных наук Гостев А.В. и Гуреев И.И. (Курский ФАНЦ), доктор сельскохозяйственных наук Шпилёв Н.С. (Брянский ГАУ), Антипин С.И. (ИПУ РАН), Ковакин В.М. (СПК «ЭкоХутор», Орёл), Щукина В.И (Верхневолжский ФАНЦ) и другие.

Основное внимание в докладах было уделено результатам научных достижений по селекции, семеноводству, технологиям возделывания сельскохозяйственных культур а также фундаментальным приоритетным исследованиям на долгосрочную перспективу до 2030 года. В соответствии с Указом Президента РФ № 259 от 18 июня 2024 г. к 7 приоритетным направлениям научно-технологического развития важнейших наукоёмких технологий относятся 28 критических и сквозных технологий: среди них технологии получения устойчивых к изменениям природной среды новых сортов и гибридов растений; технологии создания биологических и химических средств для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и их защиты от болезней и вредных организмов; технологии сохранения биологического разнообразия и борьбы с чужеродными видами животных, растений и микроорганизмов; природоподобные технологии.

В ходе обсуждения были затронуты и острые темы: о расширении посевов озимой ржи и необходимости создания зимо- и морозоустойчивых гибридов ржи, потребности в ней переработчиков и кондитеров; о необходимости и высоком спросе населения на семена гороха посевного; о создании технологических и генетических паспортов для новых сортов и гибридов; о расширении посевов озимых, зернобобовых культур, кормовых трав для улучшения системы производства кормов.



Оживленная дискуссия продолжалась при осмотре научных опытных посевов ФНЦ ЗБК. О достижениях и перспективных направлениях по селекции, семеноводству и

технологии возделывания зернобобовых и крупяных культур выступили заведующие лабораториями – В.С. Сидоренко, А.М. Задорин, В.И. Панарина, И.И. Сычёва, С.В. Бобков, Г.Н. Суворова, З.Р. Цуканова, Г.А. Бударина, А.Н. Фесенко.



**5 июля Шатиловская СХОС - филиал ФНЦ ЗБК традиционно встречала участников и гостей двадцать седьмого научно-методического семинара «День поля, ярмарка сортов и гибридов сельскохозяйственных культур».** Гостей семинара тепло приветствовали: академик РАН Баграт Исменович Сандухадзе, заместитель губернатора в Правительстве Орловской области по развитию АПК Сергей Петрович Борзёнков, член-корреспондент РАН Владимир Иванович Зотиков, член-корреспондент РАН Сергей Иванович Воронов, врио председателя Госсорткомиссии РФ Дмитрий Владимирович Бутусов, зам. главы администрации Новодеревеньковского района Сергей Николаевич Дьячков.



День поля – это не только выставка современных селекционных достижений, но и возможность широкого обмена опытом, мнениями, и объективная оценка результатов труда селекционеров, семеноводов, технологов.





В текущем году на опытных полях было посеяно более 350 сортов и гибридов сельскохозяйственных культур из федеральных научных центров, научных учреждений и организаций: озимые – рожь, тритикале, пшеница; яровые – ячмень, пшеница, овёс, горох, вика посевная яровая, люпин, кормовые бобы, нут, чина, соя, чечевица, гречиха, кукуруза, подсолнечник, просо, рапс. Оценка реакции сортов и гибридов на изменение условий выращивания очень важна в качестве главного фактора реализации потенциальной продуктивности растений и служит основой для разработки рекомендаций по реализации стратегии развития семеноводства в стране. Широкое использование новейших селекционных достижений занимает центральное место как важнейшей составляющей части развития инновационных технологий.



При ознакомлении с демонстрационными посевами авторы сортов и гибридов в комментариях подчёркивали наиболее ценные признаки и биологические особенности перспективных селекционных достижений. В комментариях приняли активное участие: академик РАН Б.И. Сандухадзе, В.В. Чайкин, В.С. Сидоренко, В.И. Панарина, В.И. Мазалов, В.А. Давыдова, Л.М. Ярошенко, А.Д. Кабашов, А.М. Задорин, Т.И. Зеленская, Н.Н. Беляев и многие другие. В ходе обсуждения особое внимание было уделено вопросам и проблемам семеноводства новых сортов и гибридов, ускорению процессов внедрения их в производство

после результатов государственного испытания, заключению договоров на приобретение семян новых сортов и гибридов.



**06 июля на площадке ФНЦ зернобобовых и крупяных культур прошёл «День русского поля»,** который стал по-настоящему народным фестивалем для жителей и гостей региона, а для представителей власти, науки и бизнеса – площадкой для содержательного, продуктивного диалога о перспективах развития сельскохозяйственной отрасли.

На многочисленных выставочных площадках были широко представлены экспозиции более 100 поставщиков: ФНЦ ЗБК, Орловского ГАУ имени Н.В. Парахина, ВНИИ селекции плодовых культур, АО «Щёлково Агрохим», АО Фирма «Август», АО «МХК «ЕвроХим». ООО КЗ «Ростсельмаш», ООО «ФосАгро-Орёл», Группа компаний «Шанс», АО «Петербургский тракторный завод», АО «Орёлмасло», ПАО «Камаз», ПАО «Россельхозбанк» и многие другие.

Почётная делегация в лице А.Е. Клычкова, Л.С. Музалевского, С.П. Борзёнкова, В.И. Кашина, Д.В. Бутусова посетила многочисленные экспозиции, которые представляли поставщики сельскохозяйственной техники, минеральных удобрений, средств защиты растений, выставку-дегустацию «Сделано в России. Выбирай Орловское», экспозицию птицеводства и кролиководства. В ходе экскурсии пристальное внимание было уделено ознакомлению с научными опытными и демонстрационными посевами сельскохозяйственных культур ФНЦ зернобобовых и крупяных культур, выслушаны комментарии учёных.





Ведущими производителями продуктов питания области гостям были предложены орловский мед, фермерские сыры, колбасные деликатесы, подсолнечное и рапсовое масло, авторское мороженое из натуральных сливок и молока, пряники с 3D-печатью, лимонады и другие эксклюзивные продукты питания. В динамике гости увидели работу сельскохозяйственной техники.

В завершении деловой программы посетителей ждала насыщенная культурная программа: конно-спортивные мероприятия, мастер-классы и дегустации. Завершился «День русского поля» концертом российского певца Дениса Майданова.

Проведённые на высоком организационном уровне мероприятия Аграрного форума имеют важное значение для аграрного сектора экономики не только региона но и России, поскольку была предоставлена уникальная возможность для учёных – демонстрировать главные достижения и передовые технологии российской науки, способствовать обмену опытом между участниками, вырабатывать решения по актуальным проблемам отрасли и определять пути её дальнейшего развития, для производителей – демонстрировать новую сельскохозяйственную технику в работе, перспективные виды удобрений и средств защиты растений.

## НОВЫЕ СЕЛЕКЦИОННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ

DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-12-15

УДК633.258 631.527

### НОВЫЙ СОРТ ВИКИ ПОСЕВНОЙ ЯРОВОЙ МОСКОВСКАЯ 10

**А.В. МЕДНОВ, А.В. ГОНЧАРОВ, А.А. ВОЛЬПЕ**, кандидаты сельскохозяйственных наук,  
**К.А. МАТВЕЕНКО**, научный сотрудник

ФГБНУ ФИЦ «НЕМЧИНОВКА»

E-mail: agrokokino@yandex.ru

***Аннотация.** В статье изложены результаты создания и изучения нового среднераннего сорта вики посевной яровой Московская 10. Сорт с 2023 года проходит государственное сортоиспытание по Северо-Западному (2), Центральному (3), Волго–Вятскому (4) и Центрально-Черноземному (5) регионам РФ. Новый сорт характеризуется высокой урожайностью семян и зелёной массы, оптимальной длиной вегетационного периода, устойчивостью к основным болезням и неблагоприятным факторам среды. Изложены морфобиологические и хозяйственно ценные свойства нового сорта вики посевной Московская 10, приведены данные о методе создания сорта и результаты конкурсного сортоиспытания.*

***Ключевые слова:** вика посевная, селекция, стандарт, сорт, семена, вегетационный период, сухое вещество.*

***Для цитирования:** Меднов А.В., Гончаров А.В., Вольпе А.А., Матвеев К.А. Новый сорт вики посевной яровой Московская 10. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3(51): 12-15. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-12-15*

### NEW VARIETY OF COMMON SPRING VETCH MOSKOVSKAYA 10

**A.V. Mednov, A.V. Goncharov, A.A. Vol'pe, K.A. Matveenko**

FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER «NEMCHINOVKA»

***Abstract:** The article presents the results of creation and study of new medium-early variety of common spring vetch *Moskovskaya 10*. Since 2023, the variety has been undergoing state variety testing in the North-West (2), Central (3), Volga-Vyatka (4) and Central Chernozem (5) regions of the Russian Federation. The new variety is characterized by high yield of seeds and green mass, optimal length of vegetation period, resistance to major diseases and adverse environmental factors. Morphobiological and economically valuable properties of the new variety are described.*

***Keywords:** common vetch, breeding, standard, variety, seeds, growing season, dry matter.*

Вика яровая (*Vicia sativa* L.) – однолетнее травянистое хорошо облиственное растение с высокими кормовыми качествами. В РФ одна из основных однолетних культур кормового использования. В зеленой массе вики яровой содержание протеина достигает 18,7%, в семенах до 37% и более [1]. Ее возделывание возможно на всей территории РФ, за исключением северных регионов. Зеленая масса является незаменимым компонентом зелёного конвейера, а также для приготовления силоса, сенажа. Зерно вики, а также продукты его переработки (мука, дерть) являются ценным кормом для всех групп сельскохозяйственных животных. Это обусловлено тем, что по сравнению с горохом вика лидирует по содержанию сырого протеина (30-35% против 24-29% у гороха) [2].

Высокое содержание белка в вике, а также способность давать урожай сена в год посева, ставят эту траву на одно из первых мест в резервах кормопроизводства. Для растений вики характерен хорошо облиственный, долгое время негрубеющий стебель, с мелкими опушенными листьями, формирующий вегетативную массу на зелёный корм, приготовление сена, силоса, сенажа. Не отличаясь высокой требовательностью к плодородию почвы и экологическим условиям, она возделывается в кормовых и полевых севооборотах, как предшественник яровых и озимых культур, в зелёном конвейере [3]. В смешанных посевах со злаковыми растениями обеспечивают от 1/3 до 1/2 кормового баланса по регионам Нечерноземной зоны. Среди однолетних бобовых культур отличается сравнительно невысокой, но стабильной урожайностью семян. Обладая большим фенотипическим, морфобиологическим разнообразием, вика формирует урожай вегетирующих растений в разные сроки и возделывается на кормовые цели в основных и промежуточных посевах (поукосных, пожнивных, повторных).

Вика хороший предшественник для многих сельскохозяйственных культур, благодаря её азотфиксирующей способности и способности подавлять сорняки. В решении задач современного растениеводства создание и широкое использование новых среднепоздних сортов вики посевной яровой занимает центральное место.

**Цель исследований** – создание нового сорта вики посевной яровой с высоким потенциалом продуктивности по зерну и зеленой массе, качеством получаемой продукции и адаптированного к разным почвенно-климатическим условиям РФ, устойчивого к основным болезням и вредителям.

#### **Материал и методы исследований**

Экспериментальная работа по созданию и сортоиспытанию нового сорта вики посевной яровой проводилась в 2010-2019 гг. на опытном поле лаборатории селекции и первичного семеноводства зернобобовых культур ФИЦ «Немчиновка» в селекционном севообороте № 2 на достаточно окультуренных суглинистых почвах. Стандарт – среднеспелый сорт вики яровой Людмила. Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая на моренном суглинке. После уборки предшественников (яровые зерновые) в пахотном (0-20 см) слое содержалось: гумуса 1,5-1,7%,  $P_2O_5$  и  $K_2O$  (0,2н HCl по Кирсанову) 160-300 и 130-220 мг/кг соответственно, рН KCl – 5,3-6,7, Нг (по Каппену Гильковицу) – 0,94-2,62 мг-экв/100 г. Под культивацию перед посевом вносили азофоску из расчета 48 кг по д.в. на 1 га. Посев осуществлялся в начале мая, сеялкой ССК - 6-10. Площадь делянки 10 м<sup>2</sup>. Наблюдения, учёты и оценки проводили по Методике Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1971) и Методическим указаниям ВИР имени Н.И. Вавилова [4]. Для описания признаков сорта и определения ботанической разновидности использовали Широкий универсальный классификатор СЭВ (1983) и Методику проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность (1996). Уборку проводили в фазу восковой спелости растений селекционным комбайном «Хеге-125». Система обработки почвы общепринятая для региона.

#### **Результаты и обсуждение**

В 2023 году на государственное сортоиспытание передан новый сорт вики посевной яровой Московская 10 в Северо – Западном (2), Центральном (3), Волго – Вятском (4) и Центрально – Черноземном (5) регионах РФ. Сорт характеризуется как высокопродуктивный по урожаю зерна в чистом виде, а также и в смеси со злаковым компонентом. Сорт показывает высокие результаты по сборам сырого протеина с 1 га, а также по урожайности зеленой массы в смеси с овсом, пшеницей и ячменем. Сорт среднепоздний, вегетационный период – 95-100 дней.

Сорт Московская 10 выведен индивидуальным отбором от межсортовой гибридизации ♀ Немчиновская юбилейная ♂ (Белоцерковская 66 х 1993/06).

**Авторы сорта:** А. В. Меднов, А. В. Гончаров, А. А. Вольпе, К. А. Матвеевко.

**Вид:** вика посевная (*Vicia sativa*), **разновидность:** immaculata (immaculata). Семена крупные (70-75 г) округлые, светло – коричневые с орнаментацией, семядоли оранжевые,

грязно оранжевые. Стебель среднерослый (100-150 см), ветвистый, листья широкие с 16 – 18 листочками, цветки белые, бобы длинные, прямые, желто – коричневые (табл. 1).

Таблица 1

**Морфологические признаки вики яровой Московская 10**

№ п/п	Показатели	Значение
1	Разновидность	иммакулята (immaculata)
2	Время начала цветения	Среднее
3	Окраска листьев	Зеленая
4	Форма вершины листочков	Прямая
5	Ширина листочков	Широкая
6	Окраска цветка	Белая
7	Длина боба	Длинный (7 см)
8	Ширина боба	Средняя
9	Размер семян	Крупный
10	Форма семян	Округлая
11	Окраска семенной оболочки	Светло - коричневая
12	Орнаментация семенной оболочки	Со средне выраженной орнаментацией
13	Окраска семядолей	Оранжевая, грязно - оранжевая

Вегетационный период у сорта 95-100 дней от всходов до созревания бобов, обладает признаком физиологической неизрастаемости, формирует выровненный стеблестой, неполегающий при посеве со среднеспелыми сортами овса.

**Назначение сорта.** Сорт даёт высокие урожаи зерна и зеленой массы по общепринятым технологиям в смешанных посевах в зависимости от предполагаемого использования (на зерно – с белой горчицей или овсом, на зеленую массу – в смеси с овсом и ячменем). Может быть использован в зеленом конвейере, как паразанимающая культура в смеси с овсом на зеленую массу, для получения сена, как сидерат под посев озимых культур. Сорт обладает высоким потенциалом урожайности в смешанных посевах с овсом и ячменем. Урожайность зеленой массы в смешанном посеве с овсом за годы конкурсного сортоиспытания составила 43,0 т/га, в т. ч. вики 21,8 т/га. Урожайность зерна в смеси с овсом 40,7 ц/га, в т. ч. вики 19,4 ц/га (табл. 2). Не полегает в смешанных посевах.

Таблица 2

**Урожайность зерна, зеленой массы и сена сорта яровой вики Московская 10 в конкурсном сортоиспытании**

Показатели	Людмила (st)				Московская 10			
	Годы							
	2020	2021	2022	2023	2020	2021	2022	2023
Урожайность, ц/га								
Зерна: смеси	35,6	37,0	33,2	36,9	40,3	41,0	39,4	42,1
вики	17,6	20,0	15,2	16,1	18,3	20,0	17,0	22,4
овса	18,0	17,0	18,0	20,8	22,0	21,0	22,4	19,7
НСР <sub>05</sub>	6,1	5,9	5,8	6,5	6,6	6,6	6,1	6,3
Зеленой массы, т/га								
смеси	32,4	35,2	36,0	30,0	44,5	42,0	45,0	40,5
вики	20,0	19,2	19,8	14,2	21,3	20,0	22,7	23,0
Сена: смеси	78,0	82,3	85,1	77,7	92,6	91,7	93,4	90,1
вики	34,0	39,5	41,6	36,1	42,1	41,8	42,0	40,2
Содержание белка в зерне, %	27,2	28,4	26,1	29,4	30,7	31,3	29,8	30,0

Максимальная урожайность зерна в смешанном посеве отмечена в 2023 году – 42,1 т/га в том числе вики 22,4 т/га, тогда как урожайность зеленой массы была отмечена в 2022 году – 45,0 т/га в том числе 22,7 т/га вики. По урожайности сухого вещества и сбору сырого протеина новый сорт вики яровой Московская 10 превосходит стандартный сорт Людмила. Максимальный сбор сухого вещества был получен в 2020 году и составил 148,4 ц/га. По сбору сырого протеина за годы исследований превышение составило 3,7 ц/га (табл. 3).

Таблица 3

**Урожайность сухого вещества, масса 1000 семян и вегетационный период нового сорта вики посевной Московская 10 (КСИ)**

Сорт	Урожайность сухого вещества, ц/га				Сбор сырого протеина, ц/га	Вегетационный период, дней
	2020	2021	2022	2023		
Московская 10	148,4	139,4	125,8	145,6	20,4	96
Людмила, st	122,8	109,9	94,7	120,3	16,1	85
НСР <sub>05</sub>	16,4	28,6	30,1	17,1		

**Заключение**

В государственном сортоиспытании с 2023 года по Центральному (3) региону сорт вики посевной яровой Московская 10 показывает высокие результаты семенной продуктивности и урожайности зеленой массы. В конкурсном сортоиспытании селекционного центра ФИЦ «Немчиновка» продолжается изучение вопросов смешанных посевов её с новыми сортами злаковых культур, определяются нормы высева и толерантность.

**Литература**

1. Митрофанов А.С., Рожков М.П. Вика яровая и озимая. – М., – 1961. – 135 с.
2. Дебелый Г.А., Гончаров А.В., Меднов А.В. Толерантность сортов яровой вики к овсу и ячменю. // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2010. – № 6. – С. 60-61.
3. Дебелый Г.А., Гончаров А.В., Меднов А.В. и др. Новые сорта яровой вики Московского НИИСХ «Немчиновка» // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 2. – С. 84-87.
4. Вишнякова М.А., Буравцева Г.В., Булынтцев С.В. и др. Коллекция мировых растительных ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение: Методические указания. – С-Пб.: ВИР. – 2010. – 142 с.

**References**

1. Mitrofanov A.S., Rozhkov M.P. Spring and winter vetch. Moscow, 1961, 135 p.
2. Debelyi G. A., Goncharov A. V., Mednov A. V. Tolerance of spring vetch varieties to oats and barley. *Vestnik Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk*. 2010, no. 6, pp. 60 - 61.
3. Debelyi G.A., Goncharov A.V., Mednov A.V. et al. New varieties of spring vetch from Moscow Nemchinovka Research Institute of Agriculture // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2017, no. 2, pp. 84-87.
4. Vishnyakova M.A., Buravtseva G.V., Bulyntsev S.V. et al. VIR Collection of World Plant Resources of Grain Legumes: Replenishment, Conservation and Study: Methodological Guidelines. Saint-Petersburg: VIR, 2010, 142 p.

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ СУХОГО ВЕЩЕСТВА И БЕЛКА В КОРМОВОЙ МАССЕ ОБРАЗЦОВ ВИКИ МОХНАТОЙ (*VICIA VILLOSA* ROTH) ОЗИМОЙ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР В КОНТРАСТНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Ю.В. ГОРБУНОВА**, ORCID ID: 0000-0002-4948-3627

**Е.В. ВЛАСОВА**, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0003-3285-8186

E-mail: stevlas@yandex.ru

**И.Н. ПЕРЧУК\***, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0001-6568-5248

E-mail: i.perchuk@vir.nw.ru

**Т.Г. АЛЕКСАНДРОВА\***, ORCID ID: 0000-0001-9152-4528

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ СЕЛЕКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
САДОВОДСТВА И ПИТОМНИКОВОДСТВА, ОТДЕЛЕНИЕ ГЕНОФОНДА И  
БИОРЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ, МОСКВА

\*ФИЦ ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ  
ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА (ВИР), САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

*Аннотация.* Полевое изучение образцов вики мохнатой из коллекции ВИР проводили в условиях Московской области с целью установления влияния погодных условий на содержание сухого вещества и белка в укосной массе и выделения образцов с лучшими кормовыми характеристиками. Результаты сравнительного анализа 45 образцов, выращенных в контрастных условиях весенне-летней вегетации (засушливых – в 2019 г. и дождливых – в 2020 г.) свидетельствовали о модифицирующем влиянии условий среды на взаимосвязь характеристик кормовой массы. В среднем по выборке в 2020 г. образцы характеризовались более высокими показателями влажности кормовой массы (в 1,7 раз) и содержания сырого протеина (на 1,7%) по сравнению с 2019 г. Результаты парного корреляционного анализа выявили наличие обратной связи между процентным содержанием сухого вещества и сырого протеина в 2019 г. ( $r = -0,51$ ) и отсутствие аналогичной связи в 2020 г. Установлена прямая связь между процентным содержанием сухого вещества в кормовой массе и продуктивностью с растения в 2020 г. ( $r = 0,81$ ) и отсутствие такой связи в 2019 г. Выделено три образца – к-30067 Сорнополевая (Армения), к-30461 (Латвия), к-30681 Буриштынская местная (Украина), превосходившие стандарт по содержанию сырого протеина в оба года изучения. Отмечено, что выделившиеся образцы обладали большей сочностью кормовой массы по сравнению со стандартным сортом Серпуховская. Четыре образца – к-30459 (Латвия), к-34284 Полтавская 25 (Украина), к-34407 ЖНАР (Венгрия), к-35973 Юбилейная (Чувашия), характеризовались высоким уровнем адаптивности и стабильности кормовой продуктивности и превышали показатели стандарта по содержанию сырого протеина и влажности укосной массы в засушливом 2019 г.

**Ключевые слова:** вика мохнатая, вика озимая, *Vicia villosa*, сухое вещество, белок, кормовая масса, укосная масса.

**Для цитирования:** Горбунова Ю.В., Власова Е.В., Перчук И.Н., Александрова Т.Г., Изменчивость содержания сухого вещества и белка в кормовой массе образцов вики мохнатой (*Vicia Villosa* Roth) озимой из коллекции ВИР в контрастных погодных условиях Московской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3(51):16-24. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-16-24



## VARIABILITY OF THE CONTENT OF DRY MATTER AND PROTEIN IN THE FORAGE MASS OF THE HAIRY VETCH (*VICIA VILLOSA* ROTH) ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION IN CONTRAST WEATHER CONDITIONS IN THE MOSCOW PROVINCE

Yu. V. Gorbunova, E. V. Vlasova, I.N. Perchuk\*, T. G. Aleksandrova\*

FSBSO «FEDERAL HORTICULTURAL CENTER FOR BREEDING, AGROTECHNOLOGY AND NURSERY» (FSBSO ARHCBAN), MOSCOW

\*FEDERAL RESEARCH CENTER «N.I. VAVILOV ALL-RUSSIAN INSTITUTE OF PLANT GENETIC RESOURCES» (VIR), ST. PETERSBURG

**Abstract:** A field test of hairy vetch accessions from the VIR collection was carried out in the Moscow province in order to establish the influence of weather conditions on the dry matter and protein content of the cutting mass and to identify accessions with the best feed characteristics. The results of a comparative analysis of 45 accessions grown in contrasting spring-summer vegetation conditions (dry in 2019 and rainy in 2020) indicated a modifying effect of environmental conditions on the relationship between the characteristics of the forage mass. On average, in 2020, the accessions were characterized by higher forage mass moisture content (by 1.7 times) and crude protein content (by 1.7%) compared to 2019. The results of the paired correlation analysis revealed the presence of an inverse relationship between the percentage of dry matter and crude protein in 2019 ( $r = -0.51$ ) and the absence of a similar connection in 2020. A direct relationship was established between the percentage of dry matter in the forage mass and productivity per plant in 2020 ( $r = 0.81$ ) and the absence of such a connection in 2019. Three accessions were identified – k-30067 Sornopolovaya (Armenia), k-30461 (Latvia), k-30681 Burshtynskaya Mestnaya (Ukraine), exceeding the standard in crude protein content in both years of the study. It was noted that the selected accessions had a higher juiciness of the forage mass compared to the standard 'Serpukhovskaya' cultivar. Four accessions – k-30459 (Latvia), k-34284 Poltavskaya 25 (Ukraine), k-34407 JHAR (Hungary), k-35973 Yubileynaya (Chuvashia), were characterized by a high level of adaptability and stability of forage productivity and exceeded the standard indicators for the content of crude protein and moisture of the cutting mass in the dry year of 2019.

**Keywords:** hairy vetch, winter vetch, *Vicia villosa*, dry matter, protein, forage mass, cutting mass.

**Введение.** Основой повышения эффективности кормопроизводства является потребление сельскохозяйственными животными максимального количества сухого вещества, сбалансированного по необходимым элементам питания, среди которых решающую роль отводят протеину [1]. Корма из вики мохнатой (*Vicia villosa* Roth) характеризуются высоким содержанием белка, низким количеством антипитательных веществ и обладают высокой энергетической и биологической питательностью [2]. Водный режим и интенсивность азотно-белкового обмена в клетках и тканях растений вики мохнатой в период весенне-летней вегетации в первую очередь зависит от онтогенетического состояния растений. Содержание свободной воды и белка в кормовой массе увеличивается вплоть до начала цветения. При переходе растений к генеративному развитию возрастает доля сухих веществ как из-за усиления их синтеза, так и по причине прогрессирующего обезвоживания клеток. Старение листьев сопровождается снижением продуктивности фотосинтеза, в том числе уменьшением выхода углеводов, необходимых для биосинтеза белка. Одновременно возрастает гидролиз белковых веществ и передвижение продуктов гидролиза к верхушечным генеративным почкам и репродуктивным органам. Из-за того, что распад белков преобладает над их синтезом, содержание сырого протеина в стареющих растениях неуклонно снижается [3].

В силу вышеописанных процессов, показатели процентного содержания сухого вещества и белка в кормовой массе вики напрямую связаны с долей листьев, их сочностью и фотосинтетической активностью [4]. Модифицирующее влияние на онтогенетическую изменчивость содержания белка и влаги в растениях оказывают факторы внешней среды. При этом нормы реакции на изменения условий выращивания находятся под контролем генома растения. Засухоустойчивые представители рода *Vicia* L. могут использовать несколько механизмов адаптации к стрессу от засухи [5], в том числе путь сверхэкспрессии синтеза в листьях осмотически активных веществ [6] и разных групп белков [7, 8].

Таким образом, процентное содержание сухого вещества и белка в растениях вики мохнатой могут являться как характеристиками сочности и питательной ценности кормовой массы, так и признаками физиологического состояния растений. Экологические испытания в контрастных погодных условиях позволяют оценить популяционную и индивидуальную изменчивость кормовых характеристик генотипов вики озимой [9]. В данной работе мы продолжаем анализ результатов изучения образцов вики мохнатой озимой из коллекции ВИР в контрастные по влагообеспеченности годы. Было показано [10], что засушливые условия в весенне-летний период 2019 года способствовали более раннему зацветанию образцов и дружному созреванию семян. Напротив, обилие осадков в этот же период в 2020 году благоприятствовало длительному росту вегетативной массы. Поэтому в 2020 г. укосные показатели были выше, чем 2019 г.: по длине главного стебля – в среднем в 2,1 раза, по весу вегетативной массы с растения: сухому – в 5,0 раз, сырому – в 8,0 раз.

**Цель работы** – установить влияние погодных условий на содержание сухого вещества и белка в укосной (кормовой) массе вики мохнатой озимой и выделить образцы с лучшими кормовыми характеристиками.

#### **Материалы и методы**

Изучали 45 образцов вики мохнатой (*Vicia villosa* Roth), представленных дикорастущими и сорнополевыми формами, староместными сортами и селекционным материалом происхождением из Российской Федерации и 15 стран [10]. Опыт закладывали в природно-климатических условиях юга Московской области (Михнево, Ступинский район) в полевом севообороте на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах. Исследования проводили согласно методике ВИР [11]. Образцы выращивали в однолетней культуре озимого типа в 2018-2019 и 2019-2020 гг. Стандартом служил сорт Серпуховская (к-33647, Московская обл.). Растения вики выращивали в смеси с сортом озимой пшеницы Dominator (Англия). Посев вико-пшеничной смеси (1:1) проводили в 2018 и 2019 гг. в первой декаде сентября на делянках площадью 2 м<sup>2</sup>, рядовым способом селекционной сеялкой Клен-1,5 с нормой высева 100 семян на 1 м<sup>2</sup>. Отбор проб для оценки вегетативной (кормовой) массы вики мохнатой осуществлялся из средней части делянки на 10-й день после начала цветения. Оценивали длину главного стебля, вес вегетативной массы растения (сырой и сухой) и процентное содержание сухого вещества. Содержание белка (сырого протеина) определяли в высушенной укосной массе по методу Кьельдаля на приборе Kjeltak TM2200 (Швеция) по А.И. Ермакову (1987), результат выражали в % на абсолютно сухой вес. Статистическую обработку данных осуществляли с помощью программы Excel 2016 с надстройкой XLSTAT. Ежегодные данные по содержанию сырого протеина у образцов представлены со стандартной ошибкой. Для оценки изменчивости признака по годам использовали показатели среднего за 2 года наблюдений ( $\bar{X}_{ср.}$ ) и коэффициент вариации ( $C_v$ , %). Для демонстрации полиморфизма образцов в виде блочных диаграмм использовали минимальные и максимальные значения, а также первый и третий квартили. Достоверность межгодовых различий устанавливали с использованием парного двухвыборочного *t*-теста для средних, и двухвыборочного *F*-теста для дисперсии. Взаимосвязь процентного содержания сухого вещества и сырого протеина с показателями кормовой продуктивности устанавливали по парному коэффициенту корреляции Пирсона *r* по-отдельности в 2019 и 2020 гг. Достоверными были значения  $r=0,3$  и выше.

### Результаты и обсуждение

В среднем по выборке в условиях высокой влагообеспеченности 2020 г. доля сухих веществ в кормовой массе растений была ниже по сравнению с показателями 2019 г. в 1,7 раз, а процентное содержание белка – выше на 1,7% (рис. 1).

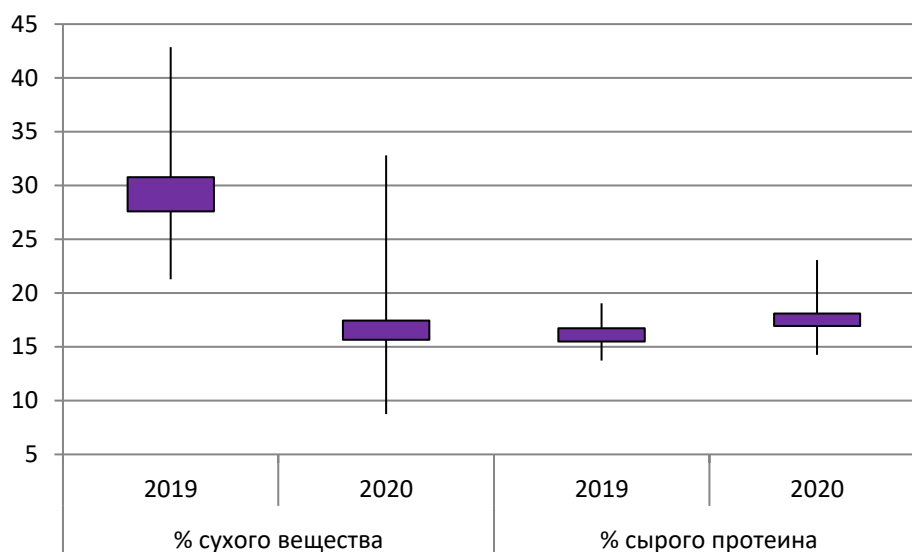


Рис. 1. Варьирование процентного содержания сухого вещества и сырого протеина в кормовой массе вики мохнатой озимой в фазе укосной спелости в 2019 и 2020 гг. («короб» показывает значения между первым и третьим квартилями, «усы» – минимальные и максимальные значения)

Достоверность межгодовых различий по обоим показателям установлена по результатам оценки существенности разности средних по *t*-критерию Стьюдента при 1% уровне значимости: *t*-фактическое больше табличного ( $t_{01}=2,69$ ), а значения двухсторонней доверительной вероятности *p* значительно меньше 0,01 (табл. 1). Дисперсия обоих показателей в пределах изучаемой группы образцов менялась по годам незначительно. Проверка гипотез о равенстве дисперсий с использованием критерия *F* Фишера нашла подтверждение: по процентному содержанию сухого вещества – при 5% уровне значимости ( $F$  фактическое  $<F_{05}<F_{01}$ , *p* одностороннее  $>0,01$ ), по процентному содержанию белка – при 1% уровне значимости ( $F_{01}>F$  фактическое  $>F_{05}$ ,  $p=0,01$ ) (табл.1). Корреляционная связь между данными 2019 и 2020 года по обоим показателям отсутствовала.

Таблица 1

#### Статистическая оценка межгодовых различий по процентному содержанию сухого вещества и сырого протеина в кормовой массе вики мохнатой озимой в фазе укосной спелости (Московская область, 2019, 2020 гг.)

Показатели	% Сухого вещества		% Сырого протеина	
	2019	2020	2019	2020
Среднее Хср.	31,1	18,3	16,5	18,2
Минимум	21,3	8,8	13,7	14,3
Максимум	42,9	32,8	19,0	23,1
Дисперсия	25,0	25,4	1,8	3,7
Парный <i>t</i> -тест для средних				
<i>t</i> фактическое	11,77		5,02	
<i>t</i> <sub>01</sub>	2,69		2,69	
<i>p</i> двухстороннее	3,5E-15		9,12E-06	
Двухвыборочный <i>F</i> -тест для дисперсии				
<i>F</i> фактическое	1,01		2,03	
<i>F</i> <sub>05</sub>	1,65		1,65	
<i>F</i> <sub>01</sub>	2,04		2,04	
<i>p</i> одностороннее	0,48		0,01	

Мы предприняли попытку проанализировать взаимозависимость характеристик укосной массы у данной выборки образцов методом парного корреляционного анализа, отдельно по каждому году наблюдений (рис. 2). Результаты анализа показали, что наиболее высокие показатели сырого и сухого веса укосной массы в оба года наблюдений получали преимущественно с более высокорослых растений, о чем свидетельствовали положительные значения коэффициентов корреляции ( $r=0,53...0,67$ ). Средняя степень тесноты связи объясняется тем, что кормовая продуктивность зависит не только от длины главного стебля, но также от обилия ветвей и листовой массы. Правомерные предположения о том, что чем мощнее укосная масса, тем больше белка можно получить с растения, подтверждаются высокими положительными значениями коэффициентов корреляции между этими показателями ( $r=0,91...0,99$ ).

Содержание сырого протеина, %			
-0,51 (2019); <i>отсутствует</i> (2020)			
% сухого вещества			
<i>отсутствует</i> (2019); 0,51 (2020)	<i>отсутствует</i> (2019); 0,79(2020)		<i>отсутствует</i> (2019); 0,81 (2020)
Масса сырого протеина с растения, г.			
	0,94 (2019); 0,91 (2020)	0,98 (2019); 0,99 (2020)	
Вес сырой зеленой массы с растения, г.		0,94 (2019) 0,91 (2020)	Вес сухой зеленой массы с растения, г.
0,65 (2019); 0,67 (2020)			0,53 (2019); 0,55 (2020)
Высота растения, см			

Рис. 2. Взаимосвязь процентного содержания сухого вещества и сырого протеина с показателями кормовой продуктивности вики мохнатой озимой в 2019 и 2020 гг., установленная по парному коэффициенту корреляции  $r$

Коэффициенты корреляции показателей кормовой продуктивности и процентного содержания сухого вещества и сырого протеина в значительной степени зависели от погодных условий. Как было показано ранее [10], недобор осадков в весенне-летний период 2019 года оказывал влияние на фенологию растений, ускоряя цветение и созревание растений. Поэтому на момент взятия проб образцов пик фотосинтетической активности растений у большинства образцов был пройден и начался отток пластических веществ к репродуктивным органам. Обратная корреляция средней силы между процентным содержанием сухого вещества и сырого протеина ( $r=-0,51$ ) являлась свидетельством того, что на тот момент больше сырого протеина содержали образцы, которые характеризовались большей влажностью (и, вероятно, лучшей облиственностью и оводненностью тканей). Но, поскольку период накопления основного количества сухого вещества уже завершился, то корреляция сухого и сырого веса вегетативной массы с растения с ее влажностью отсутствовала.

В 2020 году высокая влагообеспеченность способствовала неограниченному вегетативному росту растений, в том числе нарастанию молодых листьев и продлению сроков жизни и функционирования зрелых листьев. Высокий уровень оводненности тканей сохранялся и после завершения периода массового цветения. Отсутствие корреляции между показателями процентного содержания сухого вещества и сырого протеина в 2020 г. свидетельствовало о том, что фактор влагообеспеченности не оказывал лимитирующего влияния на белковый метаболизм. А наличие положительной корреляции между процентом сухого вещества и весом укосной массы с растения, г. (сырым – 0,51, сухим – 0,81) можно объяснить тем обстоятельством, что на дифференциацию образцов по продуктивности вегетативной массы значительное влияние оказывали количество и мощность стеблей, которые содержат меньше воды, чем листья.

Таблица 2

**Образцы вики мохнатой озимой, выделившиеся по содержанию сырого протеина в кормовой массе вики мохнатой озимой\* (Московская область, 2019, 2020 гг.)**

№ образца по каталогу ВИР, название, происхождение	Сырой протеин, %				Сухое вещество, %	
	2019	2020	Хср.	CV, %	2019	2020
к-701 без названия (б/н), Краснодарский край	17,9±0,0*	16,4±0,0	17,2	6,1	32,4	17,4
к-30067 Сорнополевая, Армения	17,4±0,6*	20,7±0,2*	19,1	12,2	28,3	10,9
к-30411 (б/н), Латвия	17,3±0,2*	16,7±0,4	17,0	2,7	23,3	15,1
к-30459 б/н, Латвия	17,1±0,2*	17,1±0,4	17,1	0,0	30	26,8
к-30461 б/н, Латвия	17,1±0,5*	20,4±0,1*	18,8	12,3	31,7	16,9
к-30464 б/н, Латвия	18,4±0,4*	14,3±0,3	16,3	17,9	24,1	17,6
к-30467 Калининградская б, Калининградская обл.	17,2±0,2*	17,6±0,1	17,4	1,8	23,4	18,3
к-30472 №197, Литва	17,3±0,2*	18,1±0,4	17,7	3,1	27,6	16
к-30680 Чешская, Украина	17,2±0,2*	19,0±0,2	18,1	7,1	21,3	16,2
к-30681 Бурштынская местная, Украина	17,6±0,1*	21,4±0,3*	19,5	13,9	27,8	16,3
к-30728 Местная, Беларусь	16,7±0,3	23,1±0,6*	19,9	22,8	29,7	16,2
к-30952 Местная, Украина	17,2±0,3*	17,0±0,0	17,1	0,7	26,3	25,9
к-31080 б/н, Украина	16,4±0,3	21,2±0,1*	18,8	18,4	30,8	16,6
к-33306 Чебоксарка, Чувашия	14,0±0,0	19,8±0,1*	16,9	24,1	42,9	17,7
к-33469 б/н, Дагестан	15,1±0,5	21,0±0,4*	18,0	23,3	36,8	20
к-34284 Полтавская 25, Украина	17,2±0,4*	17,3±0,2	17,2	0,4	34,9	19,4
к-34407 JHAR, Венгрия	19,0±0,1*	18,5±0,2	18,8	1,9	29,3	24,4
к-34582 Туркменская 54, Туркмения	15,3±0,0	20,9±0,6	18,1	21,9	34,3	17,5
к-34616 Пановска, Польша	17,9±0,5*	20,4±0,4	19,2	9,1	25,9	18,5
к-34842 б/н, Австралия	14,3±0,1	20,2±0,4	17,2	24,1	30,4	16,1
к-34894 Италия (донор Австралия)	18,4±0,1*	18,3±0,0	18,4	0,2	27,4	18,6
к-34897 Сорнополевая, Беларусь	17,5±0,5*	19,6±0,2	18,5	7,7	39,1	19,6
к-35312 Молдаванка, Молдавия	17,1±0,1*	19,8±0,3	18,4	10,3	35,3	10,6
к-35354 Сорнополевая, Азербайджан	17,8±0,0*	18,3±0,3	18,1	2,3	31,6	8,8
к-35973 Юбилейная, Чувашия	18,3±0,4*	14,7±0,2	16,5	15,4	29,7	24,9
к-36011 Глинковская, Воронежская обл.	18,0±0,1*	19,7±0,3	18,9	6,4	32	15,7
к-33647 Серпуховская, Московская обл. (стандарт)	14,8±0,7	18,6±0,3	16,7	16,2	37,5	22,2

\*Примечание: звездочкой отмечены показатели содержания сырого протеина, достоверно превышающие значения стандартного сорта Серпуховская.

В таблице 2 представлены образцы, которые по содержанию сырого протеина были на уровне и выше стандартного сорта Серпуховская в 2019 и/или в 2020 году. Достоверно

превышали стандартный сорт по содержанию сырого протеина в 2019 году 20 образцов: к-30067 Сорнополевая (Армения); кк-30411, 30459, 30461, 30464 из Латвии; к-30472 №197 (Литва); к-30680 Чешская, к-30681 Бурштынская местная, к-30952 Местная, к-34284 Полтавская 25 из Украины; к-34407 JHAR (Венгрия); к-34616 Пановска (Польша); к-34894 (Италия, донор Австралия); к-34897 Сорнополевая (Беларусь); к-35312 Молдаванка (Молдавия); к-35354 Сорнополевая (Азербайджан); к-701 (Краснодарский край); к-36011 Глинковская (Воронежская обл.); к-35973 Юбилейная (Чувашия); к-30467 Калининградская 6 (Калининградская обл.), содержавшие от 17,1 до 19,0% сырого протеина. В 2020 году с содержанием сырого протеина от 19,8 до 23,1% выделилось 7 образцов: к-30067 Сорнополевая (Армения); к-30461 (Латвия); к-30681 Бурштынская местная, к-31080 из Украины; к-30728 Местная (Беларусь); к-33469 (Дагестан); к-33306 Чебоксарка (Чувашия).

Значения коэффициента вариации от 0,0 до 24,1% свидетельствовали о различной изменчивости содержания белка по годам у изучаемых образцов: от слабой до значительной. Слабой вариабельностью признака по годам (CV менее 10%) характеризовались образцы: к-701 (Краснодарский край); кк-30411, 30459 из Латвии; к-30472 №197 (Литва); к-30680 Чешская, к-30952 Местная, к-34284 Полтавская 25 из Украины; к-34407 JHAR (Венгрия); к-34616 Пановска (Польша); к-34894 (Италия, донор Австралия); к-34897 Сорнополевая (Беларусь); к-35354 Сорнополевая (Азербайджан); к-30467 Калининградская 6 (Калининградская обл.); к-36011 Глинковская (Воронежская обл.) (табл. 2).

Мы сопоставили полученные данные о содержании белка в вегетативной массе образцов вики озимой с результатами оценки продуктивности сухого вещества, ее адаптивности и стабильности, которые были опубликованными ранее [10]. В результате было выделено 4 образца, которые характеризовались благоприятным сочетанием перечисленных характеристик: к-30459 (Латвия); к-34284 Полтавская 25 (Украина); к-34407 JHAR (Венгрия); к-35973 Юбилейная, (Чувашия). Все четыре образца характеризовались сочетанием высоких значений коэффициента адаптивности (Кад.) и индекса стабильности (ИС) и показателя уровня и стабильности кормовой продуктивности (ПУСС). В засушливом 2019 году они достоверно превышали показатели стандарта по содержанию сырого протеина и проценту воды в кормовой массе. Особенностью выделившихся образцов были относительно поздние сроки начала цветения. Образцы к-34284 и к-30459 также ежегодно превышали стандартный сорт Серпуховская по длине главного стебля.

### **Выводы**

Установлены различия во взаимосвязи показателей кормовой продуктивности и процентного содержания сухого вещества и сырого протеина у образцов вики мохнатой озимой в засушливых условиях (2019 г.) и в год с высокой влагообеспеченностью (2020 г.):

а) между процентным содержанием сухого вещества и сырого протеина прямая связь средней тесноты в 2019 году и отсутствие связи в 2020 году;

б) между относительным (в процентах) и абсолютным (в граммах) содержанием сухого вещества в растениях положительная связь сильной степени в 2020 году и ее отсутствие в 2019 году.

По содержанию сырого протеина стандартный сорт Серпуховская достоверно превышали 20 образцов в 2019 г. и 7 образцов – в 2020 году. Три образца в оба года изучения превосходили стандарт по этому показателю: к-30067 Сорнополевая (Армения), к-30461 (Латвия), к-30681 Бурштынская местная (Украина).

Выделившиеся в 2019 и 2020 гг. образцы характеризовались большей сочностью кормовой массы по сравнению со стандартом.

Выделены 4 образца: к-30459 (Латвия), к-34284 Полтавская 25 (Украина), к-34407 JHAR (Венгрия), к-35973 Юбилейная (Чувашия), которые характеризовались высоким уровнем, адаптивности и стабильности кормовой продуктивности и превышали показатели стандарта по содержанию сырого протеина и проценту воды в вегетативной массе в

засушливом 2019 году. Отличительной особенностью выделившихся образцов были относительно поздние сроки начала цветения.

Полученные данные свидетельствуют о модифицирующем влиянии условий среды на взаимосвязь характеристик кормовой массы.

**Работа выполнена в рамках реализации государственных заданий ФГБНУ ФНЦ Садоводства № 0432-2021-0003 «Сохранить, пополнить, изучить генетические коллекции сельскохозяйственных растений и создать репозитории плодовых и ягодных культур, заложенные свободными от вредоносных вирусов растениями» и ФИЦ ВИР № FGEM-2022-0002 «Выявление возможностей генофонда бобовых культур для оптимизации их селекции и диверсификации использования в различных отраслях народного хозяйства».**

### Литература

1. Тюрин Ю.С., Косолапов В.М. Зернофуражные сорта вики посевной – дополнительный источник кормового белка. *Кормопроизводство*. – 2013. – № 12. – С. 23-24.
2. Georgieva N., Nikolova I., Naydenova Y. Nutritive value of forage of vetch cultivars (*Vicia sativa* L., *Vicia villosa* Roth). *Banat's Journal of Biotechnology*. 2016, VII (14) – P.5-12. DOI: 10.7904/2068-4738-VII(14)-5
3. Парахин Н.В., Золотарёв В.Н., Лаханов А.П., Тюрин Ю.С. Вика мохнатая (*Vicia villosa* Roth) в кормопроизводстве России. *Монография*. – Орел: Изд-во Орел ГАУ. 2010. – 508 с.
4. Крупнова О.В. О взаимосвязи урожайности с содержанием белка в зерне у зерновых и бобовых культур (обзор литературы). *Сельскохозяйственная биология*. – 2009, № 3:13-23.
5. Min X., Lin X., Ndayambaza B., Wang Y., Liu W. Coordinated mechanisms of leaves and roots in response to drought stress underlying full-length transcriptome profiling in *Vicia sativa* L. *BMC Plant Biol* 20, 165 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02358-8>
6. Tenopala J., González F. J., Barrera E. Physiological responses of the green manure, *Vicia sativa*, to drought. *Botanical Sciences*. 2012-90 (3): 305-311. DOI: 10.17129/botsci.392
7. Zhu Y., Liu Q., Xu W., Yao L., Wang X., Wang H., Xu Y., Li L., Duan C., Yi Z., Lin C. Identification of novel drought-responsive miRNA regulatory network of drought stress response in common vetch (*Vicia sativa*). *Open Life Sciences*, vol. 16, no. 1, 2021, pp.1111-1121. <https://doi.org/10.1515/biol-2021-0109>
8. Abid G., Jebara M., Debode F., Vertommen D., Ruys S.P., Ghouili E., Jebara S.H., Ouertani R.N., El Ayed M., de Oliveira A.C., Muhovsk Y. Comparative physiological, biochemical and proteomic analyses reveal key proteins and crucial regulatory pathways related to drought stress tolerance in faba bean (*Vicia faba* L.) leaves. *Current Plant Biology* 37 (2024) 100320 open access. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2024.100320>
9. Kosev V., Vasileva V. Modular organization of quantitative signs in vetch (*Vicia villosa* Roth) genotypes. *Pak. J. Bot.*, 55(4): 1399-1406, 2023. [http://dx.doi.org/10.30848/PJB2023-4\(6\)](http://dx.doi.org/10.30848/PJB2023-4(6))
10. Горбунова Ю.В., Власова Е.В., Александрова Т.Г. Оценка адаптивного потенциала кормовой продуктивности образцов вики мохнатой озимой (*Vicia villosa* Roth) из коллекции ВИР в контрастных погодных условиях Московской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2023; 4(48):80-89. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-80-89
11. Вишнякова М.А., Сеферова И.В., Буравцева Т.В., Бурляева М.О., Семенова Е.В., Филипенко Г.И., Александрова Т.Г., Егорова Г.П., Яньков И.И., Булынецов С.В., Герасимова Т.В., Другова Е.В. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение. *Методические указания / (2-е издание, переработанное и дополненное)*. Санкт-Петербург, 2018. 143 с. DOI: 10.30901/978-5-905954-79-5

### References

1. Tyurin Yu.S., Kosolapov V.M. Zernofurazhnye sorta viki posevnoj – dopolnitel'nyj istochnik kormovogo belka [Grain forage crop cultivars of common vetch: an additional source of feed protein]. *Kormoproizvodstvo*, 2013, no. 12, pp. 23-24. (In Russ.).

2. Georgieva N., Nikolova I., Naydenova Y. Nutritive value of forage of vetch cultivars (*Vicia sativa* L., *Vicia villosa* Roth). *Banat's Journal of Biotechnology*. 2016, VII(14) –P.5-12. DOI: 10.7904/2068–4738–VII(14)–5
3. Parakhin N.V., Zolotarev V.N., Lakhanov A.P., Tyurin Yu.S. Vika mokhnataya (*Vicia villosa* Roth) v kormoproizvodstve Rossii [Hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) in Russian feed production]. *Monograph*. Orel: Izd-vo Orel GAU, 2010. – 508 p. (In Russ.).
4. Krupnova O.V. About relationships between the grain yield and grain protein in cereals and legumes (review)]. *Agricultural Biology*, 2009, no. 3, pp. 13-23. (In Russ.).
5. Min X., Lin X., Ndayambaza B., Wang Y., Liu W. Coordinated mechanisms of leaves and roots in response to drought stress underlying full-length transcriptome profiling in *Vicia sativa* L. *BMC Plant Biol* 20, 165 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02358-8>
6. Tenopala J., González F. J., Barrera E. Physiological responses of the green manure, *Vicia sativa*, to drought. *Botanical Sciences*. 2012-90 (3): 305-311. DOI: 10.17129/botsoci.392
7. Zhu Y., Liu Q., Xu W., Yao L., Wang X., Wang H., Xu Y., Li L., Duan C., Yi Z., Lin C. Identification of novel drought-responsive miRNA regulatory network of drought stress response in common vetch (*Vicia sativa*). *Open Life Sciences*, vol. 16, no. 1, 2021, pp. 1111-1121. <https://doi.org/10.1515/biol-2021-0109>
8. Abid G., Jebara M., Debode F., Vertommen D., Ruys S.P., Ghouili E., Jebara S.H., Ouertani R.N., El Ayed M., de Oliveira A.C., Muhovsk Y. Comparative physiological, biochemical and proteomic analyses reveal key proteins and crucial regulatory pathways related to drought stress tolerance in faba bean (*Vicia faba* L.) leaves. *Current Plant Biology* 37 (2024) 100320 *open access*. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2024.100320>
9. Kosev V., Vasileva V. Modular organization of quantitative signs in vetch (*Vicia villosa* Roth) genotypes. *Pak. J. Bot.*, 55(4): 1399-1406, 2023. [http://dx.doi.org/10.30848/PJB2023-4\(6\)](http://dx.doi.org/10.30848/PJB2023-4(6))
10. Gorbunova Yu.V., Vlasova E.V., Aleksandrova T.G. Evaluation of the adaptive potential of the feed productivity of the hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) accessions from the VIR collection in contrast weather conditions in the Moscow province. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury – Legumes and Groat Crops*, 2023; 4(48):80-89. (In Russ.). DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-80-89
11. Vishniyakova M.A., Seferova I.V., Buravtseva T.V., Burlyaeva M.O., Semenova E.V., Filipenko G.I., Aleksandrova T.G., Egorova G.P., Yankov I.I., Bulyntsev S.V., Gerasimova T.V., Drugova E.V. VIR global collection of grain legume crop genetic resources: replenishment, conservation and studying. *Methodical instructions*. St. Petersburg, 2018. 143 p. (In Russ.). DOI: 10.30901/978-5-905954-79-5



## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СЕМЕНА БОБОВЫХ КУЛЬТУР

**С.А. МАМЕДОВА**, кандидат биологических наук, smamedova2002@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-6884-757X>

**Э.Э. ДЖАФАРОВА, З.Ш. ИБРАГИМОВА, Н.Ч. БАХШИЕВА,**  
кандидаты биологических наук  
**В.Э. АХМЕДОВА**, научный сотрудник

ИНСТИТУТ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ  
АЗЕРБАЙДЖАНА

***Аннотация.** В статье отражены результаты изучения воздействия электромагнитного излучения на семена, длительное время хранившиеся в Национальном Генбанке Азербайджана и определения оптимальных доз воздействия, стимулирующих прорастание. Обработка проводилась как сухих, так и замоченных семян, а также дистиллированной воды, предназначенной для полива опытных семян. Материалом для исследования служили семена зернобобовых культур: чины посевной, чечевицы, фасоли и конских бобов. Оценка энергии прорастания и жизнеспособности семян проводилась по тесту лабораторной всхожести. Анализ полученных данных выявил стимулирующий прорастание эффект определенных доз и экспозиций. При этом наиболее эффективным оказался полив семян обработанной дозой  $600 \text{ Vt/dm}^3$  в течении 10 секунд дистиллированной водой. Полученные в ходе проведенных экспериментальных исследований результаты позволяют предположить возможность использования стимулирующих, характерных для каждого вида, доз электромагнитного излучения для активации первичных процессов метаболизма.*

***Ключевые слова:** бобовые растения, семена, хранение, всхожесть, электромагнитное излучение.*

***Для цитирования:** Мамедова С.А., Джафарова Э.Э., Ибрагимова З.Ш., Бахшиева Н.Ч., Ахмедова В.Э. Влияние электромагнитного излучения на семена бобовых культур. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3(51):25-31. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-25-31*

## EFFECT OF ELECTROMAGNETIC RADIATION ON LEGUME CROPS SEEDS

**S.A. Mammadova, E.E. Jafarova, Z.Sh. Ibrahimova, N.Ch. Bakhshieva, V.E. Akhmadova**  
GENETIC RESOURCES INSTITUTE OF MSE, Baku Azerbaijan

***Abstract:** The article presents the results of electromagnetic radiation effect studying on seeds stored for a long time in the Azerbaijan National Genebank and determining the optimal exposure doses stimulating germination. The treatment was carried out both dry and soaked seeds, as well as distilled water intended for watering experimental seeds. The material for the study was the seeds of leguminous crops: pea, lentils, beans and faba beans. Evaluation of germination energy and viability of seeds was carried out by laboratory germination test. Analysis of the obtained data revealed a germination-stimulating effect of certain doses and exposures. In this case, watering the seeds with a treated dose of  $600 \text{ Vt/dm}^3$  for 10 seconds with distilled water turned out to be the most effective. The results obtained in the course of experimental studies suggest the possibility of using stimulating, characteristic for each species, doses of electromagnetic radiation to activate the primary processes of metabolism.*

**Keywords:** legumes, seeds, storage, germination, electromagnetic radiation.

**Введение.** В коллекции бобовых культур Национального Генбанка Азербайджана сохраняется около 2 тысяч образцов. Поддержание жизнеспособности зародышевой плазмы генетических ресурсов растений в активном состоянии – одна из основных задач Генных Банков. Согласно стандартам ФАО, действующие коллекции должны храниться в условиях, гарантирующих, что жизнеспособность семян составит не менее 65% после 10-20 лет хранения. Условия среднесрочного хранения позволяют сохранять материал в течение 30 лет, для чего требуется хранение при пониженных температурах [1]. Поскольку процесс старения семян неизбежен даже при оптимальных условиях длительного хранения, актуален поиск новых способов и методов повышения сохранности семенного материала. Анализ литературных данных показал, что воздействие электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на живые объекты благоприятно влияет на их жизнеспособность и носит нетепловой, регуляторный и информативный характер [2, 3, 4]. В работе С.М.Ореховой указывается на ускорение процессов прорастания семян и благотворно влияет на семена предварительной обработки в течение 9 минут магнитного поля индукцией 8 мТл и частотой 16 Гц [5]. И.И. Шамгунов отмечает, что при обработке семян пшеницы в режиме работы микроволновой печи при низкой и средней мощности энергопотребления в течении 60 секунд наблюдается значительный прирост биомассы проростков семян [6]. В работе З.Х.-М. Хашаева показано, что облученная электромагнитным излучением дистиллированная вода способна передавать эффект воздействия биологическим системам т.е. участвующим в прорастании семенам [7]. Поэтому нами были предприняты попытки использования электромагнитного излучения для проверки возможности стимуляции прорастания семян, жизнеспособность которых понизилась из-за длительного хранения в условиях холодильной камеры [8]. Кроме того, применение излучения миллиметрового диапазона более перспективно и эффективно, чем использование других физических факторов. В отличие от химических методов, электромагнитное излучение миллиметрового диапазона при его применении влияет на жизнедеятельность растений и в то же время не оказывает никакого экологически вредного воздействия на окружающую среду. Это имеет большое значение для сельского хозяйства.

**Цель исследования** – выявление влияния электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на семена различных зернобобовых культур, длительное время хранившихся в Национальном Генбанке Азербайджана и определение оптимальной дозы воздействия для стимуляции прорастания.

#### **Материалы и методы исследования**

В ходе поиска путей сохранения качества семян, хранящихся в холодильной камере Национального Генбанка, были проведены эксперименты по изучению влияния электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на примере семян зернобобовых растений: *Lathyrus sativus* L. (LASA 4-74 (урожай 2015 года), LASA 85-01 (урожай 2007 года), LASA 1-71 (урожай 2007 года)), *Lens culinaris* Medik. (ShKB 5-44 (урожай 2015 года)), *Phaseolus vulgaris* L. (t-6 (урожай 2015 года)), *Vicia faba* L. (Flip 12-132 FB (урожай 2015 года)). Оценка жизнеспособности (G) проводилась в двух повторах по тесту лабораторной всхожести семян, выражаемой в процентах от общего числа посаженных семян (n):

$$G = \frac{A \times 100\%}{n}, \text{ где } A - \text{ число взошедших семян.}$$

Относительное изменение всхожести (V) вычислялось по формуле:

$$V = \frac{M - M_0}{M_0}, \text{ где } M - \% \text{ взошедших опытных семян, } M_0 - \% \text{ взошедших контрольных семян.}$$

На начальном этапе исследования длительность и силу воздействия микроволнового излучения для семян каждого растения подбирали в таком сочетании, чтобы была достигнута стимуляция прорастания семян. В качестве оборудования использовалась микроволновая печь Samsung C105AR/C105ABR (230Vt/50Hz, блок выходной мощности 100Vt/900Vt, стандарт EC-705, рабочая частота 2450MHz, объем камеры - 28 л). В первом

эксперименте при обработке семян использовали 2 единицы мощности ( $450 \text{ Vt/dm}^3$ ,  $600 \text{ Vt/dm}^3$ ) и 2 экспозиции (40 и 80 секунд). Во втором – для обработки семян была использована одна доза –  $600 \text{ Vt/dm}^3$ , но различная экспозиция (от 20 до 180 секунд). В третьем эксперименте использовалась обработанная электромагнитными лучами в дозе  $600 \text{ Vt/dm}^3$  в течение 10 секунд дистиллированная вода. В четвертом – обработка замоченных семян дозами  $300 \text{ Vt/dm}^3$  и  $450 \text{ Vt/dm}^3$  в течение 10 секунд. Каждая серия экспериментов сопровождалась созданием равных условий хранения и проращивания семян всех испытываемых растений.

### Результаты и их обсуждение

Всхожесть и энергия прорастания семян являются основными показателями качества семенного материала. Для определения оптимальной дозы и экспозиции электромагнитного излучения стимулирующих всхожесть семян бобовых культур на примере образца *Lathyrus sativus* L. (LASA 4-74) с 2015 года хранившихся в Генбанке использовали 2 единицы мощности ( $450 \text{ Vt/dm}^3$ ,  $600 \text{ Vt/dm}^3$ ) и 2 экспозиции (40 и 80 сек.). Как видно из рисунка 1, доза  $450 \text{ Vt/dm}^3$  при продолжительности действия 40 секунд оказалась более оптимальной для семян чины посевной, всхожесть семян увеличилась на 15,0% и составила 85,0%. Увеличение дозы и времени воздействия излучения подавляло рост и развитие растений.

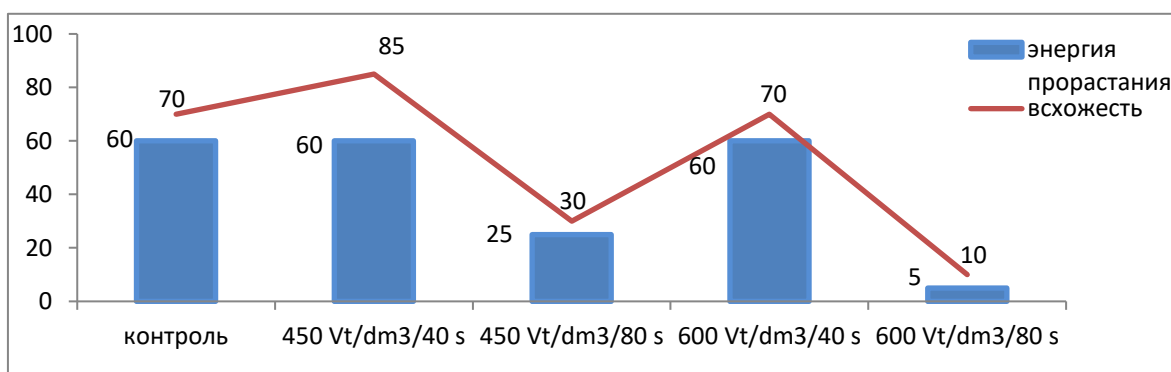
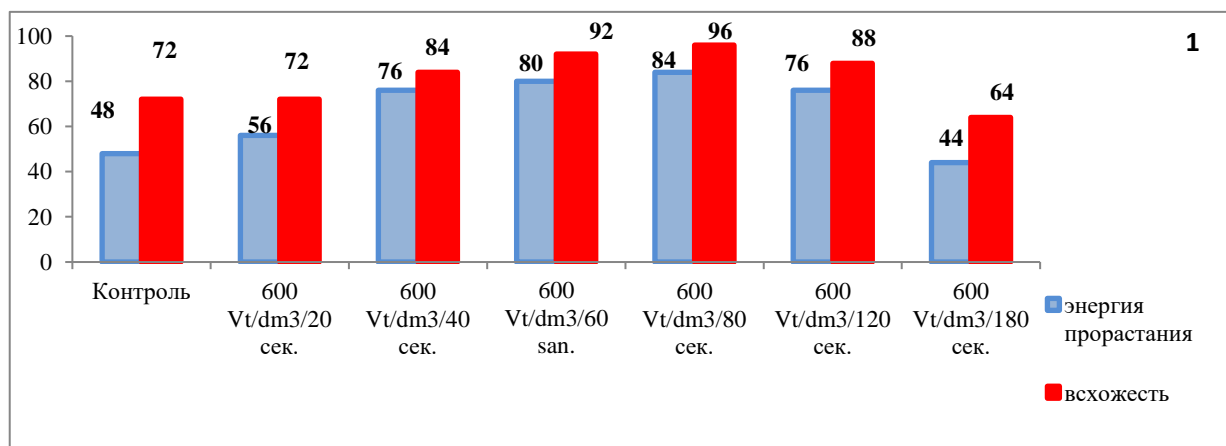


Рис. 1. Влияние электромагнитного излучения на энергию прорастания и всхожесть семян образца растения чины посевной (LASA 4-74)

В дальнейших исследованиях на примере 2 видов бобовых растений, семена которых хранились в холодильной камере с 2015 года и различались по своим размерам (*Lens culinaris* Medik. и *Phaseolus vulgaris* L.), была использована одна доза –  $600 \text{ Vt/dm}^3$ , но различная экспозиция (от 20 до 180 сек.) (рис. 2). В отличие от семян чечевицы, для стимуляции прорастания семян фасоли требовалось большее время воздействия ( $600 \text{ Vt/dm}^3/180 \text{ сек.}$ ). Для стимуляции прорастания семян чечевицы было достаточно более короткой экспозиции (80 секунд) при мощности  $600 \text{ Vt/dm}^3$ .



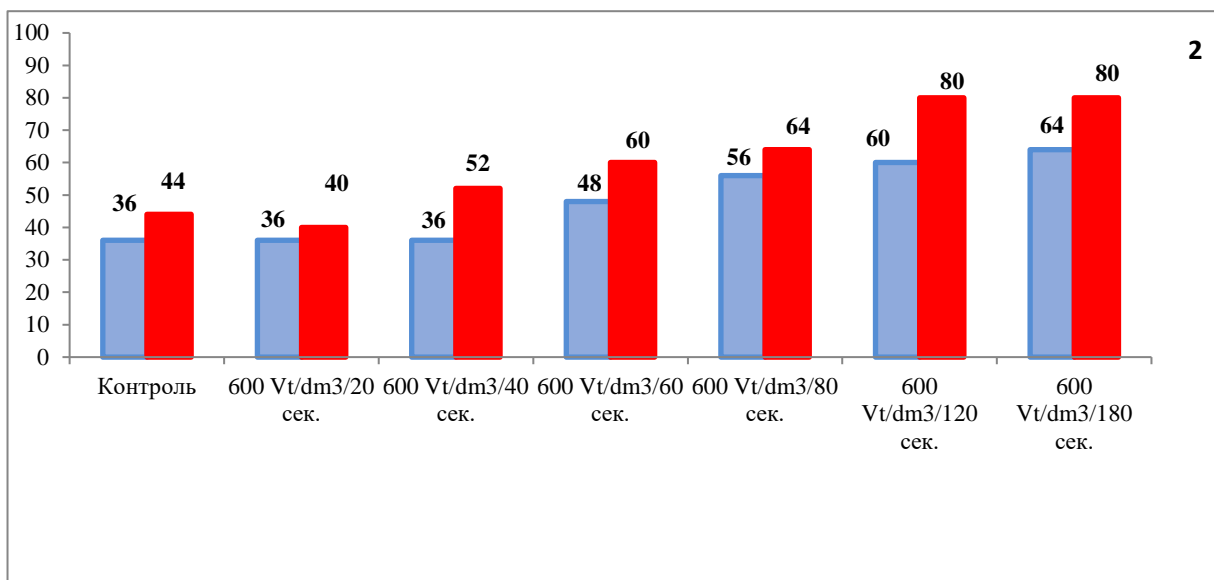


Рис. 2. Влияние электромагнитного излучения на энергию прорастания и всхожесть семян чечевицы (*ShKB 5-44*) (1) и фасоли (*t-6*) (2)

Далее представляло интерес изучение влияния облученной электромагнитным излучением дистиллированной воды на всхожесть семян зернобобовых культур на примере 2 образцов чины посевной, хранившихся в холодильной камере Национального Генбанка в течение 17 лет (рис. 3). В первую очередь следует отметить, что для обоих образцов было характерно более раннее начало прорастания политых облученной водой семян. Анализ результатов исследования показал, что обработанная электромагнитными лучами дистиллированная вода в дозе  $600 \text{ Vt/dm}^3$  в течение 10 секунд благоприятно влияет на процессы прорастания семян обоих образцов чины посевной, увеличивая всхожесть на 16,0% у образца *LASA 85-01* и на 38,0% у образца *LASA 1-71*. Увеличение дозы до  $900 \text{ Vt/dm}^3/10$  секунд подавляло процессы прорастания.

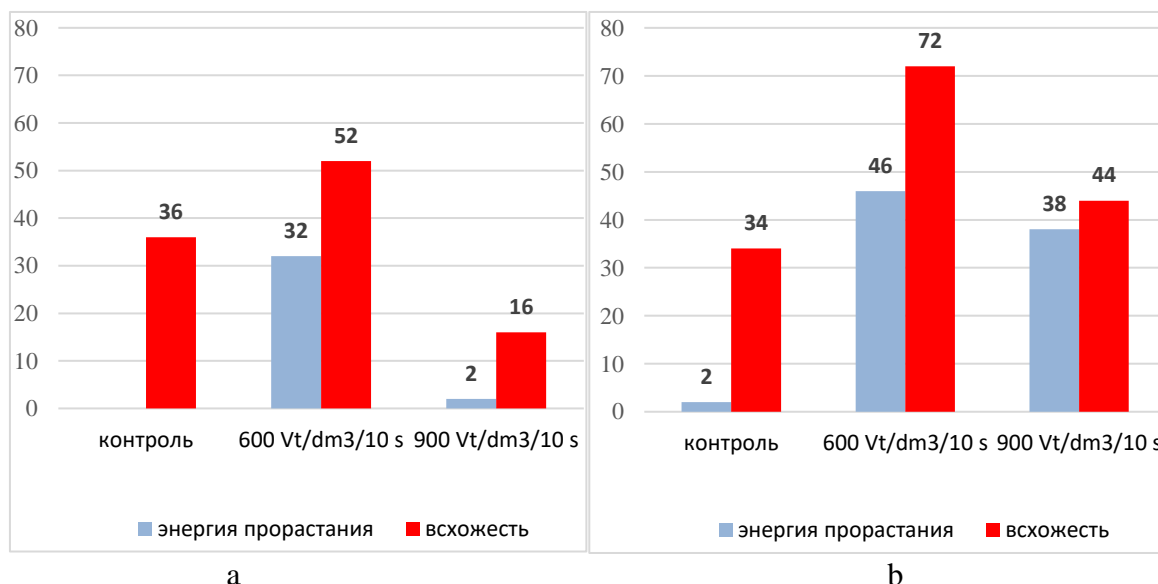


Рис. 3. Влияние облученной воды на энергию прорастания и всхожесть семян образцов чины посевной (a - *LASA 85-01*, b - *LASA 1-71*)

В ходе дальнейших исследований на примере образца *Vicia faba* (*Flip 12-132FB*), семена которого хранились в холодильной камере в течение 9 лет было выявлено, что обработка замоченных семян конских бобов дозой  $450 \text{ Vt/dm}^3$  в течение 40 секунд увеличивала количество проросших семян на 17,5% (рис. 4). Во втором варианте опыта,

сухие семена, политые облученной водой в той же дозе взошли на 22,5% активнее, чем семена контрольного варианта.

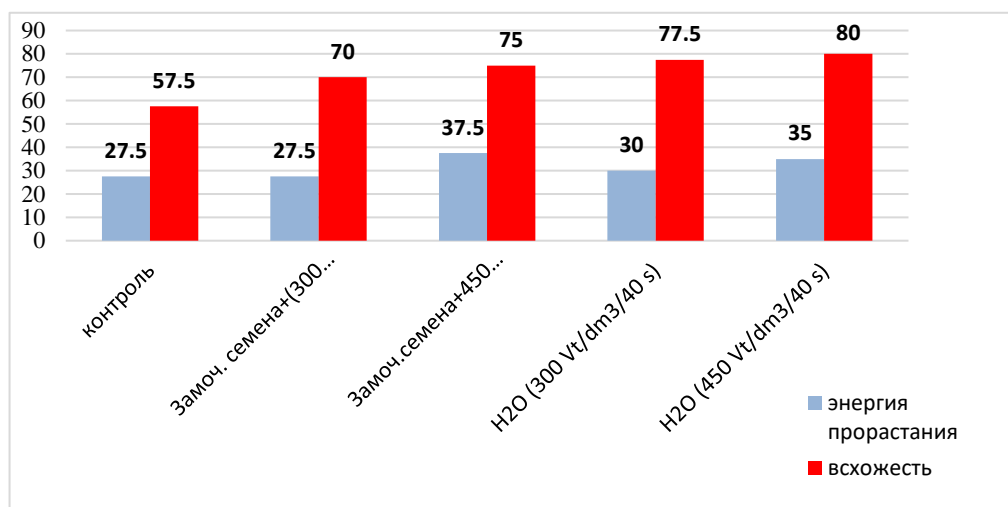


Рис. 4. Влияние микроволнового излучения на энергию прорастания и всхожесть замоченных семян конских бобов (Flip 12-132FB)

Анализ влияния электромагнитного облучения на всхожесть семян различных зернобобовых культур показывает, что наибольший прирост всхожести наблюдался при использовании облученной воды в варианте опыта с образцом LASA 1-71. (таблица).

Таблица

**Результаты анализа полученных данных по влиянию электромагнитного облучения на всхожесть семян различных зернобобовых культур**

Образец	Доза/ экспозиция	Обработка ЭМО			Относительное изменение всхожести, $\frac{M - M_0}{M_0}$
		семена	вода	замоченные семена	
		Увеличение всхожести, %			
<i>Lathyrus sativa</i> - LASA 4-74	450 Vt/dm <sup>3</sup> /40	+15,0			+ 0,21
	450 Vt/dm <sup>3</sup> /80	- 40,0			- 0,57
	600 Vt/dm <sup>3</sup> /40	0			0
	600 Vt/dm <sup>3</sup> /80	- 60,0			- 0,85
<i>Lens culinaris</i> - ShKB 5-44	600 Vt/dm <sup>3</sup> /20	0			0
	600 Vt/dm <sup>3</sup> /40	+ 12,0			+ 0,16
	600 Vt/dm <sup>3</sup> /60	+20,0			+ 0,27
	600 Vt/dm <sup>3</sup> /80	+24,0			+ 0,33
	600 Vt/dm <sup>3</sup> /120	+16,0			+0,22
	600 Vt/dm <sup>3</sup> /180	- 8,0			- 0,11
<i>Phaseolus vulgaris</i> - t-6	600 Vt/dm <sup>3</sup> /20	- 4,0			- 0,09
	600 Vt/dm <sup>3</sup> /40	+ 8,0			+ 0,18
	600 Vt/dm <sup>3</sup> /60	+ 16,0			+0,36
	600 Vt/dm <sup>3</sup> /80	+20,0			+ 0,45
	600 Vt/dm <sup>3</sup> /120	+36,0			+ 0,81
	600 Vt/dm <sup>3</sup> /180	+36,0			+ 0,81
<i>Lathyrus sativa</i> - LASA 85-01	600 Vt/dm <sup>3</sup> /10		+ 16,0		+ 0,44
	900 Vt/dm <sup>3</sup> /10		- 20,0		- 0,55
<i>Lathyrus sativa</i> - LASA 1-71	600 Vt/dm <sup>3</sup> /10		+ <b>38,0</b>		+ <b>1,11</b>
	900 Vt/dm <sup>3</sup> /10		+ 10,0		+ 0,29
<i>Vicia faba</i> - Flip 12-132FB	300 Vt/dm <sup>3</sup> /40		+ 20,0		+ 0,34
	450 Vt/dm <sup>3</sup> /40		+22,5		+ 0,39
<i>Vicia faba</i> - Flip 12-132FB	300 Vt/dm <sup>3</sup> /40			+ 12,5	+ 0,21
	450 Vt/dm <sup>3</sup> /40			+ 17,5	+ 0,3

### Заключение

Таким образом, анализ полученных данных по влиянию электромагнитного излучения на всхожесть семян зернобобовых растений, длительно хранящихся в холодильной камере, выявил стимулирующий прорастание эффект сочетания определенных доз и экспозиций. Для всех опытных вариантов было характерно раннее по сравнению с контрольными прорастание семян. При этом наиболее эффективным оказался полив семян обработанной дозой  $600\text{Vt/dm}^3$  в течении 10 секунд дистиллированной водой.

### Литература

1. FAO. 2022. Practical guide for the application of the Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture: Conservation of orthodox seeds in seed genebanks. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc0021en>
2. Корлэтяну Л.Б. Жизнеспособность семян культурных растений в условиях консервации *ex situ* при действии миллиметрового излучения (монография) //науч.ред. С.Н.Маслоброд, А.И.Ганя. Акад.наук Молдовы, Институт генетики и физиологии растений - К: Б.и. – 2012. – 156 с.
3. Логачёв А.В., Заплетина А.В., Бастрон А.В. Исследование влияния режимов предпосевной обработки семян зеленных культур СВЧ-энергией на лабораторную всхожесть //Вестник Крас ГАУ. – 2017. – № 1. – С. 77-84.
4. Розметов К.С. Технология микроволновой предпосевной обработки семян хлопчатника в условиях Туркменистана // Молодой ученый. – 2013. – № 6 (53). – С. 123-127 URL: <https://moluch.ru/archive/53/7194/>
5. Орехова С.М. Влияние магнитного поля различных конфигураций на всхожесть семян чечевицы // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – 2 (46). – С. 66-73. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-66-73
6. Шамгунов И.И., Степура А.В. Исследование влияния предпосевного СВЧ воздействия на морфологические показатели прорастающих семян яровой пшеницы// Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 2. - Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». - 2007–2017 [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4243](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4243)
7. Хашаев З.Х.-М., Кожокару А.Ф., Шекшеев Э.М. Влияние облученной ЭМИ дистиллированной воды на растительные объекты // Известия ТРТУ. Тематический выпуск. «Интеллектуальные САПР». – 1999. – С. 274-281.
8. Мамедова С.А., Ахмедова В.Э., Гулиева С., Ахундова Э.М. Стимуляция прорастания семян электромагнитным излучением//Международный научный журнал «Актуальные исследования», Белгород: ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ). – 2023. – № 2 (132). – С. 22-25. URL: <https://apni.ru/article/5339-stimulyatsiya-prorastaniya-semyan-elektromagn>

### References

1. FAO. 2022. Practical guide for the application of the Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture: Conservation of orthodox seeds in seed genebanks. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc0021en>
2. Korlehtyanu L.B. Zhiznesposobnost' semyan kul'turnykh rastenii v usloviyakh konservatsii ex situ pri deistvii millimetrovogo izlucheniya (monografiya) [Viability of seeds of cultivated plants in conditions of ex situ conservation under the action of millimeter radiation (monograph)]. Nauch.red. S.N.Maslobrod, A.I.Ganya. Akad.nauk Moldovy, Institut genetiki i fiziologii rastenii.-K: B.i., 2012 (Tipogr.AŞM). 156 p. (in Russian)
3. Logachev A.V., Zapletina A.V., Bastron A.V. Issledovanie vliyaniya rezhimov predposevnoi obrabotki semyan zelennykh kul'tur svch-ehnergiei na laboratornuyu vskhozhest' [Investigation of the influence of modes of pre-sowing treatment of seeds of green crops with svch-energy on laboratory germination] *Vestnik Kras GAU*. 2017. no.1, pp.77-84 (in Russian)

4. Rozmetov, K.S. Tekhnologiya mikrovolnovoï predposevnoi obrabotki semyan khlopchatnika v usloviyakh Turkmenistana [Technology of microwave pre-sowing treatment of cotton seeds in the conditions of Turkmenistan]. *Molodoi uchenyi*. 2013. no.6 (53). pp. 123-127. URL: <https://moluch.ru/archive/53/7194/>(in Russian)
5. Orekhova S.M. Vliyanie magnitnogo polya razlichnykh konfiguratsii na vskhozhest' semyan chechevitsy. [Effect of magnetic fields of different configurations on lentil seed germination]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2023; 2(46), pp. 66-73. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-66-73 (in Russian)
6. Shamgunov I.I., Stepura A.V. Issledovanie vliyaniya predposevnogo SVCH vozdeistviya na morfologicheskie pokazateli prorstayushchikh semyan yarovoi pshenitsy [Research of influence of presowing microwave exposure on morphological indices of germinating seeds of spring wheat]. *Inzhenernyi vestnik Dona*, №2 (2017) Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Inzhenernyi vestnik Dona», 2007–2017 ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4243 (in Russian)
7. Khashaev Z.KH.-M., Kozhokaru A.F., Sheksheev EH.M. Vliyanie obluchennoi EHMI distillirovannoi vody na rastitel'nye ob"ekty [Influence of EMI-irradiated distilled water on plant objects]. *Izvestiya TRTU*. Tematicheskii vypusk. «Intellektual'nye SAPR». 1999, pp. 274-281 (in Russian)
8. Mammadova S.A., Akhmadova V.E., Gulieva S., Akhundova E.M. Stimulyatsiya prorstaniya semyan ehlektromagnitnym izlucheniem [Stimulation of seed germination by electromagnetic radiation]. *Mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal Aktual'nye issledovaniya*, Belgorod: OOO Agentstvo perspektivnykh nauchnykh issledovaniï (APNI). 2023., no. 2(132), pp. 22-25 (in Russian)

**КОРМОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗЕЛеноЙ МАССЫ ГОРОХА ПОЛЕВОГО СОРТА КРАСИВЫЙ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ, ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ В ВОЛГО-ВЯТСКОМ РЕГИОНЕ**

**С.В. ПОНОМАРЕВА**, ORCIDID 0000-0002-5532-3574

**А.В. ИВЕНИН**, доктор сельскохозяйственных наук, ORCIDID 0000-0001-6903-8312,  
E-mail: a.v.ivenin@mail.ru

**Ю.А. БОГОМОЛОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
ORCIDID 0000-0003-3727-1157

ФГБОУ ВО НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

*Аннотация.* В статье приведены результаты исследований, проведенных в Нижегородском НИИСХ – структурном подразделении Нижегородского ГАТУ в 2017-2021 гг. по урожайности зеленой массы и ее химического состава гороха полевого сорта Красивый в конкурсном сортоиспытании (КСИ).

Наибольшее содержание сырого протеина в вегетативной части гороха отмечено в 2017, 2019 и 2021 годах с достаточной увлажненностью в период цветения-созревания - 21,80; 20,84 и 20,10% соответственно (ГТК соответственно по годам составили величину 1,6; 1,3; 1,6). Установлено, что на содержание сырого жира, сырой клетчатки и сырой золы в зеленой массе полевого гороха влияет количество выпавших осадков: в 2017 и 2021 годах с хорошей увлажненностью (ГТК за вегетацию составил соответственно величины 1,6 и 1,8, при среднемноголетнем значении ГТК-1,24) содержание сырого жира составило 3,41 и 3,56%, сырой клетчатки 19,75 и 18,70%, сырой золы 8,70 и 6,67%. В засушливые по увлажнению года содержание данных показателей качества химического состава зеленой массы гороха (пелюшки) снижалось.

Содержания калия ( $r$  = от -0,04-до -0,50 (кроме 2021 года)) и фосфора ( $r$  = от -0,33-до -0,99 (кроме 2021 года)) на абсолютно сухое вещество зеленой массы гороха находятся в обратной корреляционной зависимости от содержания в ней кальция.

При проведении анализа изменчивости урожайности зеленой массы гороха полевого сорта Красивый по годам установили зависимость этого показателя от погоды наблюдений в период вегетации: в засушливых условиях вегетации коэффициент вариации составил соответственно – 4,0 и 9,0%; в благоприятных по погодным условиям, условиях вегетации гороха данные коэффициенты вариации были выше (10,0-13,0 %) – выявлена средняя степень влияния погодных условий на урожайность его зеленой массы. При этом уровень урожайности зеленой массы гороха полевого сорта Красивый в засушливых условиях составил 13,4 (2018 г) и 14,2 (2019 г) т/га (при НСР<sub>05</sub>- 0,27); при хорошей влагообеспеченности – 23,5 (2017 г), 25,9(2020 г) и 17,7(2021 г.) т/га (при НСР<sub>05</sub>- 0,27). Химический состав зеленой массы гороха полевого находится в зависимости от погодных условиях вегетации: содержание сырого протеина варьирует в средней степени (коэффициент вариации ( $V_c$ ) составил интервал 9,0-16,0%); содержание сырого жира варьирует в средней степени ( $V_c$ -10,0-22,0 %); содержание сырой клетчатки варьирует в средней степени ( $V_c$ -13,0-19,0%). Содержание минеральных элементов (калий, фосфор, кальций) в зеленой массе гороха полевого в основном незначительно зависит от погодных условий вегетации ( $V_c$  не больше 10%).



**Ключевые слова:** горох (пелюшка), погодные условия, сырой протеин, сырой жир, сырая клетчатка, калий, фосфор, кальций, вариация.

**Для цитирования:** Пономарева С.В., Ивенин А.В., Богомолова Ю.А. Кормовые характеристики зеленой массы гороха полевого сорта Красивый, в зависимости от погодных условий, при возделывании в Волго-Вятском регионе. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3(51):32-40. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-32-40

## FODDER CHARACTERISTICS OF THE GREEN MASS OF FIELD PEAS OF THE BEAUTIFUL VARIETY, DEPENDING ON WEATHER CONDITIONS, WHEN CULTIVATED IN THE VOLGA-VYATKA REGION

Sv.VI. Ponomareva, Al.V. Ivenin, Ju.Al. Bogomolova

NIZHNY NOVGOROD STATE AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY, NIZHNY NOVGOROD, RUSSIA

**Abstract:** *The article presents the results of research conducted in the Nizhny Novgorod Research Institute (currently a division of Nizhny Novgorod GATU) in 2017-2021..according to the yield of the green mass and its chemical composition, field grade peas are Beautiful in a competitive variety test (CSI). The highest content of crude protein in the vegetative part of peas was noted in 2017, 2019 and 2021 with sufficient moisture during the flowering-maturation period - 21.80; 20.84 and 20.10%, respectively (GTC, respectively, by year, amounted to 1.6; 1.3; 1.6). It was found that the amount of precipitation affects the content of crude fat, crude fiber and crude ash in the green mass of field peas: in 2017 and 2021, with good moisture content (GTC during the growing season was 1.6 and 1.8, respectively, with an average annual value of GTC-1.24), the content of crude fat was 3.41 and 3.56%, crude fiber 19.75 and 18.70%, crude ash 8.70 and 6.67%. In dry humid years, the content of these indicators of the quality of the chemical composition of the green mass of peas (pellets) decreased. Potassium content ( $r =$  from -0.04 to -0.50 (except 2021)) and phosphorus ( $r =$  from -0.33 to -0.99 (except 2021)) on the absolutely dry substance of the green mass of peas are inversely correlated with the content of calcium in it. When analyzing the variability of the yield of the green mass of field peas of the Beautiful variety over the years, the dependence of this indicator on the weather of observations during its vegetation period was established: in arid vegetation conditions, the coefficient of variation was 4.0 and 9.0%, respectively; in favorable weather conditions, the conditions of pea vegetation, this coefficient of variation was higher (10.0-13.0%) - the average degree of influence of weather conditions on the yield of its green mass has been revealed. At the same time, the yield level of the green mass of field peas of the Krasivy variety in arid conditions was 13.4 (2018) and 14.2 (2019) t/ha (with NSR 05 - 0.27); with good moisture supply - 23.5 (2017), 25.9 (2020) and 17.7 (2021) t/ha (at NSR 05- 0.27). The chemical composition of the green mass of field peas depends on the weather conditions of the vegetation: the content of crude protein varies to an average degree (coefficient of variation (Vc) was the range 9.0-16.0%); the content of crude fat varies to an average degree (Vc-10.0-22.0%); the crude fiber content varies to an average degree ((Vc-13.0-19.0%). The content of mineral elements (potassium, phosphorus, calcium) in the green mass of field peas mainly slightly depends on the weather conditions of the growing season (Vc no more than 10%).*

**Keywords:** Peas (pelyushka), weather conditions, crude protein, crude fat, crude fiber, potassium content, phosphorus, calcium, variation.

**Введение.** Важнейшей задачей государства является обеспечение населения страны качественными продуктами питания и сельскохозяйственным сырьем отечественного производства в достаточном объеме. В ее решении важнейшее место занимает кормопроизводство. Кормовая база является основой устойчивого развития высокопродуктивного животноводства. Слабая кормовая база является причиной низких

показателей в животноводстве, которая характеризуется недостаточным производством кормов и низким их качеством [1]. Нарушение требований технологий кормопроизводства приводит к большим потерям питательных веществ, перерасходу кормов на единицу продукции, повышая ее себестоимость [2]. Следует отметить, что в рационах наших травоядных животных остро не хватает «дешевого» зеленого корма. Зеленые корма составляют незначительную долю, всего 10-20% [3]. Однако, есть культуры богатые белком и энергией, способные возместить недостаток питательности корма. Это зернобобовые культуры. Они дают ценный зеленый корм, обеспечивая потребность в биологически ценных белках, аминокислотах, минеральных веществах и витаминах [4]. В Волго-Вятском регионе из однолетних зернобобовых культур на зеленый корм, приготовления сенажа, силоса используют горох посевной. Низкая степень лигнификации клетчатки гороха позволяет эффективно использовать горох в кормлении животных на протяжении длительного периода [5]. По химическому составу горох посевной соответствует другим бобовым культурам: в ранние фазы вегетации содержит значительное количество протеина (около 4%), оптимальный набор углеводов. Содержание кальция составляет 3 г, фосфора 0,8 г [6]. Не менее интересен для использования на корм горох полевой (пелюшка). Ценность его определяется способностью давать высокую урожайность зеленой массы, охотно поедаемую всеми видами животных. На кормовые цели до сих пор используют зерновые сорта гороха, поскольку они более изучены и данные по химическому составу несложно найти в справочниках. Отсутствие же достаточной информации по качественному составу зеленой массы кормового гороха, а также по влиянию погодных условий на формирование элементов, составляющих питательную ценность, тормозит широкое применение культуры.

**Цель исследований** – изучение влияния метеоусловий на качество зеленой массы гороха полевого, выявление корреляционной взаимосвязи между ее химическим составом.

#### **Материалы и методы исследований**

Полевые опыты были заложены в конкурсном сортоиспытании на опытном поле отдела селекции и семеноводства Нижегородского НИИСХ в 2017-2021 гг. с сортом гороха полевого Красивый

Сорт *Красивый* в 2015 году включен в Госреестр селекционных достижений (патент № 7814 от 30.03.15) Родословная: Б-6204 (Ропека × Неосыпающийся 1) × Айна. Рекомендован для возделывания в Кировской, Нижегородской, Свердловской областях и Пермском крае. Неосыпающийся. Семена угловато – округлые, коричневые, без рисунка. Семядоли желтые. Рубчик закрыт остатком семяножки. Средняя урожайность сухого вещества в регионе – 45,8 ц/га, на 3,2 ц/га выше среднего стандарта; семян – 18 ц/га, на уровне стандарта. Устойчивость к полеганию средняя. Устойчивость к осыпанию и засухе выше средней. Масса 1000 семян 187-217 г. Содержание белка в сухом веществе 14,5-18,8%.

Выращивание гороха, фенологические наблюдения, учеты проводили согласно общепринятым методикам государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Анализ химического состава зеленой массы гороха (пелюшки) проводился в аналитической лаборатории Нижегородского НИИСХ в соответствии со следующими ГОСТами: химический состав зеленой массы гороха – сырой протеин –13496.4-93; жир –13496.15-85; клетчатку – по Кюшнеру и Ганеку.); минеральный состав - фосфор – 26657-85; зола – 26226-84; калий определяли по Разумову; кальций-26570-95.

Математическую обработку результатов исследований проводили при помощи компьютерных программ, согласно методикам по Б.А. Доспехова [7].

Почва опытного участка – светло-серая лесная, средней степени окультуренности.

Предшественник – гречиха. Посев гороха (пелюшки) осуществляли сеялкой ССФК-7 (в 2018 и 2019 гг. – третья декада апреля; в 2017 и 2020 гг. – первая декада мая; в 2021 году – вторая декада мая). Повторность четырехкратная. Учет урожайности зеленой массы гороха полевого проводился на 10 день от начала цветения.

Анализ погодных условий в период вегетации проводили с использованием ГТК по Селянинову, рассчитанных по данным, полученных от метеостанции «Ройка» (рис. 1, 2, 3).

Условия вегетации за время исследований существенно различались. Данные показывают, что вегетационный период 2017 г был очень теплым и влажным (рис. 1, 2, 3): в межфазный период «цветение-созревание» растения гороха были наиболее (по сравнению с остальными годами) обеспечены основными климатическими факторами жизни растений ( $\sum_{t>10^{\circ}\text{C}}=932,4^{\circ}\text{C}$ ,  $\sum r = 150,5$  мм, ГТК 1,6). 2018 год характеризовался сухой и жаркой погодой. В период «цветение – созревание» максимальная сумма активных температур воздуха составила 905,8 °С, а осадков 62,1 мм (ГТК 0,7-засушливые условия).

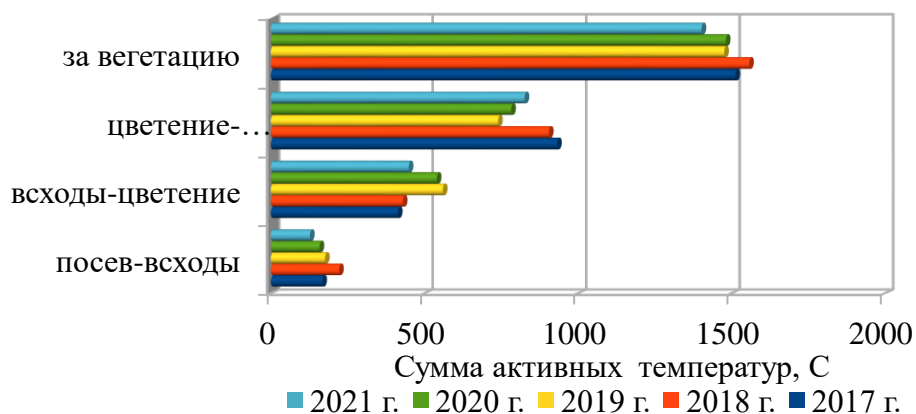


Рис. 1. Сумма активных температур в период вегетации гороха сорта Красивый

2019 год характеризовался относительно прохладными и умеренно влажными летними месяцами вегетации гороха. Высокая обеспеченность теплом наблюдалась лишь в начале июня (период «всходы-цветение» у гороха). В период «цветение-созревание» сумма активных температур воздуха была минимальной по сравнению с другими годами изучаемого периода (740,2°С). Влаги для данного температурного фона выпало достаточно (97,9 мм), что обусловило расчетный ГТК – 1,3, при среднемноголетнем значении ГТК-1,24.

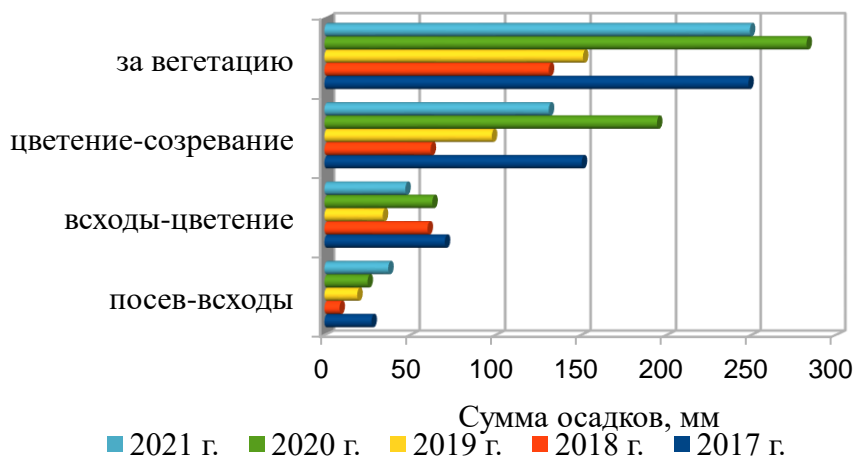


Рис. 2. Сумма осадков в период вегетации гороха сорта Красивый

В 2020 году наблюдалась теплая с хорошей влагообеспеченностью погода: тепло - и влага в период «всходы – цветение» составили соответственно 540,5°С и 63,1 мм величины, условия для развития растений были благоприятными (ГТК 1,2). В фазу «цветение – созревание» наблюдалась умеренно теплая и переувлажненная погода (ГТК 2,5).

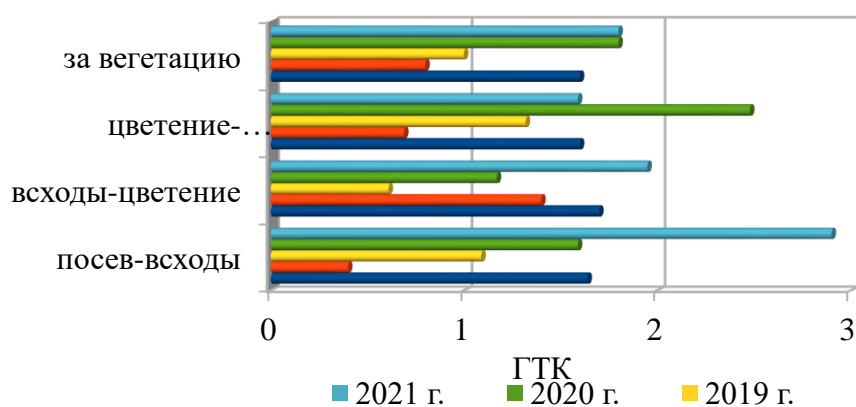


Рис. 3. Гидротермический коэффициент (ГТК) в период вегетации гороха сорта Красивый

2021 год отличался теплой и влажной погодой: в период «посев – всходы» ГТК составил 2,9. В дальнейшем к периоду «цветение – созревание» оптимизировались показатели тепла 826,5°С и влаги 131,2 мм соответственно, условия для роста и развития растений были благоприятными (ГТК 1,6).

### Результаты и их обсуждение

Зеленая масса бобовых культур (в частности и гороха) богата протеином, углеводами, различными аминокислотами, клетчаткой, витаминами, минеральными веществами в легкоусвояемой форме. Она охотно поедается крупно рогатым скотом (КРС) всех возрастов. Химический состав зеленой массы зависит от возраста растений, условий их возделывания и выращивания [8]. По данным Токорева В.С сухое вещество гороха содержит: 13-25% сырого протеина, 4-5% сырого жира, 15-18% клетчатки и 8-11% сырой золы [9].

Результаты исследования показали, что содержание основных веществ в зеленой массе полевого гороха сорта Красивый, особенно сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира изменялось в зависимости от климатических условий (рис. 4).

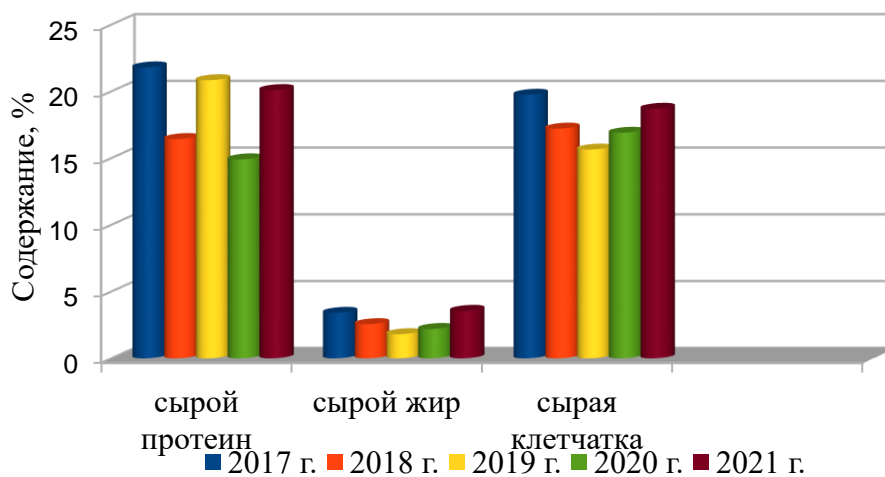


Рис. 4. Химический состав зеленой массы гороха полевого сорта Красивый (в абсолютно сухом веществе)

Сырой протеин в горохе полевом содержится в листьях, стеблях. За период исследования он в среднем составил 14,91-21,80%. Наибольшее содержание сырого протеина в вегетативной части отмечено в 2017, 2019 и 2021 годах с достаточной увлажненностью в период цветения-созревания (ГТК соответственно составили величину 1,6; 1,3; 1,6) -21,80; 20,84 и 20,10% соответственно. В годы с недостаточным (2018, ГТК- 07) или с большим (2021, ГТК-2.5) увлажнением в данный период наблюдалось снижение показателя до 16,43 и 14,91% соответственно. Установлено, что на содержание сырого жира, сырой клетчатки в зеленой массе полевого гороха влияет количество выпавших осадков. Так в 2017 и 2021 годах с хорошей увлажненностью (ГТК за вегетацию составил соответственно величины 1,6

и 1,8, при среднемноголетнем значении ГТК-1,24) содержание сырого жира составило 3,41 и 3,56%, сырой клетчатки 19,75 и 18,70%. В годы небольшим количеством осадков содержание показателей снижалось. В опыте установлено, что годы с оптимальным распределением осадков в период вегетации (2017 и 2021года) в растениях гороха накапливалось больше калия (1,84; 1,28%), фосфора (0,38; 0,33%). Самое высокое содержания кальция в растительной массе гороха выявлено в 2021 году (ГТК вегетационного периода гороха-1,8, при среднемноголетнем значении-1,24) – 1,32% (рис. 5).

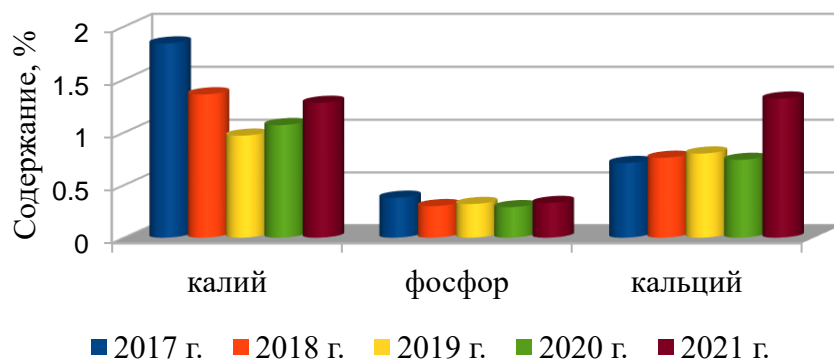


Рис. 5. Минеральный состав зеленой массы гороха полевого сорта Красивый (в абсолютно сухом веществе)

В наших исследованиях установлено, что связь между химическим составом зеленой массы у сортов кормового гороха за 2017-2021 гг. в значительной степени подвержена модифицирующему влиянию факторов внешней среды (табл. 1).

Таблица 1

**Корреляционная зависимость (r) между химического состава зеленой массы у гороха полевого сорта Красивый за 2017-2021 гг.**

Показатель	Годы	Сырой жир	Сырая клетчатка	Калий	Фосфор	Кальций
Сырой протеин	2017	+0,15	+0,17	+0,84	+0,99	-0,76
	2018	+0,27	-0,25	+0,52	+0,92	-0,14
	2019	+0,36	+0,04	+0,99	+0,56	-0,20
	2020	+0,50	-0,28	+0,85	+0,81	-0,17
	2021	+0,53	+0,28	+0,70	+0,87	+0,57
Сырой жир	2017	-	-0,76	+0,48	+0,11	-0,23
	2018	-	+0,47	+0,48	+0,39	-0,70
	2019	-	-0,23	+0,01	+0,80	-0,68
	2020	-	+0,58	+0,20	+0,60	-0,64
	2021	-	+0,26	+0,75	+0,99	+0,65
Сырая клетчатка	2017	-	-	-0,14	+0,19	+0,004
	2018	-	-	+0,32	-0,03	-0,07
	2019	-	-	-0,28	-0,31	+0,19
	2020	-	-	-0,42	-0,05	-0,50
	2021	-	-	+0,15	+0,35	-0,56
Калий	2017	-	-	-	+0,83	-0,50
	2018	-	-	-	+0,60	-0,43
	2019	-	-	-	+0,67	-0,40
	2020	-	-	-	+0,85	-0,04
	2021	-	-	-	+0,67	+0,50
Фосфор	2017	-	-	-	-	-0,67
	2018	-	-	-	-	-0,33
	2019	-	-	-	-	-0,99
	2020	-	-	-	-	-0,67
	2021	-	-	-	-	+0,75

При анализе таблицы 1 установлено, что между таким показателем, как сырой протеин и сырой жир; сырая клетчатка ((кроме 2018 и 2020 гг., которые характеризуются засушливыми (ГТК-0,7) и переувлажненными (ГТК-2,5) погодными условиями в период цветения-созревания соответственно)); содержания калия и фосфора выявлена прямая зависимость. При этом корреляционная связь между содержанием сырого протеина и содержанием калия и фосфора в зеленой массе гороха при пересчете на абсолютно сухое вещество прямая заметная и высокая и весьма высокая ( $r = +0,52- +0,99$  и  $+0,56- +0,99$  соответственно). При этом между содержанием сырого протеина и содержанием кальция в абсолютно сухом веществе выявлена обратная корреляционная зависимость (кроме 2018 и 2020 гг., которые характеризуются засушливыми (ГТК-0,7) и переувлажненными (ГТК-2,5) погодными условиями в период цветения-созревания соответственно). Выявлено, что содержания таких элементов как калий ( $r =$  от  $-0,04$  до  $-0,50$  (кроме 2021 года, при ГТК в период всходов-цветения составил величину 1,05-засушливые условия)) и фосфор ( $r =$  от  $-0,33$ -до  $-0,99$  (кроме 2021 года) (на абсолютно сухое вещество), так же находятся в обратной корреляционной зависимости от содержания кальция (в абсолютно сухом веществе).

Выявлено, что между содержанием сырой клетчатки и содержание фосфора в зеленой массе (при пересчете на абсолютно сухое вещество) в засушливых условиях 2018 и 2019 гг. (ГТК соответственно 0,8 и 1,0, при среднемноголетнем значении ГТК-1,24), а также в в переувлажненном 2020 году (ГТК в период цветения-созревания-2,5) выявлена обратная слабая ( $r =$  от  $-0,03$ -до  $-0,31$ ) корреляционная зависимость (табл. 1).

Погодные условия вегетации гороха полевого (пелюшки) сорта Красивый оказали влияние на его урожайность зеленой массы (табл. 2).

Таблица 2

**Урожайность и химический состав зеленой массы гороха полевого сорта Красивый и их вариация за 2017-2021 гг.**

Показатель	Годы									
	2017		2018		2019.		2020		2021	
	хср ± Scp	Vc %	хср ± Scp	Vc %	хср ± Scp	Vc %	хср ± Scp	Vc %	хср ± Scp	Vc %
Урожайность	23,50±2,82	10,0	13,40±0,69	4,0	14,20±1,48	9,0	25,90±3,84	13,0	17,70±2,59	13,0
Содержание, %										
Сырой протеин	21,80±2,53	50,0	16,43±3,91	2,0	20,84±3,82	16,0	14,91±2,45	14,0	20,10±2,06	9,0
Сырой жир	3,41±0,510	3,0	2,56±0,40	14,0	1,81±0,45	22,0	2,20±0,26	10,0	3,56±0,56	14,0
Сырая клетчатка	19,75±1,79	19,0	17,21±2,50	13,0	15,64±2,52	14,0	16,90±3,21	17,0	18,70±1,38	6,0
Калий	1,84±0,002	0,10	1,36±0,01	1,0	0,97±0,07	7,0	1,07±0,13	10,0	1,28±0,08	5,0
Фосфор	0,38±0,11	0,10	0,30±0,26	23,0	0,32±0,08	8,0	0,29±0,06	19,0	0,33±0,02	6,0
Кальций	0,71±0,11	10,0	0,76±0,01	1,0	0,80±0,01	1,0	0,74±0,14	16,0	1,32±0,11	7,0
НСР <sub>05</sub> урожайность	0,27									

При проведении анализа изменчивости урожайности зеленой массы гороха полевого сорта Красивый по годам установили зависимость этого показателя от погоды наблюдений в период его вегетации. В засушливых условиях вегетации в 2018 (ГТК-0.8) и 2019 (ГТК-1.0) годах, коэффициент вариации составил соответственно – 4,0 и 9,0%, что указывает на незначительном влиянии фактора погоды. В благоприятных, по погодным условиям, условиях вегетации гороха в 2017 (ГТК-1.6), 2020 (ГТК-1.8) и 2021(ГТК-1.8) годах данный коэффициенты вариации были выше и составили соответственно интервал 10,0-13,0% -, то есть выявлена средняя степень влияния погодных условий на урожайность его зеленой массы. При этом уровень урожайности зеленой массы гороха полевого сорта Красивый в 2018 и 2019 гг. (засушливые условия вегетации) составили величины соответственно: 13,4 и 14,2 т/га (при НСР 05- 0,27). При хорошей влагообеспеченности в 2017, 2020 и 2021 гг. уровень урожайности его зеленой массы возрос до величин 23,5, 25,9 и 17,7 т/га

соответственно (при НСР 05 – 0,27). Химический состав зеленой массы гороха полевого находится в зависимости от погодных условиях вегетации: содержание сырого протеина варьирует в средней степени (коэффициент вариации ( $V_c$ ) составил интервал 9,0-16,0%, кроме 2018 г ( $V_c$  -2,0, незначительное влияние при засушливых условиях вегетации); содержание сырого жира варьирует в средней степени ( $V_c$ -10,0-22,0%, кроме 2017 г (3,0%); содержание сырой клетчатки варьирует в средней степени ( $V_c$ -13,0-19,0%, кроме 2021 г (6,0%, при ГТК в период всходы-цветения-1,05 (засушливые условия)). Содержание минеральных элементов (калий, фосфор, кальций) в зеленой массе гороха полевого в основном незначительно зависит от погодных условий вегетации ( $V_c$  не больше 10%) (кроме содержания фосфора в 2018 и 2020 гг. ( $V_c$ -23,0 и 19,0% соответственно) и кальция в 2020 г. ( $V_c$ -16,0%).

### Выводы

Установлено, что химический состав зеленой массы гороха полевого сорта Красивый в средней степени зависит от погодных условиях вегетации: на содержание сырого жира, сырой клетчатки и сырой золы в зеленой массе влияет количество выпавших атмосферных осадков (содержание сырого жира составило 3,41 и 3,56%, сырой клетчатки 19,75 и 18,70%, сырой золы 8,70 и 6,67% при достаточном увлажнении в 2017 и 2021 гг., ГТК соответственно составили величины 1,7 и 2,2, при среднем многолетнем значении ГТК-1,24)). В засушливых условиях вегетации содержание этих показателей снижалось.

1. Установлено, что между показателями сырой протеин и сырого жира; сырой клетчатки (кроме 2018 и 2020 годов); сырой золы; и содержания калия и фосфора выявлена прямая зависимость. Содержания элементов калия ( $r$  = от -0,04-до -0,50 (кроме 2021 года)) и фосфора ( $r$  = от -0,33-до -0,99 (кроме 2021 года)) (на абсолютно сухое вещество) находятся в обратной корреляционной зависимости от содержания кальция зеленой массы продукции гороха.

2. Выявлено, что уровень урожайности зеленой массы гороха полевого сорта Красивый зависит от погодных условий вегетации: при недостатке влагообеспеченности (в 2018 и 2019 гг.) данный уровень составил интервал 13,4- 14,2 т/га; при хорошей влагообеспеченности (2017, 2020 и 2021 гг.) – 17,7-, 25,9 т/га (при НСР<sub>05</sub>- 0,27).

3. Выявлено, что погодные условия влияют на урожайность зеленой массы гороха: при засушливых условиях вегетации коэффициент вариации находится в интервале 4,0-9,0% (2018 и 2019 гг.); в благоприятные по увлажнению года степень влияния погодных условий возрастает- коэффициент вариации составляет интервал 10,0-13,0% (2017, 2020 и 2021 гг.).

### Литература

1. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Рациональное природопользование и кормопроизводство в сельском хозяйстве России. – М.: РАН. – 2018. 132с.

<https://new.ras.ru/upload/iblock/249/kpst9yip0xbgh8wbv0x0bkj15r47bo4o.pdf?ysclid=lz82w8a95g655524915>

2. Алдошин Н.В., Васильев А.С., Тюлин В.А., Голубев В.В., Сыроватка В.И., Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Неменуца Л.А., Пискунова Н.А., Осмоловский П.Д. Инновационные технологии заготовки высококачественных кормов. // ФГБНУ «Росинформагротех». – 2020. – 92 с. <https://agroengineering.timacad.ru/jour/article/view/163>

3. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Кормопроизводство, рациональное природопользование и агроэкология. // Кормопроизводство. – 2016. – № 8. – С. 3-7. <http://orensteppe.org/content/kormoproizvodstvo-v-racionalnom-ispolzovanii-i-ohrane-stepnyh-agrolandshaftov>

4. Воскобулова Н.И., Будилов А.П., Соловьева В.Н. Зернобобовые культуры в кормопроизводстве степной зоны Оренбургской области. // Естественные науки. – 2018. – № 2 (63). – С.18-22. <https://cyberleninka.ru/article/n/zernobobovye-kultury-v-kormoproizvodstve-stepnoy-zony-orenburgskoy-oblasti?ysclid=lz836lokoe597142041>

5. Дуборезов И.В., Дуборезов В.М., Андреев И.В. Урожайность и питательность двух- и трехкомпонентных смесей из вики, гороха и овса. // Кормопроизводство. – 2018; – № 11. – С. 15-18. <https://kormoproizvodstvo.ru/11-2018/02-02-1187/?ysclid=lz838apz31288193240>
6. Кутузова А.А., Шпаков А.С., Косолапов В.М. и др. Состояние и перспективы развития кормопроизводства в Нечерноземной зоне РФ. // Кормопроизводство. – 2021. – № 2. – С.3-9. <https://kormoproizvodstvo.ru/2-2021/01-01-1455/?ysclid=lz839ramzi549217621>
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: – Агропромиздат. – 2011. – 251 с. <https://drive.google.com/file/d/0B5KiBwgHRtwjekJrRjdZcnJuNEk/preview?resourcekey=0-T95jYNweQc3qAO6mEEbnfg>
8. Хлебцова Е.Б., Пучков М.Ю. Современные перспективы применения гороха посевного (*Pisum sativum* L.) в качестве лекарственного растительного сырья. // Фундаментальные исследования. – 2013; 6; – С. 407-410. <https://elibrary.ru/item.asp?id=18993078&ysclid=lz83bx1460509306509>
9. Токорев В.С., Лисунова Л.И. Химический состав и питательность кормов Западной Сибири. // Справочное пособие. -2-е изд., дол. и перераб. Новосибирский ГАУ. – 2015. – 58 с. <https://search.rsl.ru/ru/record/01001092746?ysclid=lz83da7e6025314246>

### References

1. Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P. Rational nature management and feed production in agriculture of Russia. Moscow:-RAS; 2018; 132 p. <https://new.ras.ru/upload/iblock/249/kpst9yip0xbgh8wbv0x0bkj15r47bo4o.pdf?ysclid=lz82w8a95g65524915>. (In Russian)
2. Aldoshin N.V., Vasiliev A.S., Tyulin V.A., Golubev V.V., Syrovatka V.I., Fedorenko V.F., Mishurov N.P., Nemenushaya L.A., Piskunova N.A., Osmolovsky P.D. Innovative technologies for harvesting high-quality feed. FGBNU "Ro-synformagrateh". 2020; 92 p. <https://agroengineering.timacad.ru/jour/article/view/163>. (In Russian)
3. Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P. Fodder production, rational nature management and agroecology. Feed production.2016; 8; 3-7. <http://orensteppe.org/content/kormoproizvodstvo-v-racionalnom-ispolzovanii-i-ohrane-stepnyh-agrolandshaftov>. (In Russian)
4. Voskobulova N.I., Budilov A.P., Solovyova V.N. Leguminous crops in the fodder production of the steppe zone of the Orenburg region. Natural sciences. 2018; 2 (63); 18-22. <https://cyberleninka.ru/article/n/zernobobovye-kultury-v-kormoproizvodstve-stepnoy-zony-orenburgskoy-oblasti?ysclid=lz836lokoe597142041>. (In Russian)
5. Duborezov I.V., Duborezov V.M., Andreev I.V. Productivity and nutritional value of two- and three-component mixtures of their vetch, peas and oats. Fodder production. 2018; 11; 15-18. <https://kormoproizvodstvo.ru/11-2018/02-02-1187/?ysclid=lz838apz31288193240>. (In Russian)
6. Kutuzova A.A., Shpakov A.S., Kosolapov V.M., etc. The state and prospects of development of feed production in the Non-Chernozem zone of the Russian Federation. Fodder production.-2021; 2; 3-9. <https://kormoproizvodstvo.ru/2-2021/01-01-1455/?ysclid=lz839ramzi549217621>. (In Russian)
7. Dospikhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). М.:– Агропромиздат. 2011;251p. <https://drive.google.com/file/d/0B5KiBwgHRtwjekJrRjdZcnJuNEk/preview?resourcekey=0-T95jYNweQc3qAO6mEEbnfg>. (In Russian)
8. Khlebtsova E.B., Puchkov M.Y. Modern prospects for the application of seed peas (*Pisum sativum* L.) as medicinal plant raw materials. Fundamental research.-2013; 6; 407-410. <https://elibrary.ru/item.asp?id=18993078&ysclid=lz83bx1460509306509>. (In Russian)
9. Tokorev V.S., Lisunova L.I. Chemical composition and nutritional value of animal feed in Siberia. A reference guide.-2nd ed., dol. and reprint. Novosibirsk State Agrarian University.Univ.;2015; 58 p. <https://search.rsl.ru/ru/record/01001092746?ysclid=lz83da7e6025314246>. (In Russian)



## ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЗЕРНА СОРТАМИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

**И.Д. ФАДЕЕВА**, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-8453-5437,

E-mail: fad-ir2540@mail.ru,

**Ф.Ф. КУРМАКАЕВ**, научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0003-2217-3060,

E-mail: agronome131@mail.ru

**Г.Р. САУБАНОВА**, младший научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0002-2896-9855,

E-mail: Mirxazijnova08@gmail.com

ТАТАРСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА – ОБОСОБЛЕННОЕ СТРУКТУРНОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК», КАЗАНЬ, РОССИЯ

**Аннотация.** Представлены результаты изучения урожайности и показателей качества зерна у районированных и новых сортов озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании. Исследования проводились в 2021-2023 годах на полях Татарского НИИСХ на серой лесной почве. Оценено влияние погодных условий на урожайность и показатели качества зерна. Урожайность озимой пшеницы в среднем по сортам варьировала от минимальных значений в засушливом 2021 году (2,94 т/га) до максимальных в 2022 – 4,59 т/га. Наиболее крупное зерно в среднем за три года сформировали сорта Надежда (44,0 г; V=2,8%) и Скипетр (41,4 г; V=2,01%). В засушливом году масса 1000 зерен в среднем по сортам была самой низкой - 32,4 г, а в 2024 году самой высокой - 46,3 г. Максимальные значения натурального веса в 2021 году имели сорта Ильвина (792 г/л), Универсиада (771 г/л) и Сабан (770 г/л). Наиболее высокие показатели содержания белка и клейковины в зерне в среднем по сортам были получены в засушливом 2021 году – 15,8% и 32,0% соответственно. В среднем за три года максимальным значением содержания белка выделились Линия 977 (15,5%; V=0,15%) и Ильвина (15,1%; V=0,60%). В среднем за три года значения валориметрической оценки на уровне сильной пшеницы получены у сорта Сабан (80 е.вал.; V=4,38%) и Линии 977 (83,3 е.вал.; V=2,10). Наиболее высокие значения силы муки были получены в 2023 (308 е.а.), наименьшие - в 2022 году (286 е.а.). Проведенный корреляционный анализ позволил выделить взаимосвязи между урожайностью и показателями качества зерна: массой 1000 зерен ( $r=0,58$ ), натурой зерна ( $r=0,65$ ), содержанием белка ( $r=-0,62$ ), содержанием клейковины ( $r=-0,70$ ), валориметрической оценкой ( $r=-0,09$ ), силой муки ( $r=0,07$ ).

**Ключевые слова:** озимая пшеница, сорт, урожайность, белок, клейковина, валориметрическая оценка, сила муки.

**Для цитирования:** Фадеева И.Д., Курмакаев Ф.Ф., Саубанова Г.Р. Формирование качества зерна сортами озимой пшеницы. Зернобобовые и крупяные культуры. 2024; 3(51): 41-47. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-41-47

## FORMATION OF GRAIN QUALITY BY WINTER WHEAT VARIETIES

**I.D. Fadeeva, F.F. Kurmakaev, G.R. Saubanova**

TATAR RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE – SSU FRC «KazSC RAS»

**Abstract:** *The results of studying the yield and grain quality indicators of zoned and new varieties of winter soft wheat in a competitive variety trial are presented. The research was carried out in 2021-2023 in the fields of the Tatar Research Institute of Agriculture on gray forest soil. The influence of weather conditions on grain yield and quality indicators was assessed. The average yield of winter wheat by variety varied from the minimum values in the dry year of 2021 (2.94 t/ha) to the maximum in 2022 – 4.59 t/ha. The largest grains on average over three years were formed by the varieties Nadezhda (44.0 g; V=2.8%) and Scepter (41.4 g; V=2.01%). In the dry year, the weight of 1000 grains on average for varieties was the lowest - 32.4 g, and in 2024 the highest - 46.3 g. The maximum values of natural weight in 2021 were the varieties Ilvina (792 g/l), Universiade (771 g/l) and Saban (770 g/l). The highest levels of protein and gluten content in grain on average by variety were obtained in the dry year of 2021 - 15.8% and 32.0%, respectively. On average over three years, Line 977 (15.5%; V=0.15%) and Ilvina (15.1%; V=0.60%) stood out for the maximum value of protein content. On average, over three years, valorimetric assessment values at the level of strong wheat were obtained for the variety Saban (80 e.v.; V=4.38%) and Line 977 (83.3 e.v.; V=2.10). The highest flour strength values were obtained in 2023 (308 AU), the lowest - in 2022 (286 AU). The correlation analysis made it possible to identify the relationships between yield and grain quality indicators: weight of 1000 grains ( $r=0.58$ ), grain type ( $r=0.65$ ), protein content ( $r=-0.62$ ), gluten content ( $r=-0.70$ ), valorimetric assessment ( $r=-0.09$ ), flour strength ( $r=0.07$ ).*

**Keywords:** winter wheat, variety, yield, protein, gluten, valorimetric assessment, flour strength.

**Введение.** В предстоящие десятилетия устойчивое обеспечение продовольствием растущего народонаселения мира потребует существенного улучшения глобальной продовольственной системы. Основная задача заключается в том, чтобы производить больше продовольствия с теми же или меньшими ресурсами [1]. Безусловно, с этим тесно взаимосвязаны и задачи получения качественно полноценной экологически безопасной пищи для человека и повышения уровня конкурентоспособности растениеводческой продукции. Одновременно, увеличение урожайности озимой мягкой пшеницы сопровождается снижением качественных показателей её зерна. В последнее время, на это всё больше обращается внимание [2]. Наряду с изучением формирования урожайности у сортообразцов озимой мягкой пшеницы определённый интерес представляет оценка сортов и линий по параметрам вариабельности показателей качества зерна [3]. Качество хлеба, хлебобулочных и кондитерских изделий определяется качеством зерна и муки, из которых они произведены. Однако качественные показатели зерна не остаются стабильными. Даже в одной почвенно-климатической зоне они сильно изменяются по годам, а в ряде случаев и по отдельным хозяйствам [4]. Получение стабильно высоких урожаев без использования адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям сортов невозможно [5]. Уровень урожайности – основа адаптивности новых сортов. Общеизвестно, что повышение урожайности должно осуществляться путём повышения их устойчивости к стрессовым факторам [6].

**Целью работы** – является выявление способности районированных и новых сортов формировать высокое качество зерна в условиях северных районов Среднего Поволжья.

#### **Материалы и методы**

Исследования проводили в питомнике конкурсного сортоиспытания на полях Татарского НИИСХ в 2021, 2022, 2023 годах на серой лесной почве. Посев проводили по чистому пару в третьей декаде августа. Математическая и статистическая обработка данных проводилась по методике Б.А. Доспехова [7].

Физико-химические показатели качества зерна определяли стандартными методами: масса 1000 зерен – по ГОСТ 10842-89; натура зерна – по ГОСТ 10840-64, количество и качество клейковины – по ГОСТ 54478-2011. Содержание белка в зерне определяли по методу Кьельдаля – ГОСТ 10846-91.

Наиболее засушливые условия вегетации складывались в 2021 г. Гидротермический коэффициент за период весенне-летней вегетации озимой пшеницы был равен 0,45. Это указывает на то, что условия были недостаточно влажными для оптимального роста и развития растений. Созревание зерна озимой пшеницы произошло раньше среднесрочных сроков на две недели – 12...14 июля. Весной 2022 года сложились благоприятные метеорологические условия с большим количеством осадков для отрастания корневой системы и формирования дополнительных побегов кушения. В течение весенне-летней вегетации осадки выпадали неравномерно, но их количество (174 мм) было достаточным для формирования высоких урожаев. Выпавшие в первую декаду мая 2023 года осадки (60 мм) привели к дополнительному продуктивному кушению растений озимой пшеницы. В июне наблюдался дефицит осадков, а выпавшие осадки в 1 декаду июля в период налива зерна (20 мм) позволили сформировать крупное высоко натурное зерно. Гидротермический коэффициент за период весенне-летней вегетации озимой пшеницы составил 0,86.

### Результаты и их обсуждение

Урожайность озимой пшеницы в среднем по сортам варьировала от минимальных значений в засушливом 2021 году (2,94 т/га) до максимальных в 2022 году – 4,59 т/га (табл. 1). Среди сортов конкурсного сортоиспытания в условиях засухи наиболее высокую урожайность показали сорта Сабан (3,40 т/га), районированный в 2024 году по Средневолжскому региону, а также сорт Ильвина (3,25 т/га) и Линия 977 (3,24 т/га). В более благоприятном по влагообеспеченности 2022 году максимальной урожайностью отличались сорта Скипетр (5,22 т/га), Ильвина (5,00 т/га) и Линия 977 (4,80 т/га). В среднем за три года испытания наиболее урожайными показали себя сорта Сабан (4,39 т/га; V=0,21%), Ильвина (4,30 т/га; V=0,40%), Скипетр (4,11 т/га; V=0,55%) и Линия 977 (4,09 т/га; V=0,31%).

Таблица 1

Урожайность сортов озимой пшеницы, т/га

Сорт (фактор А)	Годы				Отклонение от стандарта, т/га	Коэффициент вариации (V), %
	2021	2022	2023	среднее		
Казанская 560	2,55	4,09	3,29	3,31	-	0,36
Надежда	2,64	4,32	3,52	3,49	0,18	0,40
Дарина	2,84	4,35	3,70	3,63	0,32	0,32
Универсиада	2,84	4,44	4,07	3,78	0,47	0,37
Султан	2,60	4,45	3,85	3,63	0,32	0,49
Сабан	3,40	4,68	4,28	4,39	0,81	0,21
Ильвина	3,25	5,00	4,65	4,30	0,99	0,40
Скипетр	3,10	5,22	4,02	4,11	0,80	0,55
Линия 977	3,24	4,80	4,24	4,09	0,78	0,31
Среднее по сортам	2,94	4,59	3,96	3,86		
НСР <sub>05</sub> по А=0,22; НСР <sub>05</sub> по В=0,19; НСР <sub>05</sub> по АВ=0,07						

Получение высоких урожаев зерна не гарантирует его высокого качества. Поэтому на поздних этапах селекционного процесса, таких как экологическое сортоиспытание, конкурсное сортоиспытание, контрольный питомник, изучение качественных характеристик является обязательным [8]. В нашем опыте сорта отличались по крупности зерна (табл. 2). Наиболее крупное зерно в среднем за три года сформировали сорта Надежда (44,0 г; V=2,8%) и Скипетр (41,4 г; V=2,01%). В засушливом 2021 году масса 1000 зерен в среднем по сортам была самой низкой – 32,4 г, а в 2024 году самой высокой – 46,3 г. Наиболее крупное зерно в условиях засухи сформировали сорта Надежда (45,3 г), Сабан (35,4 г) и Скипетр (34,0 г). Однако, при недостатке влаги не всегда самое крупное зерно имело высокие значения

натуры. Максимальные значения натурального веса в 2021 году имели сорта Ильвина (792 г/л), Универсиада (771 г/л) и Сабан (770 г/л). Метеоусловия в период налива зерна в 2023 году благоприятствовали формированию крупного высококачественного зерна: в среднем по сортам натура зерна составила 811 г/л. По натуре зерна в условиях 2023 года выделились Универсиада (841 г/л) и Линия 977 (826 г/л). В среднем за три года наиболее высокие значения натурального веса отмечены у сортов Универсиада (809 г/л; V=2,09%), Ильвина (809 г/л; V=0,56%) и Линии 977 (796 г/л, V=2,91%).

Таблица 2

**Характеристика технологического качества зерна, 2021-2023 гг.**

Сорт	Масса 1000 зерен, г		Натура зерна, г/л	
	Среднее лимиты	Коэффициент вариации (V), %	Среднее лимиты	Коэффициент вариации (V), %
Казанская 560	<u>37,9</u> 30,8-43,5	2,21	<u>780</u> 740-815	3,65
Надежда	<u>45,3</u> 36,7-52,4	2,80	<u>788</u> 756-812	2,11
Дарина	<u>38,0</u> 31,2-46,3	3,08	<u>783</u> 758-814	2,09
Универсиада	<u>38,5</u> 29,3-44,4	3,39	<u>809</u> 771-841	3,11
Султан	<u>36,9</u> 30,0-44,5	2,88	<u>793</u> 762-810	1,86
Сабан	<u>43,0</u> 35,4-53,5	4,10	<u>789</u> 770-802	0,73
Ильвина	<u>39,2</u> 33,5-42,5	1,24	<u>809</u> 792-818	0,56
Скипетр	<u>41,4</u> 34,0-46,0	2,01	<u>774</u> 758-788	0,59
Линия 977	<u>39,0</u> 31,0-45,8	2,86	<u>796</u> 759-826	2,91

Важным признаком, от количества и качества которого зависят питательные свойства и хлебопекарные достоинства сортов пшеницы, является массовая доля белка в зерне. Исследованиями многих ученых установлено, что, когда созревание зерна проходит при дефиците влаги и высокой температуре воздуха, формируется более высокое содержание белка, чем при оптимальных условиях [9]. В нашем опыте исследования биохимических показателей качества зерна проводилось в контрастные по метеоусловиям годы. Наиболее высокие показатели содержания белка и клейковины в зерне в среднем по сортам были получены в засушливом 2021 году – 15,8% и 32,0% соответственно. Среди сортов по содержанию белка и клейковины в этот год выделились Ильвина (17,2% и 32,6%) и Универсиада (16,4% и 33,0%). В среднем за три года (табл. 3) максимальным значением содержания белка выделились Линия 977 (15,5%; V=0,15%) и Ильвина (15,1%; V=0,60%).

Клейковина представляет собой сложный комплекс разнородных компонентов муки. Характеристики теста и хлебопекарные качества зависят не только от свойств клейковины, но и от количества ее в зерне [10]. По содержанию клейковины в зерне в среднем за три года (табл. 3) выделились Линия 977 (31,4%; V=0,48), Дарина (30,2%; V=0,64) и Универсиада (30,2%; V=0,77). Индекс деформации клейковины (ИДК) также менялся в зависимости от метеоусловий в период налива зерна. Наиболее благоприятными для формирования качественной клейковины были условия в 2023 году, когда ИДК составил в среднем по сортам 78,7. Клейковина первой группы качества получена у Линии 977 и сортов Сабан, Ильвина и Султан.

Таблица 3

**Биохимические показатели качества зерна сортов озимой пшеницы, 2021-2023 гг.**

Сорт	Содержание белка, %		Содержание клейковины, %		ИДК	
	Среднее лимиты	V, %	Среднее лимиты	V, %	Среднее лимиты	V, %
Казанская 560	<u>13,78</u> 11,9-15,4	0,44	<u>28,9</u> 25,2-33,0	1,06	<u>85</u> 80-91	0,73
Надежда	<u>14,1</u> 11,9-15,5	0,52	<u>28,9</u> 24,8-30,1	0,56	<u>87</u> 80-95	1,31
Дарина	<u>14,4</u> 13,9-15,2	0,20	<u>30,2</u> 27,2-33,4	0,64	<u>93</u> 82-100	1,83
Универсиада	<u>16,4</u> 13,3-16,4	0,32	<u>30,2</u> 26,4-33,0	0,77	<u>92</u> 85-97	0,81
Султан	<u>14,4</u> 13,6-15,7	0,17	<u>29,8</u> 27,6-33,5	0,69	<u>85</u> 78-92	1,15
Сабан	<u>14,9</u> 13,9-14,8	0,03	<u>28,5</u> 27,0-29,7	0,13	<u>80</u> 75-85	0,63
Ильвина	<u>15,1</u> 12,9-17,2	0,60	<u>29,6</u> 24,7-30,2	0,75	<u>77</u> 75-81	0,18
Скипетр	<u>13,8</u> 11,4-15,6	0,68	<u>27,5</u> 24,5-28,4	0,50	<u>81</u> 78-86	0,43
Линия 977	<u>15,5</u> 14,3-16,3	0,15	<u>31,4</u> 28,2-33,0	0,48	<u>89</u> 74-100	4,15

Валориметрическая оценка характеризует эластичные свойства теста. Для сильной пшеницы данный показатель должен быть не менее 70 е.вал., для наиболее ценной по качеству – не менее 55 е.вал. Все изученные сорта обладали высокими значениями валориметрической оценки. В среднем за три года (табл.4) наиболее высокие значения валориметрической оценки на уровне сильной пшеницы получены у сорта Сабан (80 е.вал.; V=4,38%) и Линии 977 (83,3 е.вал.; V=2,10). В 2023 году высокие значения данного показателя получены у всех сортов (в среднем по сортам – 71,8 е.вал.).

Таблица 4

**Реологическое качество зерна сортов озимой пшеницы, 2021-2023 гг.**

Сорт	Валориметрическая оценка, %		Сила муки, е.а.	
	Среднее лимиты	V, %	Среднее лимиты	V, %
Казанская 560	<u>64,0</u> 59-70	0,97	<u>265</u> 260-269	0,15
Надежда	<u>68,7</u> 65-71	0,30	<u>277</u> 265-298	2,28
Дарина	<u>67,0</u> 59-74	1,70	<u>284</u> 262-310	4,14
Универсиада	<u>76,3</u> 71-85	1,50	<u>304</u> 308-320	2,08
Султан	<u>56,7</u> 48-62	2,02	<u>277</u> 265-286	0,84
Сабан	<u>80,0</u> 70-95	4,38	<u>315</u> 296-340	3,21
Ильвина	<u>59,0</u> 58-60	0,03	<u>305</u> 277-328	4,39
Скипетр	<u>59,0</u> 54-65	1,05	<u>285</u> 260-290	1,64
Линия 977	<u>83,3</u> 68-82	2,10	<u>297</u> 295-315	2,08

Сила муки отражает состояние белково-протеинового комплекса и является главным фактором, определяющим хлебопекарное достоинство пшеничной муки. Сила муки – условный термин, который характеризует реологические свойства сырой клейковины или теста в целом [11]. В нашем опыте сила муки варьировала по годам исследования и сортам. Наиболее высокие значения силы муки были получены в 2023 (308 е.а.), наименьшие - в 2022 году (286 е.а.). В среднем за три года (табл. 4) максимальные значения силы муки были получены у сортов Сабан (315 е.а.,  $V=3,21\%$ ), Универсиада (304 е.а.,  $V=2,08\%$ ), Ильвина (305 е.а.,  $V=4,39\%$ ) и Линии 977 (297 е.а.,  $V=2,08\%$ ).

Проведенный корреляционный анализ позволил выделить взаимосвязи между урожайностью и показателями качества зерна: массой 1000 зерен ( $r=0,58$ ), натурой зерна ( $r=0,65$ ), содержанием белка ( $r=-0,62$ ), содержанием клейковины ( $r=-0,70$ ), валориметрической оценкой ( $r=-0,09$ ), силой муки ( $r=0,07$ ). Содержание белка положительно коррелировало с количеством клейковины ( $r=0,85$ ), валориметрической оценкой ( $r=0,34$ ) и силой муки ( $r=0,33$ ).

### Выводы

В условиях северных районов Среднего Поволжья наиболее высокие показатели содержания белка и клейковины в зерне формируются в засушливом году – 15,8% и 32,0% соответственно. В среднем за три года максимальное содержание белка формируют Линия 977 (15,5%;  $V=0,15\%$ ) и Ильвина (15,1%;  $V=0,60\%$ ). Максимальные значения силы муки получены у сортов Сабан (315 е.а.,  $V=3,21\%$ ), Универсиада (304 е.а.,  $V=2,08\%$ ), Ильвина (305 е.а.,  $V=4,39\%$ ) и Линии 977 (297 е.а.,  $V=2,08\%$ ). Таким образом, созданные в ТатНИИСХ сорта озимой пшеницы способны формировать качество зерна на уровне ценной и сильной пшеницы.

### Литература

1. Сергиенко О.И., Кипрушкина Е.И., Минахметова А.В., Румянцева О.Н., Василенок В.Л. Эколого-экономическая эффективность применения биологических средств защиты в цепочке поставок продукции растениеводства // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и Экологический менеджмент». – 2022. – № 2. – С. 173-185.
2. Романов Б.В., Козлов А.А., Парамонов А.В., Сорокина И.Ю. Сравнительный анализ продукционных признаков озимых сортов шарозёрной и мягкой пшениц // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – 1(45). – С.82-88. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-1-82-88.
3. Косенко С.В., Дёмина И.Ф. Экологическая пластичность сортов и линий озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 10 (132). – С. 9-12.
4. Фадеева И.Д., Тагиров М.Ш., Газизов И.Н. Результаты селекции озимой пшеницы на качество зерна в Татарском НИИСХ // Зерновое хозяйство России. – 2018. – № 2 (56). – С. 34-38.
5. Сандухадзе Б.И., Мамедов Р.З., Крахмалёва М.С., Бугрова В.В. Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы, элементы её структуры и адаптивные свойства в условиях Нечерноземной зоны // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – 3(39), – С. 17-22. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-17-22
6. Фадеева И.Д., Тагиров М.Ш., Газизов И.Н. Результаты селекции озимой пшеницы на качество зерна в Татарском НИИСХ // Зерновое хозяйство России. – 2018. – № 2 (56). – С. 34-38.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Альянс. – 2014. – 351 с.
8. Сандухадзе Б.И., Мамедов Р.З., Бугрова В.В., Крахмалева М.С., Соболев С.В. Урожайность и качество зерна сортов озимой мягкой пшеницы селекции «ФИЦ «Немчиновка» // Зерновое хозяйство России. – 2023. – Т. 15. – № 3. – С. 54-59. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-54-59.

9. Кравченко Н.С., Ионова Е.В., Газе В.Л. Влияние условий выращивания на урожайность и качество зерна образцов озимой мягкой пшеницы // *Зерновое хозяйство России*. – 2019. – Т. 4 (64). – № 1. – С. 31-35. DOI 10.31367/2079-8725-2019-64-4-31-35.
10. Иванисов М.М., Марченко Д.М., Кравченко Н.С., Копусь М.М. Изучение показателей качества современных сортов озимой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» // *Зерновое хозяйство России*. – 2023. – Т. 15, – № 1. – С. 35-41. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-35-41
11. Подгорный С.В., Скрипка О.В., Самофалов А.П., Громова С.Н., Кравченко Н.С. Показатели качества сортов озимой мягкой пшеницы в экологическом сортоиспытании // *Таврический вестник аграрной науки*. – 2020. – № 4 (24). – С. 143-151. DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-143-151.

#### References

1. Sergiyenko O.I., Kiprushkina Ye.I., Miniakhmetova A.V., Rummyantseva O.N., Vasilenok V.L. Ecological and economic aspects of the application of biological protection means of agricultural crops on the example of potato. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya «Ekonomika i Ekologicheskiy menedzhment»*, 2022, no. 2, pp. 173-185. DOI 10.17586/2310-1172-2022-16-2-173-185 (In Russian)
2. Romanov B.V., Kozlov A.A., Paramonov A.V., Sorokina I.Yu. Comparative analysis of production traits of winter varieties of round and soft wheat. *Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury*, 2023, no. 1(45), pp.82-88. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-1-82-88 (In Russian)
3. Kosenko S.V., Demina I.F. Ecological plasticity of varieties and lines of winter soft wheat in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 2015, no. 10 (132), pp. 9–12. (In Russian)
4. Fadeyeva I.D., Tagirov M.SH., Gazizov I.N. The results of winter wheat breeding on grain quality in the Tatar RIA. *Zernovoye khozyaystvo Rossii*, 2018, no. 2 (56), pp. 34-38. (In Russian)
5. Sanduchadze B.I., Mamedov R.Z., Krakhmalyova M.S., Bugrova V.V. Yield of winter bread wheat varieties, elements of its structure and adaptive properties in the conditions of the Nechernozem zone. *Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury*, 2021, no. 3(39), pp. 17- 22. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-17-22 (In Russian)
6. Fadeyeva I.D., Tagirov M.SH., Gazizov I.N. The results of winter wheat breeding on grain quality in the Tatar RIA. *Zernovoye khozyaystvo Rossii*, 2018, no. 2 (56), pp. 34-38. (In Russian)
7. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). 5-ye izd., pererab. i dop. Moscow: Al'yans, 2014, 351p (in Russian)
8. Sandukhadze B.I., Mamedov R.Z., Bugrova V.V., Krakhmaleva M.S., Sobolev S.V. Productivity and grain quality of winter common wheat varieties developed by the “FRC “Nemchinovka”. *Zernovoye khozyaystvo Rossii*, 2023, V. 15, no. 3, pp. 54–59. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-54-59 (In Russian)
9. Kravchenko N.S., Ionova E.V., Gaze V.L. Influence of growing conditions on the yield and grain quality of winter soft wheat samples. *Zernovoye khozyaystvo Rossii*, 2019, V. 4 (64), no 1, pp. 31-35. DOI 10.31367/2079-8725-2019-64-4-31-35 (In Russian)
10. Ivanisov M.M., Marchenko D.M., Kravchenko N.S., Kopus' M.M. Study of the quality indicators of modern winter wheat varieties developed by the FSBSI ARC “DONSKOY”. *Zernovoye khozyaystvo Rossii*, 2023, V. 15, no. 1, pp. 35–41. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-35-41 (In Russian)
11. Podgorny S.V., Skripka O.V., Samofalov A.P., Gromova S.N., Kravchenko N.S. Quality indicators of winter soft wheat varieties in environmental variety testing. *Tavrisheskiy vestnik agrarnoy nauki*, 2020, no. 4(24), pp. 143-151. DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-143-151 (In Russian)

## РАЗВИТИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ФУЗАРИОЗА В ПОСЕВАХ БЕЛОГО ЛЮПИНА ПРИ РАЗНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

**Л.И. ПИМОХОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
ORCID ID 0000-0002-9565-8176, lupin\_mail@mail.ru

**Н.В. МИСНИКОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
ORCID ID 0000-0001-5746-6539, lupin\_nvmisnikova@mail.ru

**Ж.В. ЦАРАПНЕВА**, старший научный сотрудник, ORCID ID 0000-0002-0311-5896,

**Н.И. ХАРАБОРКИНА**, научный сотрудник, ORCID ID 0000-0001-5213-4017

ВНИИ ЛЮПИНА – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса»

*Аннотация.* К числу основных факторов, снижающих продуктивность люпина белого, относятся болезни. В РФ фузариоз остается широко распространенным и вредоносным заболеванием люпина. Цель исследования – изучить влияние метеорологических факторов Брянской области на поражение фузариозной корневой гнилью и увядание растений люпина белого сорт Мичуринский, определить их вредоносность и выработать предложения по сдерживанию. Идентификацию возбудителей заболеваний проводили в течение вегетации с помощью влажных камер и светового микроскопа по морфологическим признакам спороношения. Установлено, что корневая гниль люпина белого вызывается грибом *F. avenaceum*, а трахеомикозное увядание растений - *F. oxysporum*. Интенсивность их развития определялась количеством осадков и температурой воздуха в период вегетации. Выявлена достоверная прямая корреляционная связь между поражением растений люпина белого *F. avenaceum* ( $r = 0,90$ ;  $p = 0,034$ ) и *F. oxysporum* ( $r=0,90$ ;  $p = 0,035$ ) и среднесуточной температурой воздуха в июне.

Выяснено, что в посевах люпина белого доминирующим заболеванием является трахеомикозное увядание растений. Так, в контрольном посеве поражение растений за вегетацию варьировало от 7,1 до 23,7%, а корневой гнилью – 3,7...10,4%. В посеве с применением средств защиты поражение растений этими заболеваниями сократилось на 2,9...11,6% и на 2,7...5,9% соответственно. При этом масса 1000 семян увеличилась на 21,1 г, а урожайность семян – на 1,62 т/га. Выявлена высокая обратная зависимость ( $r=-0,87$ ;  $p=0,054$ ) между поражением растений грибом *F. oxysporum* и урожайностью семян. Для уменьшения количества больных растений люпина белого фузариозной корневой гнилью и увяданием, а также снижения потерь урожайности семян рекомендуется применять высокоэффективные протравители и фунгициды против патогенных грибов *F. avenaceum* и *F. oxysporum*.

**Ключевые слова:** люпин белый, фузариоз, условия вегетации, средства защиты, урожайность.

**Для цитирования:** Пимохова Л.И., Мисникова Н.В., Царапнева Ж.В., Хараборкина Н.И. Развитие и распространение фузариоза в посевах белого люпина при разных погодных условиях Брянской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3(51): 48-57. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-48-57

## DEVELOPMENT AND SPREAD OF FUSARIUM IN WHITE LUPIN CROPS UNDER DIFFERENT WEATHER CONDITIONS IN BRYANSK REGION

**L.I. Pimokhova, N.V. Misnikova, Zh.V. Tsarapneva, N.I. Kharaborkina**

THE ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF LUPIN – BRANCH OF THE FEDERAL WILLIAMS RESEARCH CENTER OF FORAGE PRODUCTION AND AGROECOLOGY, p/o Mitchurinsky, Bryansk region, Russia



**Abstract:** *The diseases are among the factors which decrease the white lupine's productivity. In the Russian Federation the Fusarium remains a widespread and harmful lupin disease. The aim of the work was to study the impact of meteorological factors in Bryansk region on lupin infestation with Fusarium root rot and plants' wilt of white lupin var. Mitchurinsky, their harmfulness and to develop recommendations to control them. Disease pathogen identification was done for morphological characters of sporulation during the vegetation by means of wet cameras and a light microscope. It was revealed that the white lupine's root rot is caused by the fungi *F. avenaceum* and the plants' tracheomycosis by *F. oxysporum*. The intensity of the diseases' development depended on rain and air temperature levels during the season. The significant correlation between plants' infection by *F. avenaceum* ( $r = 0.90$ ;  $p = 0.034$ ) and *F. oxysporum* ( $r = 0.90$ ;  $p = 0.035$ ) and the average daily air temperature in June was revealed.*

*It was found out that the plants' tracheomycosis dominated in white lupin crops. So, the plants' infection varied from 7.1 to 23.7 % in the standard crop and by root rot it made 3.7...10.4 % during the growth season. The plants' infection by these diseases in the crop with application of protection chemicals decreased by 2.9 ... 11.6 % and by 2.7 ... 5.9 % respectively. By the way the 1000 seeds' weight increased by 21.1 g and the seeds' yield – by 1.62 t/ha. The significant inverse correlation ( $r = -0.87$ ;  $p = 0.054$ ) between plants' infection by the fungus *F. oxysporum* and lupin seeds' yield and was revealed. It's recommended to use dressers and fungicides of high effectiveness against the pathogenous fungi *F. avenaceum* and *F. oxysporum* to decrease the number of white lupin plants infected with root rot and plants' wilt as well as to decrease seeds' yield losses*

**Keywords:** white lupine, fusarium, growing season conditions, means of protection, productivity.

**Введение.** Люпин белый (*Lupinus albus* L.) из всех возделываемых видов отличается наиболее высоким потенциалом зерновой продуктивности. В селекционных питомниках урожайность зерна белого люпина достигает 7-8 т/га, в производственных условиях – 6 т/га. Семена содержат 37 - 42% белка и 8-12% жира, клетчатки 9,5-10,5%. В отличие от сои семена люпина белого почти не содержат ингибиторов трипсина, что позволяет использовать их на корм животным без термической обработки [1, 2]. Внедрение в производство новых сортов селекции ВНИИ люпина позволило увеличить посевную площадь под этой культурой на зерно в России по сравнению с 2011 годом с 14,5 до 122,5 тыс. га. Наибольшая часть посевных площадей (97,4 тыс. га) находится в Центральном Федеральном округе РФ (Орловской, Курской, Брянской, Липецкой областях) [3, 4]. В числе факторов, лимитирующих расширение посевных площадей и продуктивность люпина белого в РФ, являются болезни, которые снижают урожай зерна и зеленой массы, уменьшают азотфиксирующую активность клубеньков, ухудшают посевные качества семян. Из множества болезней люпина фузариоз продолжает оставаться широко распространенным и вредоносным заболеванием [5, 6].

Фузариоз – болезнь, вызываемая несовершенными грибами из рода *Fusarium*. Развитие и распространение фузариоза зависит как от вида возбудителя и его биологических особенностей, так и от факторов окружающей среды: климатических, агротехнических, почвенных, биоценологических и других, изменяющих условия обитания патогена и растения-хозяина (С.Л. Саукова, Т.С. Антонова, Е.Н. Рыженко и др., 2020; О.А. Сердюк, В.С. Трубина, Л.А. Горлова, 2023).

Корневая гниль люпина преимущественно вызывается грибом *F. avenaceum* Sacc. Гриб проникает в растение через корневые волоски, трещины в поверхностных тканях и повреждения насекомыми. На корневой шейке и нижней части стебля образуются темно-бурые полосы. Такие растения легко выдергиваются из почвы. Поражению люпина корневой гнилью способствует повреждение всходов личинками насекомых – клубеньковых долгоносиков, ростковой мухи и жуков шелкунов [6, 7]. Пораженные корневой гнилью растения люпина желтого в фазы всходов и в начале цветения не образуют семян. При

поражении растений в начале образования бобов получено только 17%, а в фазу образования блестящих бобов – 75% урожая здоровых растений [1, 7].

Фузариозное (трахеомикозное) увядание растений люпина вызывает гриб *F. oxysporum* Schl. Данный вид гриба *Fusarium* обладает большей патогенностью и вредоносностью на люпине [6, 7]. Губительное воздействие гриба связано с закупоркой сосудов грибницей, вязкими образованиями и отрицательным влиянием токсинов гриба, проникающего в проводящие сосуды. Развитие грибов рода *Fusarium* в значительной степени зависит от метеорологических факторов – температуры и влажности [4, 8, 9].

По мере повышения температуры количество возбудителей болезней растений, движущихся с юга на север, увеличивается, что приводит к расширению ареала теплолюбивых видов грибов [10, 11]. Так, возбудитель фузариоза зерновых культур *Fusarium graminearum* исторически локализуется на Северном Кавказе и Дальнем Востоке. Однако начиная с 2003 года, возбудитель распространился на Северо-Западе России. В 2008 году средняя степень распространения болезни на зерновых достигла 87,3%, что объясняется глобальным потеплением климата (М.М. Левитин, О.С. Афанасенко, Т.Ю. Гаккаева и др., 2019).

На территории Брянской области с 1976 по 2016 годы произошло увеличение среднегодовой температуры воздуха на 2,1°C [12]. В связи с этим необходимо было изучить и определить видовой состав грибов из рода *Fusarium*, вызывающий корневую гниль и увядание растений люпина белого.

**Цель исследования** – выявить влияние метеорологических факторов Брянской области на поражение люпина белого фузариозной корневой гнилью и увяданием растений, определить их вредоносность и выработать предложения по сдерживанию.

#### **Материал и методы исследований**

Исследование проводили в 2019-2023 годах в полевых и лабораторных условиях ВНИИ люпина–филиала ФГБНУ «ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса».

Изучение распространенности фузариозной корневой гнили и увядания проводили на растениях люпина белого сорт Мичуринский в посеве с применением средств защиты и без применения пестицидов. Семена протравливали препаратом Витарос, ВСК (тирам 198 + карбаксин 198 г/л) – 2,0 л/га, в фазу 2-3 настоящих листа растений проводили обработку фунгицидом Триактив Экстра, КС (азоксистробин-200 + ципроконазол – 80 г/л) – 0,8 л/га, вторую – в фазу бутонизации начала цветения фунгицидом Колосаль Про, КС (пропиконазол 300 + тебуконазол 200 г/л) – 0,4 л/га в баковой смеси с инсектицидом Борей Нео, КС -0,2 л/га. Площадь опытной деланки – 32 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная. Для посева использовали сеялку СН – 16. Норма высева семян 1,0 млн. всхожих семян на 1 га. Агротехника – общепринятая для условий Брянской области. Учет распространения корневой гнили проводили в соответствии с принятой в фитопатологии методикой (А.Е. Чумаков, 1974). Идентификация возбудителей заболеваний проводилась с помощью влажных камер и светового микроскопа по морфологическим признакам спороношения. Выделение возбудителей фузариозной корневой гнили и увядания растений проводили в течение всего вегетационного периода из собранного в полевых условиях материала по общепринятым методам (М.К. Хохряков, 1976; Н.А. Наумов, 1937). Количество бобов на растении определяли с помощью пробного снопа из 40 растений. Перед уборкой проводили учет количества растений с бобами на 1 м<sup>2</sup>. Урожай семян определяли с каждой деланки путем сплошного обмолота бобов комбайном «Сампо-500». Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного и корреляционного анализа (Б.А. Доспехов, 1985).

#### **Результаты исследований и их обсуждение**

Климатические условия в 2019 году были теплыми и слабо засушливыми. Гидротермический коэффициент (ГТК) составил 1,22 единиц. Май отличался влажными условиями, осадков выпало больше нормы на 32,1 мм. Температура воздуха была выше среднегодовых значений на 1,4°C. В июне и июле отмечался острый недостаток влаги, осадков выпало 32,6 и 49,7 мм при норме 79 и 86 мм, соответственно. Температура воздуха в

июне была выше нормы на 4,3°C (20,9°C), в июле – на уровне среднееголетних значений (табл. 1).

Таблица 1

**Погодные условия вегетационного периода люпина белого сорт Мичуринский**

Год	Месяцы									Гидротермический коэффициент (ГТК)
	Среднесуточная температура воздуха, °С				Осадки, мм					
	Май	Июнь	Июль	Август	Май	Июнь	Июль	Август	Всего	
2019	14,9	20,9	16,9	16,7	85,1	32,6	49,7	67,9	235,3	1,22
2020	11,1	20,3	18,8	17,5	136,7	140,7	75,9	46,0	399,3	2,20
2021	13,3	19,5	22,1	19,5	143,3	153,7	41,8	55,3	394,1	1,97
2022	11,4	19,4	18,7	20,8	83,5	89,8	83,4	16,2	272,9	1,43
2023	13,1	17,1	18,7	20,4	10,4	66,3	82,4	93,5	252,6	1,15
Среднееголетние значения	13,5	16,6	17,7	16,6	53,0	79,0	86,0	69,0	287,0	-

В целом условия вегетации 2020 года были теплыми и избыточно влажными (ГТК 2,2). При этом май был прохладным и избыточно влажным (ГТК 4,1). Июнь и июль отличались достаточным количеством тепла (20,3 и 18,8°C) и выпадением осадков (104,7 и 75,9 мм), что способствовало развитию и распространению на растениях болезней, в том числе и фузариоза.

Вегетационный период 2021 года отличался теплой и влажной погодой (ГТК 1,97). При этом климатические условия в мае характеризовались недостатком тепла (13,3°C) и избыточным выпадением осадков (143,3 мм), что негативно влияло на появление всходов люпина. В июне условия были теплые (19,9°C) и избыточно влажные (153,7 мм). Погодные условия в июле были засушливыми. Температура воздуха (22,1°C) была выше среднееголетней на 4,4°C. В августе погодные условия были теплыми и умеренно влажными (ГТК 0,99).

Погодные условия 2022 года были теплыми и влажными (ГТК 1,43). При этом май был холодным и избыточно-влажным (ГТК 2,35). Температура воздуха была ниже среднееголетних значений на 2,1°C, осадков выпало больше нормы на 30,5 мм. Июнь отличался жаркими и влажными условиями (ГТК 1,57). Температура воздуха превышала, среднееголетние значения на 2,8°C. Осадков выпало (89,8 мм), больше нормы на 10,8 мм. Условия вегетации в июле были так же теплыми и влажными (ГТК 1,52). Август был теплым и засушливым (ГТК 0,26). Среднесуточная температура воздуха была выше среднееголетней на 4,2°C (20,8°C).

Вегетационный период 2023 года характеризовался теплыми и влажными погодными условиями (ГТК 1,15). Май был холодным и засушливым (ГТК 0,38). Температура воздуха была ниже среднееголетних значений на 1,0°C, осадков выпало меньше нормы на 54,6 мм. В июне температура воздуха была ниже нормы на 0,5°C. Осадков выпало 66,3 мм. ГТК составил 1,28 единиц. Условия вегетации в июле были теплыми и влажными (ГТК 1,44). Температура воздуха составила 18,6°C, осадков выпало 82,4 мм. Август был жарким и избыточно влажным (ГТК 1,50). Анализ метеорологических условий показал, что развитие грибов рода *Fusarium* (*F. avenaceum* и *F. oxysporum*) и вызываемых ими заболеваний люпина во многом определялось температурой воздуха и выпадением осадков в период вегетации.

Наибольшее поражение фузариозной корневой гнилью растений люпина белого наблюдалось в 2019 году. За период вегетации в посевах без применения средств защиты и с их применением больных этим заболеванием растений было соответственно 10,4 и 4,5% (табл. 2).

Таблица 2

**Поражаемость растений люпина белого сорт Мичуринский фузариозом по фазам развития**

Год	Пораженность, %						
	Фузариозная корневая гниль			Фузариозное увядание			
	Период развития		За период вегетации	Период развития			За период вегетации
	Всходы-стеблевание	Стеблевание - цветение		Бутонизация-цветение	Цветение – блестящий боб	Преспевающий боб	
Посев без применения средств защиты							
2023	1,5	2,2	3,7	1,4	5,2	0,5	7,1
2022	1,8	3,2	5,0	2,0	8,3	3,8	14,1
2021	2,6	4,9	7,5	2,8	11,7	4,2	18,7
2020	3,3	6,1	9,4	3,7	14,2	5,8	23,7
2019	3,7	6,7	10,4	3,1	12,0	4,7	19,8
Посев с применением средств защиты							
2023	0,2	0,8	1,0	0,7	3,1	0,4	4,2
2022	0,5	1,5	2,0	0,9	5,8	2,0	8,7
2021	1,2	2,1	3,3	1,1	7,5	2,7	11,3
2020	1,3	2,5	3,8	2,3	7,8	2,0	12,1
2019	1,4	3,1	4,5	1,9	6,7	2,0	10,6

В мае осадков выпало больше нормы на 60,5% (85,1 мм), среднесуточная температура воздуха составила 14,9°C. Данные условия были благоприятны для интенсивного роста и развития гриба *F. avenaceum*, возбудителя заболевания корневой гнили всходов люпина. Поскольку рост мицелия этого гриба начинается уже при температуре 5...6°C, а при температуре 10...12°C интенсивность роста увеличивается. Оптимальная температура для развития гриба находится в пределах от 18...25°C [8].

Поражение растений сои фузариозной корневой гнилью увеличивается при посеве её в непрогретую почву [13]. Первые признаки проявления поражения люпина корневой гнилью в посевах (3,7 и 1,4%) нами были отмечены в период всходы - стеблевание растений. На корнях наблюдались темно-коричневые продолговатые пятна, на которых во влажной камере формировался белый пушистый мицелий с обильным спороношением гриба в виде бесцветных, серповидных, с 3 и 5 перегородками конидий (рис. 1).

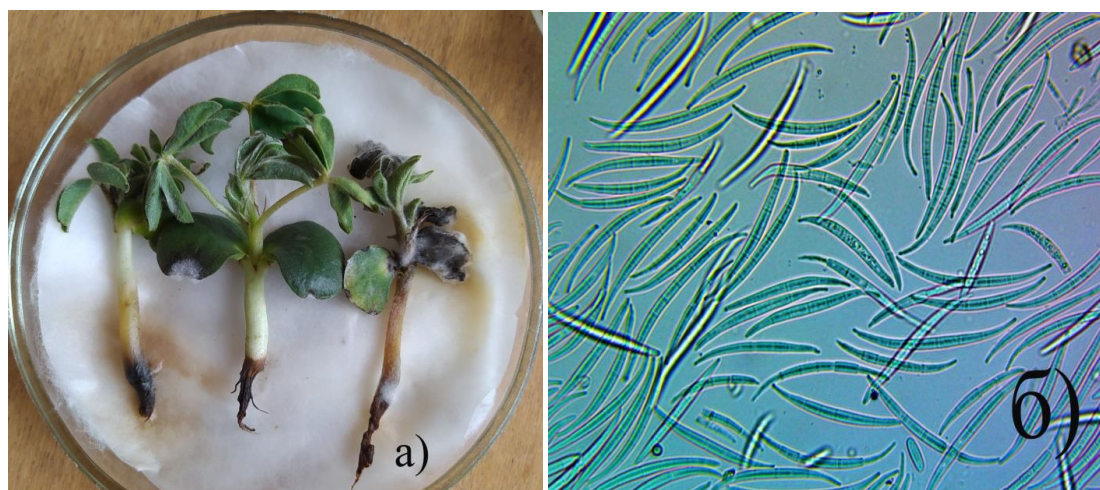


Рис. 1. Фузариозная корневая гниль люпина белого: а) пораженные семядольные листья и корень фаза всходы; б) макроконидии гриба *F. avenaceum* / *Fusarium root rot of white lupin: a) infected leaves of cotyledon and root, germination stage; b) macroconidia of fungus F. Avenaceum*

В июне 2019 г. произошло резкое снижение влажности почвы из-за уменьшения выпадения осадков (32,6 мм) и повышение среднесуточной температуры воздуха (20,9°C). Наступление воздушной и почвенной засухи ослабило устойчивость растений к патогену и способствовало проявлению внешних её признаков. На пораженных растениях листья увядали и со временем опадали. Корень и нижняя часть стебля приобретали бурую окраску. Со временем, главные и боковые корни отмирали. Такие растения увядали и легко выдергивались из почвы. На некоторых растениях наблюдалось образование новых корешков выше места поражения главного корня. От фузариозной корневой гнили растения люпина белого погибали преимущественно до образования бобов. Пораженные растения корневой гнилью в начале цветения не образовывали семян. Наибольшее количество больных растений люпина (6,7 и 3,1%) в изучаемых посевах было отмечено в период стеблевания – начало цветения. В целом корневая гниль не оказывала значительного влияния на урожайность. В среднем за годы исследований предпосевная обработка семян протравителем Витарос – 2,0 л/т сократила поражение корневой гнилью растений в фазы всходы – стеблевание с 2,6% в контрольном посеве до 0,9%.

Проведенный корреляционный анализ выявил достоверную прямую зависимость ( $r = 0,90$ ;  $p = 0,034$ ) между поражением растений люпина белого корневой гнилью и среднесуточной температурой воздуха в июне.

В наших условиях наибольший вред посевам люпина белого наносило фузариозное (трахеомикозное) увядание растений, которое вызывалось грибом *F. oxysporum*. Максимальное количество пораженных этим заболеванием растений (23,7%) за вегетацию наблюдалось в погодных условиях 2020 года. Первые признаки фузариозного увядания начинали проявляться в период конец бутонизации - начало цветения растений. Верхушки растений увядали, листья желтели и засыхали, при этом корни были здоровыми. При разрезе пораженного стебля наблюдалось побурение проводящих сосудов. На таких частях стеблей во влажной камере (чашка Петри) гриб *F. oxysporum*, возбудитель заболевания, образовывал белый воздушный мицелий с бесцветными, ветвеновидными, слабоизогнутыми макроконидиями с 3 – 5 перегородками (рис. 2).



Рис. 2. Фузариозное увядание люпина белого: а) растений в фазу блестящего боба; б) макроконидии и микроконидии гриба *F. oxysporum* / *Fusarium white lupin wilt*: а) plants on the pods' stage; б) macro- and microconidia of fungus *F. oxysporum*

Основными благоприятными для развития гриба *F. oxysporum* факторами являются температура и влажность. Для роста мицелия гриба оптимальная температура находится в пределах от 18 до 25°C. Резко ограничивает рост температура 31...33°C и замедляет рост мицелия температуре ниже 14°C. При этом интенсивное развитие гриба происходит при влажности почвы 80% полевой влагоемкости. При снижении влажности до 60% и ниже развитие гриба замедляется [8].

В июне 2020 г. сложились благоприятные климатические условия для развития гриба. Среднесуточная температура воздуха составила 20,3°C, а количество осадков выпало больше нормы на 61,7 мм (78,1%). Обследование посевов люпина контрольного и с применением защитных средств в период бутонизация - цветение показало, что поражение растений фузариозным увяданием соответственно составило 3,7 и 2,3%. Почвенная и воздушная засуха в первую и третью декады июля усилила проявление внешних признаков болезни. К концу июля количество растений с фузариозным увяданием значительно увеличилось и в данных посевах составило соответственно 14,2 и 7,8%. В засушливых условиях августа поражение растений этим заболеванием увеличилось и к концу вегетации составило соответственно до 23,7 и 12,1%. Пораженные растения увядали группами, листовые пластинки повисали на черешках, засыхали и осыпались.

Как видим, интенсивному заражению растений люпина белого грибом *F. oxysporum* предшествуют погодные условия, когда период с достаточным количеством тепла и влаги сменялся почвенной и воздушной засухой. Установлено, что высокие температуры провоцируют ускоренный рост растений, что приводит к уменьшению содержания в их тканях кальция и микроэлементов и высокой восприимчивости к болезням [11].

Поражение растений люпина белого грибом рода *Fusarium* по типу увядания наносит более значительный вред, чем по типу корневой гнили. За период вегетации в посевах без применения средств защиты количество растений с признаками фузариозного увядания превысило число растений с корневой гнилью в аналогичном посевах на 9,5%. Динамика распространения увядания люпина белого от фузариоза показала, что наибольшее количество больных растений отмечалось в фазе цветения – блестящий боб. Установлена достоверная прямая корреляционная связь между поражением растений люпина белого *F. oxysporum* ( $r = 0,90$ ;  $p = 0,035$ ) и среднесуточной температурой воздуха в июне.

Применение средств защиты не обеспечивает в полной мере защиту растений люпина от поражения данным заболеванием. Однако в посевах, где применяли фунгициды, произошло значительное снижение количества растений с корневой гнилью и трахеомикозным увяданием. В среднем за пять лет поражение растений данными болезнями сократилось соответственно на 4,3% и 7,3%. При этом количество сохранившихся растений с бобами

увеличилось по отношению к посеву без применения средств защиты на 32,6 штук/м<sup>2</sup>, а количество бобов на растение увеличилось на 2,3 штук (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние фузариоза на продуктивность растений и урожайность люпина белого сорт Мичуринский (2019-2023 гг.)**

Годы	Растений, шт/м <sup>2</sup>	Бобов на растении /шт.	Масса 1000 семян, г	Урожайность, т/га
Посев без применения средств защиты				
2023	41,5	2,5	260,3	1,07
2022	29,7	2,3	289,0	0,67
2021	42,4	3,9	291,4	0,71
2020	29,1	3,0	257,2	0,36
2019	30,0	3,1	304,1	0,77
НСР <sub>05</sub>	0,68	-	-	0,027
Посев с применением средств защиты				
2023	62,5	4,0	283,4	2,58
2022	44,5	4,2	309,0	2,33
2021	73,3	6,1	318,3	2,42
2020	77,3	6,4	276,1	1,27
2019	78,0	5,4	321,0	3,10
НСР <sub>05</sub>	0,61	-	-	0,026

Масса 1000 семян в среднем за годы исследований увеличилась на 21,2 грамм, что повысило урожайность зерна на 1,62 т/га или на 69,0%. Наибольшее влияние на урожайность семян оказывает заболевание трахеомикозное увядание растений, вызываемое грибом *F. oxysporum*. Установлена высокая обратная зависимость ( $r = -0,87$ ;  $p = 0,054$ ) между поражением растений грибом *F. oxysporum* и урожайностью семян. В связи с этим для уменьшения количества больных растений люпина белого фузариозной корневой гнилью и увяданием, а также снижения потерь урожайности семян, необходимо применять высокоэффективные средства против патогенных грибов *F. avenaceum* и *F. oxysporum*.

**Заключение**

Фузариоз является вредоносным грибковым заболеванием люпина белого. Корневая гниль вызывается грибом *F. avenaceum* Sacc. Трахеомикозное увядание растений вызывает гриб *F. oxysporum* Schl. В климатических условиях Брянской области наибольший вред посевам люпина белого наносит гриб *F. oxysporum*, вызывая увядание растений. Интенсивное заражение растений происходит, когда период с достаточным количеством тепла и влаги сменяется почвенной и воздушной засухой. Установлена достоверная прямая корреляционная связь между поражением растений люпина белого *F. oxysporum* ( $r = 0,90$ ;  $p = 0,035$ ) и среднесуточной температурой воздуха в июне. Выявлена высокая обратная зависимость ( $r = -0,87$ ;  $p = 0,054$ ) между поражением растений грибом *F. oxysporum* и урожайностью семян. В среднем за пять лет исследований поражение растений данными болезнями снизило массу 1000 семян на 21,2 грамм и сократило урожайность семян на 1,62 т/га. Поэтому при возделывании люпина белого для снижения потерь урожайности семян рекомендуется применять высокоэффективные средства против данных патогенных грибов.

**Литература**

1. Косолапов В.М., Яговенко Г.Л., Лукашевич М.И., Агеева П.А., Новик Н.В., Мисникова Н.В., Слесарева Т.Н., Исаева Е.И., Такунов И.П., Пимохова Л.И., Яговенко Т.В. Люпин: селекция, возделывание, использование. // - Брянск, ГУП «БОПО», – 2020. – 304 с.
2. Купцов Н.С., Пашкевич А.П., Шор В.Ч., Крицкий М.Н., Лапытько А.В. Люпин белый – ценная маслично-белковая культура. // Приложение к журналу «Земледелие и защита растений». – 2020. – № 1. – С. 23-27.
3. Конончук В.В., Тимошенко С.М., Штырхунов В.Д., Назарова Т.О., Тулинова Е.А., Кирдин В.Ф., Щуклина О.А., Конорев П.М. Удобрение и продуктивность люпино-пшеничной смеси

на сенаж и зерно при разных метеорологических условиях в Центральном Нечерноземье // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – № 1 (49). – С. 87-96. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-1-87-96

4. Слесарева Т.Н., Лукашевич М.И. Люпин и некоторые вопросы технологии его возделывания // Защита и карантин растений. – 2018. – № 7. – С. 12-16.
5. Абдуллаев Р.А., Вишнякова М.А., Егорова Г.П., Радченко Е.Е. Фитосанитарный мониторинг коллекции люпина узколистного ВИР на северо-западе Российской Федерации // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2021. – № 182 (3). – С. 167-173. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-3-167-173
6. Пимохова Л.И., Яговенко Г.Л. Болезни и вредители люпина: система и средства защиты. // - Брянск, Издательство «Читай-город», – 2020. – 88 с.
7. Карпиевич В.А., Анохина В.С., Саук И.Б., Романчук И.Ю. Полиморфизм возбудителей фузариоза растений и оценка устойчивости образцов люпина узколистного к наиболее агрессивным изолятам патогена //Новости науки в АПК. ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». – 2018. – № 2 (11). – С. 64-67.
8. Корнейчук Н.С. Грибные болезни люпинов: – Киев, – 2010. – 374 с.
9. Асеева Т.А., Зенкина К.В., Трифунова И.Б., Имтосими О.Ю., Тишкова А.Г., Савченко Н.Е., Грибные болезни на зерновых культурах в муссонном климате Дальнего Востока // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – № 34 (12). – С. 12-18. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11202.
10. Логинов В.Ф., Хитриков М.А. Прогноз изменений биоклиматического потенциала территории Беларуси на период 2016-2035 гг. // Известия национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. – 2018. – № 56 (1). – С. 51-64.
11. Игнатов А.Н., Кошкин Е.И., Андреева И.В., Гусейнов Г.Г., Гусейнов К.Г., Джалилов Ф.С. Влияние глобальных изменений климата на фитопатогены и развитие болезней растений // Агрехимия. – 2020. – № 12. – С. 81-96. DOI: 10.31857/S0002188120120042
12. Мамеев В.В. Изменение агрометеорологических условий в юго-западной части центра России и их влияние на урожайность озимой пшеницы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 6 (200). – С. 5-13.
13. Мауи А.А., Ануарова Л.Е. Видовой состав и биологические особенности возбудителей фузариозов сои в условиях юга и юга-востока Казахстана // Становление и развитие науки по защите и карантину растений в Республике Казахстан: сб. материалов междунар. науч. конф., посвящ. 60-летию основания института и 100-летию научных исследований по защите растений в Казахстане. Алматы, – 2018. – С. 429-435.

#### References

1. Kosolapov V.M., Yagovenko G.L., Lukashevich M.I., Ageeva P.A., Novik N.V., Misnikova N.V., Slesareva T.N., Isaeva E.I., Takunov I.P., Pimohova L.I., Yagovenko T.V. Lupin: breeding, cultivation and use. Bryansk, Bryanskoe oblastnoe poligraficheskoe ob"edinenie Publ., 2020, 304 p. (In Russ.).
2. Kupczov N.S., Pashkevich A.P., Shor V.Ch., Kriczkij M.N., Lapy`tko A.V. White lupin as a valuable oil-and-protein crop // *Prilozhenie k zhurnal "Zemledelie i zashhita rastenij"*, 2020, no. 1, pp. 23-27. (In Russ.).
3. Kononchuk V.V., Timoshenko S.M., Shtyrkhunov V.D., Nazarova T.O., Tulinova E.A., Kirdin V.F., Shchukina O.A. Konorev P.M. Fertilizer and productivity of lupin-wheat mixture for haylage and grain under different meteorological conditions in the Central Non-Chernozem region // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2024, no. 1 (49), pp. 87-96. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-1-87-96. (In Russ.).
4. Slesareva T.N., Lukashevich M.I. Lupin and some questions for its cultivation technology // *Zashhita i karantin rastenij*, 2018, no. 7, pp. 12-16. (In Russ.).
5. Abdullaev R.A., Vishnyakova M.A., Egorova G.P., Radchenko E.E. Fitosanitarny`j monitoring kolekcii lyupina uzkolistnogo VIR na severo-zapade Rossijskoj Federacii // *Trudy` po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*, 2021, no. 182 (3), pp. 167-173. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-3-167-173 (In Russ.).



6. Pimokhova L.I., Yagovenko G.L. Diseases and pests of lupin: system and protection. Bryansk, Chitai-gorod Publ., 2020, 88 p. (In Russ.).
7. Karpievich V.A., Anoxina V.S., Sauk I.B., Romanchuk I.Yu. Polymorphism of agents of plants' fusarium and evaluation of resistant narrow-leafed lupin lines to the most aggressive isolates of the pathogen // *Novosti nauki v APK*, 2018, no. 2 (11), pp. 64-67. (In Russ.).
8. Kornejchuk N.S. Fungi diseases of lupines. Kiev, 2010, 374 p. (In Russ.).
9. Aseeva T.A., Zenkina K.V., Trifunova I.B., Imtosimi O.Yu., Tishkova A.G., Savchenko N.E. Fungal diseases on cereals in the monsoon climate of the Russian Far East // *Dostizheniya nauki i texniki APK*. 2020, no. 34 (12), pp. 12-18. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11202. (In Russ.).
10. Loginov V.F., Khitrikov M.A. Predicting changes in bioclimatic potential in the territory of Belarus for the period of 2016-2035 // *Izvestiya nacional'noj akademii nauk Belarusi. Seriya agrarny`kh nauk*, 2018, no. 56 (1), pp. 51-64. (In Russ.).
11. Ignatov A.N., Koshkin E.I., Andreeva I.V., Gusejnov G.G., Gusejnov K.G., Dzhililov F.S. Impact of global climate change on plant pathogens occurrence. *Agrokhimiya*, 2020, no. 12, pp. 81-96. (In Russian). DOI: 10.31857/S0002188120120042 (In Russ.).
12. Mameyev V.V. The changes of agrometeorological conditions in the south-western part of the center of Russia and their influence on winter wheat yields. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, no. 6 (200), pp. 5-13. (In Russ.).
13. Maui A.A., Anuarova L.E. Species' composition and biological peculiarities of soya Fusarium agents under conditions of the South and South-West of Kazakhstan. Formation and development of plants protection and quarantine science in Republic of Kazakhstan: Proceed. Intern. Sc. Conf. to 60-Anniv. for Inst. establishment and 100-Anniv. for research for plant protection in Kazakhstan. Almaty`, 2018, pp. 429-435. (In Russ.).

## «БОЧКА ДОБЕНЕКА» КАК МОДЕЛЬ РАСТЕНИЯ

**В.А. РАДОВНЯ**, кандидат сельскохозяйственных наук  
ORCID ID: 0000-0002-1681-0118 E-mail: wladrad@tut.by

УО «БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»,  
Г. ГОРКИ, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

**Аннотация.** Бочка Добенека – наиболее яркое изображение среди всех законов земледелия. Считается, что Бочка Добенека является аналоговой моделью Закона минимума и, соответственно, простейшей аналоговой моделью растения. «Бочка минимума» (оригинальное название) впервые появилась в 1903 г. в журнале *Illustrierte Landwirtschaftliche Zeitung*, как оторванная от какой-либо статьи иллюстрация. Общеизвестно, что авторство рисунку принадлежит главному редактору Арнольду фон Добенеку. Изображение Бочки Добенека широко распространилось во всём мире, со временем получив лишь незначительные изменения: изменились, а затем пропали надписи на клёпках бочки, появились источники воды – кран, а затем капли воды. Советскую интерпретацию «бочки минимума» следует называть «бочкой оптимума», т.к. в ней лучше изображён Закон оптимума. Кроме того, В. Реймерсом впервые с помощью ёмкостей с водой в соответствии с концепцией Бочки Добенека изображены и другие законы экологии. В данной статье Бочка Добенека рассматривается как в качестве аналоговой модели растения, так и в качестве произведения искусства, таящего в себе «дух времени». Она инсказательна, многогранна, содержит в себе философский подмысл. Как аналоговая модель Бочка Добенека соответствует структуре моделируемого объекта, но не растения, а всей агроэкосистемы, что было не до конца осмыслено современниками. Благодаря трехмерному изображению и большому количеству элементов, Бочка Добенека обладает определенным запасом развития. Недостатки бочки Добенека связаны в первую очередь с недостатками Закона минимума – дискретностью, детерминированностью, отсутствием учёта влияния генотипа на урожай и способности растений адаптироваться к условиям среды. Это ограничивает использование изображения в образовательном процессе и снижает её ценность как модель растения. В силу уникальной художественной выразительности предлагается и в дальнейшем использовать бочку Добенека в образовательном процессе. Однако для этого требуется усовершенствовать рассматриваемую модель, включив в неё другие законы земледелия.

**Ключевые слова:** Бочка Добенека, Закон минимума Либиха, законы земледелия, модель растения.

**Для цитирования:** Радовня В.А. «Бочка Добенека» как модель растения. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3 (51):58-69. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-58-69

## «DOBENEK BARREL» AS A PLANT MODEL

**V.A. Radovnya**

EDUCATIONAL INSTITUTION «BELARUSIAN STATE AGRICULTURAL ACADEMY»,  
Gorki, Republic of Belarus

**Abstract:** *Dobenek Barrel is the most vivid image of all the laws of agriculture. The Dobenek Barrel is considered to be an analog model of the Law of the Minimum, and therefore the simplest*

*analog model of a plant. "Minimum Barrel" (original title) first appeared in 1903 in the magazine Illustrierte Landwirtschaftliche Zeitung, as an illustration torn from an article. It is generally accepted that the authorship of the drawing belongs to the editor-in-chief Arnold von Dobenek. The image of the Dobenek Barrel has spread widely throughout the world, having undergone only minor changes over time: the inscriptions on the rivets of the barrel changed and then disappeared, water sources appeared - a tap, and then drops of water. The Soviet interpretation of the "minimum barrel" should be called the "optimum barrel", because it better depicts the Law of Optimum. In addition, V. Reimers was the first to depict other laws of ecology using water containers in accordance with the Dobenek Barrel concept. In this article, Dobenek Barrel is considered both as an analog model of a plant and as a work of art that contains the "spirit of the times". It is allegorical, multifaceted, and contains a philosophical subtext. As an analogue model, Dobenek Barrel corresponds to the structure of the modeled object, not the plant, but the entire agroecosystem, which was not fully understood by contemporaries. Due to the three-dimensional image and a large number of elements, Dobenek Barrel has a certain reserve of development. The disadvantages of the Dobenek Barrel are primarily related to the disadvantages of the Law of the Minimum – discreteness, determinism, lack of consideration of the influence of the genotype on the yield and the ability of plants to adapt to environmental conditions. This limits the use of the image in the educational process and reduces its value as a plant model. Due to its unique artistic expressiveness, it is proposed to continue using Dobenek Barrel in the educational process. However, this requires improving the model under consideration by including other agricultural laws in it.*

**Keywords:** Dobenek Barrel, Liebig's Law of the minimum, laws of agriculture, plant model.

**Введение.** Бочка Добенека, являющаяся графическим изображением Закона минимума, уже более, чем столетие продолжает формировать мировоззрение специалистов. Уникальное сочетание передачи физического смысла Закона минимума и эмоциональной формы его предоставления делает бочку Добенека не простым дидактическим материалом, а своеобразным культурным феноменом, осмысление которого ещё ждёт своего времени.

Интуитивно-понятный смысл Закона минимума, заключающийся в ряде народных поговорок («Цепь так же крепка, как и ее самое слабое звено», «Где тонко — там и рвется»), тем не менее был изображён в форме бочки, имеющей клёпки различной высоты.

Использование бочки (нем. der Bodden, die Tonne) очень удачно, т.к. приводит к ряду вербальных ассоциаций:

- это основная мера объема сельскохозяйственной продукции в прежние времена;
- это обозначение метрической меры массы (тонна, децитонна – центнер);
- это убранный урожай, хранящийся в амбаре в бочках;
- это растение, произрастающее в деревянной кадке (цветочный горшок, или сосуд в вегетативном опыте) и нуждающееся в поливе и уходе.

Строение бочки, составленной из множества дощечек – клёпок, подсказывает комплексный характер плодородия почвы (der Boden), как совокупности содержащихся в ней минеральных соединений (воды и элементов питания) и других факторов, которые следует рассматривать как элементы плодородия.

При этом зрители не только понимают, что причины получения низких урожаев кроются в недостатке отдельных элементов плодородия, но и приходят к самостоятельным выводам, что земледелец способен отыскать причины низких урожаев и исправить их, подобно бондарю, который может починить бочку.

В общекультурном контексте бочку Добенека следует рассматривать как символ нового сельского хозяйства конца XIX века – начала коренной механизации, химизации и повышения наукоёмкости отрасли. В ней чувствуется дух того времени - века безграничной уверенности человека в свои силы. В то же время века, наполненного излишним антропоцентризмом и века преобладания механицизма в науке.

С научной точки зрения Бочка Добенека является точной моделью Закона минимума – пропорциональный рост при наличии фактора и выход на плато (прекращение роста) при отсутствии фактора. По большому счету это аналоговая модель растений, объясняющая и предсказывающая поведение объекта моделирования. И в настоящее время данная модель, несмотря на ряд недостатков, является отправной точкой для планирования экспериментов в агрономических науках, в первую очередь агрохимических.

И, конечно же, Бочка Добенека – наиболее яркое изображение среди всех законов земледелия, которое с самого начала образования определяет систему координат, в рамках которой студенты усваивают всю учебную информацию, поступающую за период обучения. Затем большинство специалистов в соответствии с этой моделью корректируют свою практическую деятельность.

В данной работе мы попытались проанализировать бочку Добенека, как модель растений, выделить её достоинства и недостатки.

### **Основная часть**

#### ***История создания и развития Бочки Добенека***

Более чем за столетний период своего существования Бочка Добенека настолько тесно ассоциировалась с Законом минимума Либиха, что стала называться бочкой Либиха. Такая упрощенная интерпретация привела к тому, что в некоторых статьях и даже учебных пособиях приводится информация: «Юстус фон Либих в 1840 г. изобразил свой закон в виде бочки».

На самом деле Ю.Либих не является автором бочки Добенека, и сам Закон минимума был не столько сформулирован им, сколько в своих работах он высказал основные идеи об ограничении урожая недостатком элементов питания. В настоящее время в немецкой и в целом в западной научной литературе общепринятой является точка зрения, что концепция Закона минимума была впервые сформулирована Карлом Шпренгелем в основных научных работах в 1826 и в 1828 гг., а его идеи были подхвачены и распространены Ю.Либихом в 1840-1855 гг. [1, 2]. Поэтому с учетом исторического развития R.R. van der Ploeg и др. [3] предлагают Закон минимума называть Законом минимума Шпренгеля-Либиха.

Только в 1903 году Арнольд фон Добенек, молодой главный редактор одного из ведущих сельскохозяйственных журналов Германии «Иллюстрированная сельскохозяйственная газета» (*Illustrierte Landwirtschaftliche Zeitung*), опубликовал графическую иллюстрацию закона, которую он назвал «бочкой минимума» (оригинальное название «Unsere Minimum-Tonne» – «наша бочка минимума») [4].

Следует отметить, что во время своей учёбы в Королевской баварской политехнической средней школе в Мюнхене среди учителей А. Добенека был Мартин Эвальд Вольни, который в то время на основе Закона минимума разрабатывал свой Закон оптимума.

Roberto Pantaleoni и др. [4] приводят подробный обзор, как менялось изображение бочки Добенека со временем. Приведём ключевые этапы.

Как было указано выше, «бочка минимума» впервые появилась в октябре 1903 г. Рисунок в журнале находился на странице 861 с подписью «Unsere Minimum-Tonne» (рисунок 1а). И что немаловажно, рисунок был оторван от какой-либо статьи, а был размещён в журнале именно как иллюстрация.

Изображение представляло собой деревянную бадью с отношением диаметра к высоте как  $3 / 2$  с небольшой обратной конусностью из которой через самую низшую клёпку вытекала жидкость, обозначенная как «наибольший урожай». На клёпках были надписи названий химических элементов, света и тепла, в качестве минимального фактора жизни была приведена вода. Важно, что в бочке была предусмотрена некая неопределённость - клёпки на заднем плане обозначались как «неизвестные факторы произрастания».

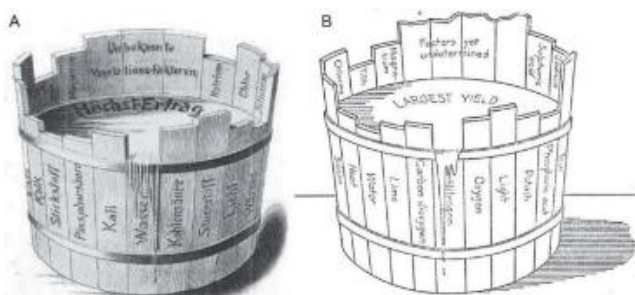


Рис. 1. Первые изображения Бочки Добенека (согласно [4])

a) Оригинальная бадья А.Добенека (1903 г.); b) первая известная репродукция бадьи Whitson & Walster (1909 г.)

Вторая известная иллюстрация появилась шестью годами позже, когда американцы Whitson & Walster опубликовали слегка измененную версию в справочнике по химии почвы (рисунок 1b). Задние клепки получили волнистую верхнюю кромку, как будто древесина испортилась от времени. В качестве минимального фактора был уже указан азот. Вместо тепла указывалась жара, видимо, как более понятный лимитирующий фактор для условий США.

После 1912 года изображение бадьи было воспроизведено по всему миру, и каждый новый пользователь использовал оригинальное изображение либо адаптировал его к своим конкретным условиям с небольшими изменениями, часто касающимися только наименования клёпок [4]. Например, во втором издании учебного пособия Whitson & Walster в качестве минимального фактора привели уже фосфор, в итальянском издании на «минимальной» клёпке был изображён калий (рисунок 2а).

Бадья постепенно трансформировалась (вероятно только для графических нужд) в три модели: бадья (или кадка), ведро и бочка. Данные модели отличались по соотношению высоты и ширины. Другими различиями были: количество клёпок, состав надписей (либо их отсутствие) и указание минимального фактора жизни. Собственно бочка, характеризующаяся высотой более чем в два раза превышающей ширину и лишенная конусности, появляется после Второй мировой войны [4].

Важным в генезисе изображений бочки Добенека мы видим только состав надписей (или их отсутствие). Не известно, должна была ли указывать конусность и размеры сосудов различных типов на относительную потребность растений в элементах питания в различные периоды роста.

Принципиально новым нужно считать появление крана, наполняющего бочку (рисунок 2 б). На первый взгляд это деталь кажется маловажной, но, тем не менее, имеет важное экологическое значение. Она привносит динамизм процесса и изображает поток энергии, который пронизывает агроэкосистему. Одновременно это даёт понять, что урожай (вода в бочке) является преобразованной энергией, поступившей извне. Вместе с тем, рукотворный источник энергии – кран – предполагает ведущее положение человека в системе (как человек открывает кран, так бочка и заполнится).

Вторая бочка, имеющаяся на рисунке 2b, по сути является решением задачи по оптимизации количества всех факторов жизни. Верхний обруч имеется только на второй бочке, что придаёт последней прочность и завершенность. Не понятно, отсутствие верхнего обруча на первой бочке было чем-то обосновано, или просто вызвано графическими задачами, но на наш взгляд это была весьма удачная находка. Используя терминологию А. Добенека, вторую бочку можно было бы назвать «Unsere Optimum-Tonne» – «наша бочка оптимума».

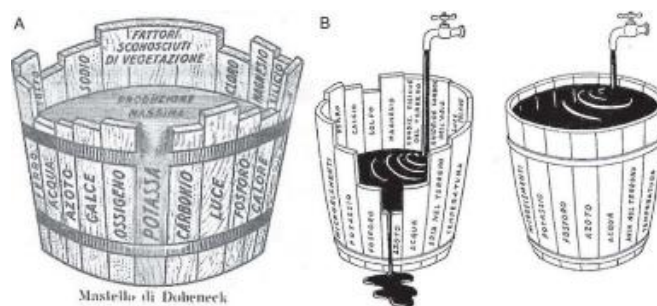


Рис. 2. Примеры генезиса бочки Добенека (согласно [4])

а) Воспроизведение оригинальной бадьи на образовательном плакате ("Fertilizzanti potassici SA – Милан", 1941 г.); б) бочка с краном и её оптимизированный вариант (Бонфильоли, 1958 г.)

Появление иллюстрации бочки Добенека не прошло незамеченным в России. Уже в 1905 г. в своей лекции К.А. Тимирязев (1948) приводил её в качестве примера Закона минимума: «... урожай зависит от того вещества или вообще условия, которого всего менее имеется».

Тем не менее в период 1930-1950 гг. в советских учебниках мы не находим изображений бочки Добенека.

В учебнике «Земледелие» (ряд изданий под редакцией С.А. Воробьева) изображение бочки Добенека появляется в 1970-годы (рисунок 3) и с тех пор является наиболее распространенным в отечественной литературе. На клёпках указаны цифры – содержание факторов жизни в процентах от оптимума и пунктиром приводится образ модели при полном оптимуме факторов жизни. По большому счёту это изображение является очередной интерпретацией «бочки оптимума». Возможно «благодаря» данному изображению в ряде отечественных учебных пособий различия между Законом минимума (который и должна описывать классическая Бочка Добенека) и Законом оптимума даются в довольно непоследовательной форме, а общий смысл всех законов заключается в необходимости оптимизации факторов жизни.

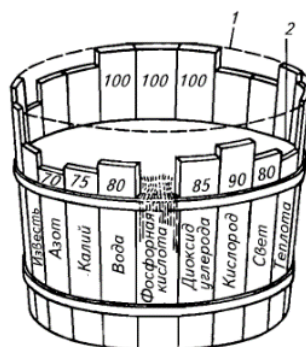


Рис. 3. Графическое изображение закона минимума (согласно [5])

1 – максимально возможный урожай; 2 – фактический урожай

В отечественной литературе [6] мы находим единственное принципиально новое изображение бочки Добенека, предложенное Н.В. Реймерсом, который с её помощью изобразил основные законы земледелия и экологии. Ограничения в урожайности и взаимодействия факторов жизни он показал с помощью дырок в бочке, расположенных на разной высоте (рисунок 4 а-в), а в случае превышения диапазона толерантности (давления отдельного фактора жизни) популяция прекращает своё существование - бочка опрокидывается (рисунок 4 г). Здесь прослеживается дальнейших уход от конкретизации факторов жизни (клёпки даже схематически не изображены), но представлены различные варианты поведения экосистемы в зоне минимума и в зоне максимума давления факторов.

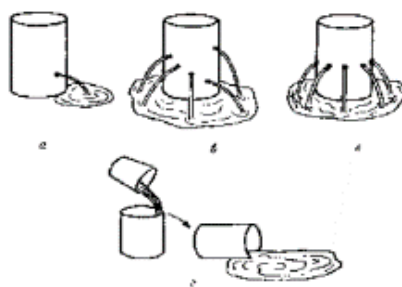


Рис. 4. Иллюстрация закона минимума по Н.В. Реймерсу (согласно [6])

*а – Закон минимума, б – Закон равнозначности всех факторов жизни, в – Закон совокупного действия факторов (ряд отверстий на одном уровне), г - Закон толерантности (поток из ведра, переворачивающий бочку)*

В настоящее время благодаря Википедии наибольшее распространение получило изображение бочки Добенека в форме собственно бочки [1, 2, 7] (приводится в статьях на русском, немецком и английском языках, дата создания изображения – апрель 2009 год). Действительно, данное изображение можно назвать наиболее удачным, т.к. оно включило в себя все предыдущие нововведения:

- использована форма бочки (усеченный эллипсоид), боковая проекция которой напоминает параболу – основную функцию сложных биологических процессов. Первоначально предложенная А. Добенеком прямая конусность придаёт «излишний оптимизм», позволяет думать, что даже небольшое удлинение клёпки позволит существенно больше увеличить объем воды (величину урожая);

- верхний обруч бочки отсутствует, что указывает на неустойчивость системы, возможность её изменения;

- с помощью капель воды указывается на поступление энергии в систему, но при этом рукотворный кран отсутствует, тем самым ограничивается излишний антропоцентризм;

- наименования клёпок не указываются, что предотвращает возможность манипуляций на подсознательном уровне, но в то же время позволяет более свободно давать названия клёпкам бочки в каких-либо частных случаях. Отсутствие надписей на клёпках позволяет относить к ограничивающим факторам не только первоначальные элементы плодородия (факторы жизни), но и болезни с вредителями, а также физиологические процессы растений (фотосинтез, дыхание и др.) и их генетические качества (например, устойчивость к полеганию, к стрессам и др.).



Рис. 5. Современный вид бочки Добенека [7]

### **Бочка Добенека как произведение искусства и как модель растений**

У исследователей не вызывает сомнения, что иллюстрация бочки была авторским рисунком именно редактора журнала А. Добенека. Он обладал художественным талантом и делал множество иллюстраций самостоятельно [4]. Поэтому в статье мы используем термин «Бочка Добенека», указывая на авторство изображения, или «бочка минимума» в её

оригинальном названии. Наименование «бочка Либиха», приводимое в некоторых источниках, следует считать некорректным.

Бочка Добенека в своё время была создана молодым редактором, вероятно, с единственной целью – изобразить Закон минимума и пропагандировать необходимость внесения удобрений. Вместе с тем, к иллюстрации в журнале «бочки минимума», полностью оторванной от поясняющего текста, стоит в какой-то мере относиться как к произведению искусства, смысл которого должен быть понятен для своих современников.

Бочка Добенека иносказательна, в её изображении нет самого растения, или атрибутов, указывающих на него. Надписи на клёпках чётко указывают, что это факторы жизни, которые вмещают в себя (или ограничивают) максимальный урожай – воду, которая вытекает через край. Собственно, урожай можно было бы представить более доходчиво, например, в форме высыпавшегося через край зерна – главной сельскохозяйственной продукции того времени, которая хранилась в бочках. Собственно, бочками (тоннами) мы измеряем её до сих пор. Но А. Добенек представил его всё-таки в виде воды, что придаёт изображению некий философский смысл.

Поступление воды извне, сперва понимаемое интуитивно (в оригинальном варианте вода всё-таки вытекала из бадьи, следовательно, должна была поступать), но дорисованное лишь полстолетия спустя, по нашему мнению является гениальным художественным открытием А. Добенека, получившим своё научное обоснование четвертью века позже в рамках новой научной дисциплины – экологии. В настоящее время посев сельскохозяйственных растений (точнее – вся агроэкосистема) рассматривается в качестве открытой системы, в которую поступает энергия. И в бочке Добенека вода (поступающая в систему энергия) превращается в урожай, размер которого определяется наличием факторов жизни.

Если же бочку Добенека рассматривать как модель растений, к её достоинствам следует отнести простоту и лаконичность изображения. Модель – аналоговая, т.к. биологический продукционный процесс описывается схожим процессом, но имеющим иную физическую природу (наполнение бочки водой).

Трёхмерное изображение и возможность использования множества элементов (количество клёпок, ширина и высота бочки, её конусность, высота и ширина клёпок) позволяет вводить в модель большое количество факторов, оказывающих влияние как на величину урожая, а также взаимодействующих между собой. Однако в данной модели факторы не учитываются до момента, пока какой-то из них не станет минимальным.

В целом, модель описывает не весь продукционный процесс растений, а только два частных случая – рост растения (накопление урожая, т.е. формирование биомассы) при недостатке всех факторов жизни, или прекращение роста при достижении каким-либо фактором минимального уровня. Кроме того, предполагается третье (потенциальное) состояние системы – достижение максимального урожая при оптимизации всех факторов жизни.

Таким образом, модель полностью соответствует Закону минимума Либиха в его первоначальной формулировке.

Нужно согласиться, что если бы А.Добенек использовал для изображения Закона минимума вполне логичную концепцию «слабого звена цепи», с помощью которой, например, вытаскивают ведро воды из колодца, или поднимают мешок зерна в амбаре, это бы изображение не имело бы такого феноменального успеха. В такой модели количество переменных факторов было бы более ограниченным (фактически только звенья цепи различной толщины), а урожай представал бы в форме ограниченного объекта (мешок), размер которого невозможно увеличить.

Изображение ведра воды, наполненного до различного уровня, было бы более удачным, но возможность падения ведра придала бы изображению негативную окраску. Бочка Добенека, напротив, заряжает оптимизмом и показывает, что успех совсем близок, нужно приложить лишь некоторые усилия.



Кроме того, модель растения «ведро воды, поднимаемое на цепи» плохо отражает процесс формирования урожая, т.к. содержит в себе элементы дискретности - наполнение воды (или зерна) происходит порционно, в какой-то момент цепь разрывается и ведро падает.

Главным достоинством бочки Добенека, как модели растения, нужно считать то, что в ней идеально представлена сама суть моделируемого объекта (его элементы и связи). Вода в бочке – это биологический урожай – масса одного растения или всего посева (а ещё более точно – содержание в ней энергии). Бочка – это не только растение (в котором протекают разнообразные физиологические процессы), это вся агросистема во всей совокупности живой и неживой природы, взаимодействующей между собой, оказывающая влияние на формирование урожая. Высота клёпки бочки, соответственно, это количество фактора жизни, которое растение может усвоить из агроэкосистемы. Это принципиальный момент, упускаемый многими исследователями, – не наличие фактора жизни в агросистеме, а именно доступное для растения (т.е. для формирования урожая) количество фактора.

В классическом виде бочки количество клёпок и их ширина не обсуждаются и считаются условными. Единственным параметром является высота наименьшей клёпки – фактора, находящегося в минимуме.

Во время А. Добенека главной задачей в сельском хозяйстве являлось внесение в агросистему нового вещества (удобрений), т.к. за предыдущие годы активного капиталистического развития почвы Западной Европы были значительно истощены. Замена (увеличение высоты) клёпок в бочке Добенека и означает необходимость поступления в систему дополнительного вещества.

К сожалению, современники А. Добенека не осознали глубокий смысл, заключённый в «бочке минимума», где питательные вещества, и даже энергия (свет и тепло) представлены как элементы системы, которая определяет продуктивность растений, а не просто влияет на неё. В агрохимии, и в целом в земледелии, первоначально получил развитие физико-химический подход, который рассматривает питательные элементы всего лишь как внешние входные факторы, тогда как они являются именно элементами системы. Однако в настоящее время подходы в области агрохимии пересматриваются [8].

Почему бочка Добенека является моделью растений, а не простой иллюстрацией Закона минимума? Потому что она объясняет некоторые другие законы земледелия, но главное позволяет моделировать – предсказывать состояние объекта (посева растений или природной экосистемы) при различной обеспеченности факторами жизни.

Вместе с тем, при всех своих достоинствах, Бочка Добенека, как модель растения, обладает главным недостатком, свойственным самому Закону минимума. Она недостаточно адекватна своему прототипу, т.е. мало соответствует поведению посева растений в полевых условиях.

Еще при жизни Ю. Либиха не прекращались дискуссии, что в контролируемых условиях вегетационного опыта рост одиночных растений в сосудах (особенно, наполненных песком), действительно, прекращается при создании дефицита воды или остром недостатке элементов питания. Однако в полевых условиях данная закономерность часто не подтверждалась. Итогом дискуссий стала разработка последующих законов земледелия и экологии (законы максимума, оптимума, совместного действия факторов жизни).

Напомним, математическим выражением Закона минимума является логистическая функция (в более приближенных интерпретациях – линейная кусочно-дискретная), которая описывает активность ферментов и, соответственно, отдельные биологические процессы (например – фотосинтез). Между тем, известно, что формирование урожая, развитие популяций и другие комплексные биологические процессы описываются параболой (еще более точно – гауссианой). Таким образом, Закон минимума описывает не процесс формирования конечного урожая, а именно рост (интенсивность продукционных процессов) в каждый определенный момент времени.

Во многих формулировках Закона минимума (особенно в литературе по экологии и агрофизике) приводится, что лимитируется именно интенсивность или скорость роста [7, 9]. Современные исследования показывают, что Закон минимума в классической интерпретации

хорошо описывает жизнедеятельность отдельной клетки или одноклеточных микроорганизмов (водорослей), но в применении к высшим растениям его точность чрезвычайно низкая [10].

Поэтому, нужно констатировать, что Бочка Добенека в её современном виде отражает формирование урожая только в конкретный момент времени – в растении протекают ростовые процессы, или рост остановлен по причине достижения минимума фактора жизни. Для имитации динамики продукционного процесса следовало бы изобразить нескольких бочек в ряд, например, в критические периоды вегетации (причем в каждый период времени лимитирующими окажутся различные факторы). Но тогда в модели «Бочка Добенека» потеряется главное её достоинство – целостность конструкции, простота проблемы и ясность решения.

Можно предположить, что само появление бочки Добенека было отражением нового понимания Закона минимума. Данное им название «наша бочка минимума» является своеобразным вызовом, новым заявлением в поддержку Закона минимума. Совершенно логично, что если биологический (продукционный) процесс при недостатке факторов жизни не находит физического обоснования (что видно из рисунка), он попросту невозможен.

Действительно, в начале Закон минимума постулировал только ограничение урожая фактором, находящимся в минимуме. Но со временем из него стали выводить различные следствия и новые законы, в том числе:

- Закон оптимума, заявляющий о необходимости оптимизации количества всех факторов жизни (в бочке все клёпки должны быть одинаковой длины);

- Закон равнозначности и незаменимости факторов жизни, который по большому счёту нужно рассматривать как крайний случай Закона минимума, в бочке Добенека можно изобразить, как полное отсутствие какой-либо клёпки.

В итоге, в настоящее время с помощью современного математического аппарата из Закона минимума уже выводят Закон толерантности [11].

Закон совокупного действия факторов жизни Э. Митчерлиха в первоначальной редакции звучал как «Закон минимума и закон убывающей урожайности почвы» [12], т.е. рассматривался автором как дальнейшее развитие закона минимума.

Недостатком Бочки Добенека также является то, что она плохо описывает Закон максимума. Максимальная высота клёпок (количества факторов) не оказывает никакого отрицательного влияния. Как было видно на рисунке 1b американские авторы решили данную проблему и использовали клёпку «жара», обозначающую по сути избыток (максимальное поступление) тепла.

Модель «Бочка Добенека» не учитывает взаимодействие факторов жизни (Закон совокупного действия), их компенсирующее и регулятивное воздействие на растения (Закон неравноценного и компенсирующего действия факторов жизни, Закон взаимокомпенсации регуляторных факторов).

Кроме того, модель бочки, как рукотворного объекта, совершенно не учитывает способность растений и посевов самостоятельно адаптироваться к условиям внешней среды (Закон независимой адаптации растений, Закон активности растений, Закон критических периодов). При этом Бочка Добенека не отображает значение генотипа в формировании урожайности, хотя и содержит в себе эти возможности (например, пунктирное изображение полностью наполненной бочки на рисунке 3 можно показать с большей конусностью; это даст понять, что при оптимальном сочетании всех факторов жизни и использовании наилучших генотипов объем воды в бочке, т.е. урожайность, увеличится). А без использования данных законов земледелия невозможен переход к биологизированным и адаптивным системам земледелия [12].

Все специалисты и ученые, осознанно или неосознанно пользующиеся в своей практике данной моделью, ориентированы на замену клёпок бочки большей длины (оптимальной или максимальной в зависимости от уровня интенсификации технологий и степени рискованности их применения). Это означает внесение в агроэкосистему

дополнительной энергии и вещества – удобрение, интенсивная обработка почвы и др. В то время как процессы перераспределения в системе энергии, возможность преимущественного использования даровых природных ресурсов взамен технократическим остаются без должного внимания.

Следовательно, для формирования современного биологизированного мировоззрения специалистов требуется новое изображение законов земледелия и растениеводства, по своей художественной выразительности не уступающее бочке Добенека. И нужно признать, что никакие «точные формулировки» законов земледелия, их обоснования в виде графиков и таблиц до сих пор не дали образовательный эффект, равноценный «бочке минимума».

Имеется два выхода из сложившейся ситуации:

1) отказаться от использования бочки Добенека в образовательном процессе, либо приводить её изображение в ретроспективной форме подачи учебного материала с полным анализом её недостатков;

2) разработать новую бочку Добенека, которая в отличие от классического вида будет являться более точной (адекватной) моделью растений. Для этого модель должна содержать в себе несколько законов земледелия и растениеводства, учитывать адаптивные свойства растений, взаимодействие факторов жизни, влияние на урожайность стрессовых условий (в том числе максимального или избыточного поступления факторов).

Нужно сказать, Бочка Добенека имеет несомненный запас развития. Введение в данную модель дополнительных параметров и, главное, связей между элементами значительно повысит её адекватность моделируемому объекту – агроэкосистеме. При этом выразительность и художественная ценность сохранятся, что также немаловажно для образовательных целей.

### **Заключение**

В бочке Добенека художественная выразительность и иносказательность парадоксально соединены с физической точностью изображаемых предметов. В ней предвосхищено понимание сельскохозяйственных посевов как открытых биосистем – единства элементов живой и неживой природы.

Бочка Добенека – это одна из первых аналоговых моделей растений. В ней продукционные процессы роста растений (накопления биомассы) заменены аналогичным физическим процессом – заполнение бочки водой. Это в целом точно отражает суть Законов минимума и оптимума, но не учитывает многие другие законы земледелия.

При этом следует признать структуру модели очень удачной. Она соответствует объекту моделирования и обладает возможностями к дальнейшему совершенствованию. Вместе с тем, содержащийся в ней алгоритм (Закон минимума в первоначальной его интерпретации) не позволяет использовать её для точного моделирования продукционных процессов. Поэтому модель растений «Бочка Добенека» следует рассматривать скорее как качественную модель, отражающую структуру объекта и связи его элементов, но не позволяющую проводить количественные расчёты продукционных процессов.

В современной научной работе используются, преимущественно, математические модели растений, в которых урожайность рассчитывается как конечный показатель основных продукционных процессов (фотосинтез и дыхание). В более современных моделях проводится последующая корректировка эффективности продукционных процессов с учётом лимитирующих и стрессовых факторов, некоторые модели учитывают влияние генотипа. В таких моделях используется большое количество параметров, за счет чего повышается их точность. Однако данные модели громоздки и главное – в силу своей абстрактности сложны для обобщенного понимания.

Поэтому, несмотря на наличие современных моделей растений, и в настоящее время аналоговая модель растений «Бочка Добенека» широко используется в образовательных целях - вероятно, благодаря её высокой художественной выразительности и целостности изображаемого объекта. И, как ни парадоксально, Бочка Добенека до сих пор формирует механистическое мировоззрение наших будущих специалистов, ориентированных на

прямолинейные решения, не учитывающие взаимодействие факторов и не допускающие многовариантность.

В связи с этим, требуется внести поправки в данную модель и переработать изображение бочки, где лучше отобразить системную структуру агроэкосистемы и показать другие законы земледелия, также влияющие на продукционные процессы растений.

#### Литература

1. Liebig's law of the minimum [Electronic resource]. - Wikipedia. – Mode of access: [https://en.wikipedia.org/wiki/Liebig%27s\\_law\\_of\\_the\\_minimum](https://en.wikipedia.org/wiki/Liebig%27s_law_of_the_minimum). – Date of access: 15.01.2023.
2. Minimumgesetz [Electronic resource]. - Wikipedia. – Mode of access: [https://de.wikipedia.org/wiki/Minimumgesetz#:~:text=1909%20erschien%20dann%20Eilhard%20Alfred,\(Wirkungsfaktor\)%20die%20Ertragsh%C3%B6he%20steigern](https://de.wikipedia.org/wiki/Minimumgesetz#:~:text=1909%20erschien%20dann%20Eilhard%20Alfred,(Wirkungsfaktor)%20die%20Ertragsh%C3%B6he%20steigern). – Date of access: 15.01.2023.
3. Ploeg R., Böhm W., Kirkham M. On the Origin of the Theory of Mineral Nutrition of Plants and the Law of the Minimum // *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1999. -№ 63. - Pp. 1055-1062. DOI:10.2136/sssaj1999.6351055x
4. Roberto A. Pantaleoni, Luigi Mariani e Giovanni Ferrari, *Il mastello di Dobeneck* / in Rivista di Storia dell'Agricoltura a. LX. - №. 2. - 2020. - pp. 119-132. DOI: 10.35948/0557-1359/2021.1769
5. Баздырев Г. И. Земледелие с основами почвоведения и агрохимии. - М.: Колос, 2009. - 415 с.
6. Основы экологии и экологическая безопасность: Учеб. пособие под ред. В.В. Шкарина, И.Ф. Колпакшиковой. - Нижний Новгород: Изд-во НГМА, 1998. - 172 с.
7. Закон ограничивающего фактора [Электронный ресурс]. – Википедия. - Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD\\_%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B5%D0%B3%D0%BE\\_%D1%84%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B5%D0%B3%D0%BE_%D1%84%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0). – Дата доступа: 25.01.2023.
8. Lemaire G., Tang L., Bélanger G. Forward new paradigms for crop mineral nutrition and fertilization towards sustainable agriculture // *European Journal of Agronomy*, 2021. - Volume 125. – Pp. 126 -148. DOI: 10.1016/j.eja.2021.126248
9. Агрофизика / Е. В. Шеин, В. М. Гончаров. Московский государственный университет. - Издательство: Феникс, 2006. - 400 с.
10. Sinclair T. R., Park W. I. Inadequacy of the Liebig Limiting-Factor Paradigm for Explaining Varying Crop Yields // *Agron. J.*, 1993. - №85: - Pp. 742-746. DOI:10.2134/agronj1993.00021962008500030040x
11. Gorban A., Pokidysheva L., Smirnova E. Law of the Minimum Paradoxes // *Bulletin of mathematical biology*. - 2010. - № 11. DOI: 10.1007/s11538-010-9597-1
12. Радовня В.А., Романьков Д.А. Законы земледелия в применении к отрасли растениеводства. // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии: научно-методический журнал. - 2024. - № 1. - С. 125-133.

#### References

1. Liebig's law of the minimum [Electronic resource]. - Wikipedia. – Mode of access: [https://en.wikipedia.org/wiki/Liebig%27s\\_law\\_of\\_the\\_minimum](https://en.wikipedia.org/wiki/Liebig%27s_law_of_the_minimum). – Date of access: 15.01.2023.
2. Minimumgesetz [Electronic resource]. - Wikipedia. – Mode of access: [https://de.wikipedia.org/wiki/Minimumgesetz#:~:text=1909%20erschien%20dann%20Eilhard%20Alfred,\(Wirkungsfaktor\)%20die%20Ertragsh%C3%B6he%20steigern](https://de.wikipedia.org/wiki/Minimumgesetz#:~:text=1909%20erschien%20dann%20Eilhard%20Alfred,(Wirkungsfaktor)%20die%20Ertragsh%C3%B6he%20steigern). – Date of access: 15.01.2023.
3. Ploeg R., Böhm W., Kirkham M. On the Origin of the Theory of Mineral Nutrition of Plants and the Law of the Minimum. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1999, no. 63, pp. 1055-1062. DOI:10.2136/sssaj1999.6351055x
4. Roberto A. Pantaleoni, Luigi Mariani e Giovanni Ferrari, *Il mastello di Dobeneck*, in Rivista di Storia dell'Agricoltura a. LX, n. 2, dicembre 2020, pp. 119-132. DOI: 10.35948/0557-1359/2021.1769
5. Bazdyrev G. I. Agriculture with the basics of soil science and agrochemistry. Moscow: Kolos, 2009, 415 p. (in Russian).
6. Fundamentals of Ecology and Environmental Safety: Textbook edited by V. V. Shkarina, I. F. Kolpakshchikovej. - Nizhnij Novgorod: Izd-vo NGMA, 1998, 172 p. (in Russian).

7. The Law of the Limiting Factor [Electronic resource]. – Wikipedia. - Mode of access: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD\\_%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B5%D0%B3%D0%BE\\_%D1%84%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B5%D0%B3%D0%BE_%D1%84%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0). – Date of access: 25.01.2023. (in Russian).
8. Lemaire G., Tang L., Bélanger G. Forward new paradigms for crop mineral nutrition and fertilization towards sustainable agriculture. *European Journal of Agronomy*, 2021, V. 125, pp. 126-148. DOI: 10.1016/j.eja.2021.126248
9. Shein E. V., Goncharov V. M. Agrophysics. *Moskovskij gosudarstvennyj universitet. - Izdatel'stvo: Feniks*, 2006, 400 p. (in Russian).
10. Sinclair T. R., Park W. I. Inadequacy of the Liebig Limiting-Factor Paradigm for Explaining Varying Crop Yields. *Agron. J.*, 1993, no.85, pp. 742-746. DOI:10.2134/agronj1993.00021962008500030040x
11. Gorban A., Pokidysheva L., Smirnova E. Law of the Minimum Paradoxes. *Bulletin of mathematical biology*, 2010, no. 11. DOI: 10.1007/s11538-010-9597-1.
12. Radovnya V. A, Roman'kov D. A. Laws of agriculture as applied to the plant growing industry. *Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii: nauchno-metodicheskij zhurnal*, 2024, no. 1, pp. 125-133. (in Russian).

## ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ПРОСА НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ И ВЫСОКУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ

**Л.Х. СОКУРОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук  
ORCID ID: 0000-0002-2352-8057; E-mail: ishkbncran@yandex.ru

ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА – ФИЛИАЛ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО  
НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

**Аннотация.** В данной работе представлены результаты научно-исследовательской работы по комплексному испытанию исходного материала проса с высокой комбинационной способностью, являющегося новыми донорами и геноисточниками селекционно-ценных признаков. По комплексу ценных признаков и свойств выделены образцы, обладающие высокой урожайностью, засухоустойчивостью, устойчивостью к жаре и т.д.: К-554, К-7748, К-9298, К-3450, К-6071, К-7766, К-10370, К-10287, К-743, К-1533, К-7758, К-8744, К-9266, К-9513, К-3417, К-564, К-1147, К-1374, К-1539, К-9639 и др. Изучение коллекционного материала показало, что скороспелые сорта проса в условиях Северного Кавказа не способны достаточно полно использовать ресурсы плодородия и дают низкие урожаи. В наших условиях наиболее урожайными являются среднеспелые и среднеранние образцы, для которых типична средняя длина периода от посева до созревания 80-90 дней. Среднеспелые образцы используют осадки второй половины лета, поэтому являются наиболее подогаанными к условиям данной зоны.

**Ключевые слова:** просо, коллекция, исходный материал, высокая продуктивность, признаки, свойства, пластичность.

**Для цитирования:** Сокурова Л.Х. Исходный материал для селекции проса на экологическую устойчивость и высокую продуктивность. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3(51):70-76. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-70-76

## THE SOURCE MATERIAL FOR THE BREEDING OF MILLET FOR ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY AND HIGH PRODUCTIVITY

**Sokurova L.H.**

INSTITUTE OF AGRICULTURE – BRANCH OF KABARDINO-BALKARIAN SCIENTIFIC  
CENTER OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

**Abstract:** This paper presents the results of research work on the comprehensive testing of the source material of millet with high combinational ability, which are new donors and gene sources of breeding valuable traits. According to the complex of valuable signs and properties, samples with high yield, drought resistance, heat resistance, etc. were identified: K-554, K-7748, K-9298, K-3450, K-6071, K-7766, K-10370, K-10287, K-743, K-1533, K-7758, K-8744, K-9266, K-9513, K-3417, K-564, K-1147, K-1374, K-1539, K-9639, etc. The study of the collection material showed that precocious millet varieties in the conditions of the North Caucasus are not able to fully utilize fertility resources and produce low yields. In our conditions, the most productive are medium-ripened and medium-early samples, for which the average length of the period from sowing to ripening is 80-90 days. The medium-ripened samples use the precipitation of the second half of summer; therefore they are the most adapted to the conditions of this zone.

**Keywords:** millet, collection, source material, high productivity, signs, properties, plasticity.

**Введение.** Создание сортов и гибридов, способных давать высокие и стабильные урожаи зерна высокого качества, является основной задачей в селекции проса. В значительной степени успешное решение данной задачи определяется наличием соответствующего исходного материала с последующим включением его в селекционный процесс. В основе успешной селекции проса лежат подбор и создание исходного материала [1]. С изучения исходного материала – коллекции сортов и сортообразцов начинается селекция проса. В связи с увеличением требований, предъявляемых к создаваемым сортам, постепенно возрастает проблема поиска исходного материала. Ключевой проблемой биологической и сельскохозяйственной науки является повышение урожайности и качества сельскохозяйственных культур [2].

Растет спрос на новые сорта, обладающие комплексом ценных признаков, адаптированных к разнообразным условиям среды и способных давать при этом стабильные урожаи. Решение поставленных проблем неразрывно связано с расширением и эффективным использованием генетического разнообразия, что в свою очередь дает возможность существенно улучшить селекционные достижения, повышая потенциал продуктивности в условиях изменения климата [3].

Исходный материал в решающей степени определяет селекционный успех и параметры создаваемых генотипов. В связи с этим изучение и использование в селекции нового исходного материала проса с комплексом хозяйственно ценных признаков является актуальной и своевременной [4, 5]. Благодаря высокой пластичности, короткому вегетационному периоду, устойчивости к болезням и вредителям, и соблюдая технологию, позволяющую раскрыть в полной мере их биологический потенциал, высокая урожайность проса может быть достигнута во всех зонах прососеяния и получать при этом низкозатратную, качественную экологически чистую продукцию [6].

Важным адаптационным и хозяйственно ценным признаком является продолжительность вегетационного признака. Засухоустойчивость, продуктивность и качество зерна тесно с ним связаны. Потребность во влаге неодинакова в разные периоды жизни растений проса. Наибольшая чувствительность к ее недостатку и наиболее усиленный расход отмечаются за 10-12 дней перед выметыванием и до массового цветения. В период формирования зерна расходуется значительное количество воды. Недостаток влаги в этот период значительно снижает урожай. Медленный рост в первый период развития до выхода растений в трубку является характерной особенностью проса. Они начинают интенсивно развиваться и накапливать вегетативную массу только после образования мощной корневой системы. Интенсивный рост происходит в период «выход в трубку – выметывание» и почти отсутствием роста после цветения [7].

Недостаток влаги с первых этапов органогенеза оказывает резкое отрицательное влияние на рост и развитие растений, уменьшая размеры растений и их органов, сокращая межфазные периоды и общую продолжительность вегетации.

Значительную ценность как исходный материал для дальнейшей селекционной работы представляет имеющееся большое разнообразие форм проса по засухоустойчивости [8].

#### **Материал и методика исследований**

Исследования проводили с образцами проса из мировой коллекции ВИР.

Полевые опыты закладывали в НПУ № 2 Института сельского хозяйства Кабардино-Балкарского научного центра РАН в 2021-2023 годах. В схеме опыта представлено 100 образцов из коллекции ВИР.

Опыт полевой, однофакторный. Повторность вариантов двухкратная. Расположение вариантов систематическое. Площадь делянки 5 м<sup>2</sup>. Почвенный покров подзоны представлен обыкновенными карбонатными черноземами. Гумусовый слой составляет 70-90 см. Подвижного фосфора в почве содержится в пределах 15,6-28,7 мг/кг, обменного калия 200-300 мг/кг (по Мачигину). РН почвы в пределах 7,6-8,0. Среднегодовое количество осадков составляет 444 мм. Для этой зоны характерна резко выраженная континентальность.

Фенологические наблюдения и визуальную оценку по морфологическим хозяйственно ценным признакам проводились в течение вегетации в соответствии с методическими указаниями по проведению полевых опытов (Б.А. Доспехов, 1985, Н.П. Агафонов, А.Ф. Курцева, 1988).

Сроки посева – оптимальные для степной зоны Кабардино-Балкарии – конец апреля, начало мая. Норма высева – 4,5-5,5 млн. всхожих семян на 1 га. Уборка в фазу полной спелости – 15-20 августа.

Май 2021 года был теплым и сухим в первой и второй декаде (17,8 мм-7,8 мм), лишь в третьей декаде выпало 88,9 мм осадков. Температурный режим (16,7-20,5 °С) соответствовал среднемноголетним данным (16,2 °С). Осадков выпало выше многолетних значений – 97,4 мм.

Всего за вегетацию выпало 330,2 мм осадков, что выше средних многолетних на 76,8 мм. При этом среднесуточная температура воздуха была на 1,7 °С выше среднемноголетних (24,2 °С).

Май 2022 г. был жарким и умеренно увлажненным. Температурный режим (17,4) выше среднемноголетних значений (16,2 °С) на 1,2 °С. За вегетацию всего выпало 218,5 мм осадков, что на 34,9 мм меньше средних многолетних.

Оценивая погодные условия вегетационного периода растений, в сравнении со средними многолетними данными, следует отметить, что в 2023 году в апреле месяце перед посевом выпало 42,6 мм осадков, что на уровне средних многолетних данных. В мае месяце выпало 73,8 мм, что на 9,8 мм выше средних многолетних. Всходы появились на 10<sup>ый</sup> день. Сумма осадков за вегетационный период составила 302,5 мм, что поспособствовало формированию большего числа продуктивных метелок с хорошей озерненностью. Средняя температура воздуха при этом составляла 20,2 °С. В августе осадки были незначительными, они составили 24,5 мм, что в два раза меньше среднемноголетних, при этом среднесуточная температура воздуха была 28,3 °С, что на 5,8°С выше средних многолетних значений.

Таким образом, метеоданные, сложившиеся за вегетационные периоды в 2021-2023 гг. охватывали все то разнообразие, которое характерно для Северного Кавказа. Метеорологические условия в целом были благоприятными для роста и развития проса. Однако, в виду того, что температурный режим характеризовался неустойчивостью, а выпавшие осадки – неравномерностью распределения их по месяцам и декадам, образцы по разному реагировали на данные «критические периоды»: одни из них легче переносили засуху в первой половине развития, другие слабее. Большой ущерб раннеспелым сортам наносят ранние летние засухи, среднеранние и среднеспелые пострадали в меньшей степени, так как в последствии они использовали осадки второй половины лета.

### **Результаты и обсуждение**

Засуха в первой половине лета оказывает больше влияния на рост растений, снижая тем самым урожайность, крупность зерна, его количество, продуктивную кустистость и т.д. Степень развития элементов продуктивности и вес зерна с растения у среднеспелых образцов была выше. Такая реакция образцов на изменения условий выращивания определяется их биолого-физиологическими особенностями, различиями в мощности и активности листовой поверхности.

Очень важное значение имеет экологическая пластичность образца – способность его приспосабливаться к различным условиям возделывания [8]. В таблице 1 приводится сравнительная характеристика образцов проса по урожаю, массе 1000 зерен, весу зерна с метелки, высоте растений, длине метелки и т.д.



Таблица 1

**Урожайность и элементы структуры урожая сортообразцов проса, 2021-2023 гг.**

№ по каталогу ВИР	Урожайность, ц/га	Отклонение от стандарта, ц/га	Масса 1000 зерен, г	Вес зерна с главной метелки, г	Число зерен в метелке, шт	Высота растения, см	Длина метелки, см
<b>Высокопродуктивные-среднеспелые</b>							
456	29,5	5,5	7,3	3,6	495	94,0	29,3
554	33,9	9,9	6,5	3,5	535	92,4	31,0
742	29,0	5,0	8,0	3,8	630	100,5	33,2
6273	28,8	4,8	8,0	5,0	625	95,3	27,8
7748	35,0	11,0	7,6	5,3	700	80,5	22,0
7758	29,0	5,0	7,7	4,8	623	85,2	23,3
8744	29,7	5,7	8,2	5,3	646	107,5	33,0
8788	28,8	4,8	6,8	4,6	677	96,0	28,5
9264	29,0	5,0	7,0	4,5	640	97,6	29,0
9266	30,2	6,2	8,0	5,3	662	98,0	30,0
9298	33,5	9,5	8,5	5,3	623	113,0	35,3
10211	29,0	5,0	8,2	4,6	560	86,4	27,2
3417	31,0	7,0	7,0	5,3	760	90,0	30,0
3450	31,8	7,8	8,3	5,3	650	102,3	32,5
6071	35,5	11,5	8,0	5,0	625	101,5	27,0
7766	30,0	6,0	7,2	4,8	666	105,2	32,4
10484	29,0	5,0	9,2	4,7	510	111,5	34,2
9023	29,5	5,5	9,1	5,3	582	96,0	32,2
9513	31,0	7,0	7,5	3,3	744	118,0	27,5
10129	24,0	-	7,5	3,3	420	92,7	25,7
<b>Среднепродуктивные-среднеранние</b>							
9553	26,3	+ 2,3	6,5	3,2	490	95,2	30,3
556	23,5	- 0,5	7,2	3,0	416	93,5	30,4
2306	25,4	+ 1,4	7,5	3,2	440	93,0	28,2
2496	25,0	+ 1,0	6,7	2,4	358	86,0	22,0
6098	23,5	- 0,5	7,0	3,2	457	81,0	26,0
8946	25,0	+ 1,0	5,8	2,3	396	85,0	23,6
9297	23,5	- 0,5	5,7	2,2	385	89,5	27,0
9314	24,1	+ 0,1	7,0	2,3	328	90,0	25,0
3359	24,5	+ 0,5	8,0	2,5	312	82,0	22,0
750	24,4	+ 0,4	7,2	3,0	416	85,4	23,6
1374	24,0	0	8,2	3,2	390	83,5	25,0
8598	25,5	+ 1,5	7,3	3,2	444	88,0	26,0
6213	26,4	+ 2,4	6,8	3,0	441	79,0	27,2
6243	26,5	+ 2,5	7,4	3,1	420	80,2	28,5
8792	27,5	+ 3,5	6,0	2,3	383	75,0	23,5
9118	25,0	+ 1,0	6,5	2,5	384	76,7	24,0
9236	27,6	+ 3,6	6,4	2,7	422	78,5	25,5
9250	28,0	+ 4,0	7,0	2,5	357	75,5	25,4
<b>Низкопродуктивные-раннеспелые</b>							
532	21,0	- 3,0	7,1	2,2	310	80,2	22,5
535	21,5	- 2,5	7,1	2,1	295	81,8	23,4
542	19,6	- 4,4	6,8	1,9	280	75,8	25,0

<i>Продолжение табл. 1</i>							
8385	18,8	- 5,2	6,6	1,8	275	76,0	24,5
9384	20,5	- 3,5	7,0	2,0	286	80,4	23,5
6195	21,2	- 2,8	5,7	2,2	385	75,0	25,0
6218	18,5	- 5,5	7,2	2,2	305	73,5	22,0
6241	19,6	- 4,4	6,4	1,9	297	74,5	23,5
7483	19,4	- 4,6	6,9	1,9	275	76,0	23,0
9246	16,7	- 7,3	5,4	2,1	388	81,8	23,0
9261	17,0	- 7,0	5,8	2,1	362	80,2	22,2
9282	17,7	- 6,3	5,3	2,0	377	83,4	23,0
9297	18,5	- 5,5	6,2	1,9	306	80,4	21,6
9300	18,8	- 5,2	5,7	1,8	316	80,2	18,4
9305	18,3	- 5,7	5,4	2,1	388	81,8	17,4
9309	20,6	- 3,4	7,0	2,2	314	79,0	21,6
9313	19,2	- 4,8	6,6	1,9	287	79,2	20,5
9314	18,8	- 5,2	6,2	1,8	290	78,0	21,0
9318	18,5	- 5,5	5,8	1,9	327	80,5	21,5
9533	17,6	- 6,4	6,5	2,0	307	80,2	21,1
3359	20,2	- 3,8	5,7	2,0	350	79,0	23,8
3547	21,8	- 2,2	5,3	2,2	415	78,5	22,4
3364	20,0	- 4,0	6,2	1,8	290	80,0	24,7
754	21,0	- 3,0	7,1	2,1	296	81,0	23,0
3411	20,5	- 3,5	7,0	2,1	300	79,0	23,5
1147	22,0	- 2,0	5,7	1,9	333	80,0	19,0
3440	21,0	- 3,0	5,3	1,8	339	79,0	18,5
3443	18,5	- 5,5	7,1	1,8	253	78,8	21,0
3444	17,0	- 7,0	6,5	1,9	292	77,7	21,4
3547	16,7	- 7,3	6,4	1,9	297	77,5	20,5
3607	16,5	- 7,5	7,2	1,7	236	76,4	18,8
3657	18,0	- 6,0	6,6	2,0	303	78,0	17,5
3659	18,7	- 5,3	6,6	2,2	333	73,5	17,6
168	19,5	- 4,5	6,4	2,2	344	80,0	18,0
472	20,2	- 3,8	5,9	2,0	339	67,5	21,4
2784	21,0	- 3,0	5,7	2,1	368	71,4	22,0

Генотипический диапазон варьирования продуктивности растений проса достаточно широкий (от 1,5 до 5,3), что позволяет проводить целенаправленный поиск лучших из них и привлекать в скрещивания. Изученные образцы для этого были разбиты на три условные группы:

**Первая группа** – высокопродуктивные (семенная продуктивность растения от 3,3 до 5,3): К-456 (Воронежская обл.), К-554 (Саратовская обл.), К-742 (Кабардино-Балкария), К-6273 (Кабардино-Балкария), К-7748 (Ингушетия), К-7758 (Ингушетия), К-8744 (Украина, Закарпатская обл.) К-8788 (Венгрия), К-9264 (Украина, Львовская обл.), К-9266 (Украина, Львовская обл.), К-9298 (Украина, Тернопольская обл.), К-10211 (Ильиновское, Саратовская обл.), К-9513 (Германия), К-3417 (Горный Бадахшан), К-3450 (Горный Бадахшан), К-6071 (Ростовская обл.), К-7766 (Чечено-Ингушетия), К-10129 (Чегет, Кабардино-Балкария), К-10282 (Эльбрус 10, Кабардино-Балкария), К-10484 (Кавказские зори, Кабардино-Балкария) и др.

**Вторая группа** – среднепродуктивные (от 2,2 до 3,3): К-556 (Тамбовская обл.), К-2306 (Северо-Восточный Китай), К-6098 (Ростовская обл.), К-8946 (Украина), К-9282 (Украина), К-9297 (Украина), К-9314 (Украина), К-3359 (Горный Бадахшан), К-750 (Ставропольский

край), К-1374 (Армения), К-1496 (Ставропольский край), К-2496 (Казахстан), К-6213 (Ростовская обл.), К-6243 (Ростовская обл.), К-6363 (Нижегородская обл.), К-8598 (Югославия), К-8742 (Украина), К-8792 (Венгрия), К-9118 (Венгрия), К-9236 (Украина), К-9250 (Украина).

**Третья группа** – низкопродуктивные (семенная продуктивность растения от 1,7 до 2,2): К-532 (Саратовская обл.), К-535 (Орловская обл.), К-542 (Тюменская обл.), К-8385 (Северная Осетия), К-9384 (Украина), К-6195 (Ростовская обл.), К-6218 (Ростовская обл.), К-6241 (Ростовская обл.), К-7483 (Ульяновская обл.), К-9246 (Украина), К- 9261 (Украина), К-9282 (Украина), К-9297 (Украина), К-9300 (Украина), К-9305 (Украина), К – 9309 (Украина), К-9313 (Украина), К-9314 (Украина), К-9318 (Украина), К-9533 (Югославия), К-3359 (Горный Бадахшан), К-3547 (Воронежская обл.), К-3364 (Горный Бадахшан), К-754 (Чечено-Ингушетия), К-3411 (Горный Бадахшан), К-1147 (Афганистан), К- 3440 (Горный Бадахшан), К- 3443 (Горный Бадахшан), К- 3444 (Горный Бадахшан), К-3547 (Воронежская обл.), К-3607 (Северный Казахстан), К- 3657 (Северный Казахстан), К- 3659 (Северный Казахстан).

В результате проведенных в 2021-2023 годах исследований по комплексному изучению коллекции ВИР были получены следующие результаты:

– в условиях континентального климата Северного Кавказа продуктивность проса во многом определяется продолжительностью вегетационного периода. В годы исследований наиболее коротким вегетационным периодом от 50 до 60 дней отличались образцы: К-532; К-535; К-542; К-8385 и др. Урожайность образцов при этом варьировала от 16,5 до 21,5 ц/га. Масса 100 зерен у этой группы варьировала в пределах 5,3-7,2 г. Наиболее крупными (7,0-7,2 г) из них были К-532; К-535; К-9384; К-6218; К-9309; К-754; К-3411; К-3443; К-3607. Продуктивность метелки при этом составляла 1,7-2,2 г.

– Среднюю продуктивность во все годы исследований показали 18 среднеранних (от 61 до 80 дней) образцов: К-9553; К-556; К-2306; К-2496; К-6098; К-8946; К-9297 и др. Они показали в среднем за три года урожайность в пределах 23,5-28,0 ц/га. Масса 1000 зерен у этих образцов составляла 5,7-8,2 г. Наибольшую массу 1000 зерен показали образцы К-3359 и К-1374.

– Продуктивность метелки (свыше 3 г) была отмечена у следующих образцов К-9553; К-556; К-2306; К-6098; К-750; К-1374; К-8598; К-6213; К-6243. Число зерен в метелке при этом варьировало в пределах 312-490 штук.

– Высота растения у этих образцов составляла 75,0-95,2 см, с длиной метелки 22,0-30,4 см.

– Диапазон варьирования продуктивности растений у среднеспелых (от 81 до 100 дней) образцов составляет 3,3-5,3 г. Число зерен с одного растения при этом составляет 420-760 штук. Больше всего зерна сформировали образцы К-7748; К-3417; К-9513 и др.

– По массе 1000 зерен образцы характеризовались в пределах 6,5-9,2 г. По этому признаку стандарт К-10129 Чегет (7,5 г) превысили К-742; К-6273; К-8744; К-9266; К-9298; К-10211; К-3450; К-6071; К-10484; К-9023.

– Высота растения в пределах 80,5-118,0 см при котором достигается наибольшая урожайность отмечена у 20 образцов с длиной метелки от 22,0 до 35,3 см, в этом случае урожайность составляет 24,0-35,5 ц/га.

### **Заключение**

На всех этапах изучения выделены следующие носители хозяйственно ценных признаков:

– высокоурожайные – К-554; К-7748; К-9266; К-9298; К-3417; К-3450; К-6071; К-7766; К-9513 и др.

– высокая масса 1000 зерен – К-742; К-6273; К-8744; К-9266; К-9298; К-10211; К-3450; К-6071; К-10484; К-9023; К-3359; К-1374.

– высокая продуктивность метелки – К-6273; К-7748; К-8744; К-9266; К-9298; К-3417; К-3450; К-6071; К-9023 и др.

– раннеспелые (до 60 дней) – К-532; К-535; К-542; К-8385; К-6195; К-6218; К-6241; К-7483 и др.

– среднеранние (61-80 дней) – К-9553; К-556; К-2306; К-2496; К-6098; К-8946; К-9297; К-9314 и др.

– среднеспелые (81-100 дней) – К-456; К-554; К-742; К-6273; К-7748; К-7758; К-8744; К-8788; К-9264; К-9266; К- 9298.

Высота растения в пределах 80-113,0 см при котором достигается наибольший урожай отмечена у 48 образцов с длиной метелки от 22 до 35,3 см.

#### Литература

1. Сокурова Л.Х. Поиск источников ценных признаков в генофонде проса из коллекции ВИР // Международные научные исследования. – 2017. – № 2 (31). – С. 108-110.
2. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство. – М.: ООО «Издательство Агрорус», – 2008. – 814 с.
3. Sokurova L. and Yandieva A. Search, inspection and selection of new source material for millet breeding (Сокурова Л., Яндиева А. Поиск, изучение и выделение нового исходного материала для селекции проса) // E3S Web of Conferences 262, 01033 (2021). DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126201033>
4. Сокурова Л.Х. Значение и изучение исходного материала проса посевного для условий Кабардино-Балкарской республики // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 4 (44). – С. 116-124. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-116-124.
5. Курцева А.Ф., Романова О.И. Генетические ресурсы проса (*Panicum Miliaceum* L.) ВНИИР им. Н.И.Вавилова: Сто лет на службе аграрной науке // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 4 (4). – С. 57-61.
6. Сокурова Л. Х. Лимитирующие факторы продукционного процесса проса посевного в Кабардино-Балкарии // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2020. – № 1 (93). – С. 81-87. – DOI 10.35330/1991-6639-2020-1-93-81-87.
7. Котляр А.И., Сидоренко В.С. Крупнозерные формы проса посевного в коллекции ВНИИЗБК // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 4 (24). – С. 70-71.

#### References

1. Sokurova, L. H. Search for sources of valuable traits in the millet gene pool from the VIR collection // *International scientific research*, 2017, no. 2(31), pp. 108-110.
2. Zhuchenko A.A. Adaptive crop production, Moscow, LLC "Publishing House Agrorus", 2008. 814 p.
3. Sokurova L. and Yandieva A. Search, inspection and selection of new source material for millet breeding (Sokurova L., Yandieva A. Search, study and isolation of new source material for millet breeding) // E3S Web of Conferences 262, 01033 (2021). DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126201033>
4. Sokurova L.H. The significance and study of the source material of millet for the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2022, no.4 (44), pp. 300-308.
5. Kurtseva, A.F., Romanova O.I. Genetic resources of millet (*Panicum Miliaceum* L.) VNIIR named after N.I.Vavilov: One hundred years in the service of agrarian science // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2012, no. 4 (4), pp. 57-61.
6. Sokurova, L. H. Limiting factors of the production process of millet in Kabardino-Balkaria // *Izvestiya Kabardino-Balkaria Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2020, no. 1(93), pp. 81-87, DOI 10.35330/1991-6639-2020-1-93-81-87.
7. Kotlyar A.I., Sidorenko V.S. Coarse-grained forms of millet in collections of VNIIZBK // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2017, no.4 (24), pp. 70-71.

## ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТОВ ЗЕРНОВОГО СОРГО И ОЦЕНКА ИХ ПАРАМЕТРОВ АДАПТИВНОСТИ

**В.С. ЕСКОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0000-0003-2059-5067

**В.В. ГУСЕВ**, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0009-0001-3858-1088

**М.М. ХАЛИКОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0009-0002-4229-2518

**Р.А. ЭЛЕНБЕРГЕР**, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0009-0009-4060-4435

**А.В. ХРАМОВ**, научный сотрудник, ORCID ID 0009-0009-0636-0481

**К.А. НАБАБКИНА**, младший научный сотрудник, ORCID ID 0000-0001-6483-6999

**И.В. ДУСТАНОВ**, младший научный сотрудник, ORCID ID 0000-0001-6483-6999

ФГБНУ «ФАНЦ ЮГО-ВОСТОКА», САРАТОВ

***Аннотация.** Сорго является одной из главных кормовых, продовольственных и технических культур, из которого можно получить муку, крахмал, силосные смеси, сенаж, сахарный сироп, изделия технического назначения. Зерновое сорго используют и в пищевой промышленности, так как его зерно является ценным пищевым продуктом. Наряду с такими крупяными культурами как рис, просо и кукуруза сорго не уступает по содержанию таких питательных веществ, как белки, жиры и углеводы. И, несомненно, может занять важное место в нашем рационе питания. Также при сельскохозяйственном использовании, сорго хорошо адаптируется к различным стрессовым факторам неблагоприятной среды, обладает стрессоустойчивостью и экологической пластичностью. Сорго засухоустойчивая, солевыносливая культура, способно формировать стабильный урожай зерна. Соотношение высокой потенциальной продуктивности и адаптивной способности становится все более актуальным. Поэтому перед селекционерами должна стоять задача по выведению высокопродуктивных и экологически стабильных сортов и гибридов с надежным семеноводством. В статье представлены сравнительная характеристика сортов с их отличительными особенностями, результаты ранее завершённых полевых опытов с анализом продуктивного потенциала и параметров адаптивности зернового сорго. Исследования проведены на полях селекционного севооборота и Экспериментального хозяйства «ФАНЦ Юго-Востока». По результатам исследований наиболее стабильным и пластичным показал себя сорт зернового сорго – Зернышко ( $V=19\%$ ;  $Нот=4,39$ ;  $У2-У1=-1,2$ ;  $Sc=1,89$ ). Этот сорт зернового сорго проявил себя наиболее адаптивным носителем генотипов сорговых культур.*

**Ключевые слова:** зерновое сорго, сорт, урожайность, параметры адаптивности.

**Для цитирования:** Ескова В.С., Гусев В.В., Халикова М.М., Эленбергер Р.А., Храмов А.В., Набабкина К.А., Дустанов И.В. Характеристика сортов зернового сорго и оценка их параметров адаптивности. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3(51):77-81. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-77-81

## GRAIN SORGHUM VARIETIES`CHARACTERISTICS AND THEIR ADAPTABILITY PARAMETERS`ASSESSMENT

**V.S. Eskova, V.V. Gusev, M.M. Khalikova, R.A. Elenberger, A.V. Khramov,  
K.A. Nababkina, I.V. Dustanov**

FSBSI «FEDERAL CENTER OF AGRICULTURE RESEARCH OF THE  
SOUTH- EAST REGION»

***Abstract:** Sorghum is one of the main feed, food and industrial crops. It is a raw stuff for producing flour, starch, silage mixtures, haylage, sugar syrup, and technical-use products. Grain*

*sorghum is also used for food industry, since its grain is a valuable food product. It ranks high alongside with cereal crops such as rice, millet and corn, and it compares in nutrients` content such as proteins, fats and carbohydrates. Undoubtedly, it can take its rightful place in human nutrition. Sorghum when using for agricultural purposes, adapts well to various stress factors of wrong environment, it has stress resistance and environmental plasticity. It is a drought-resistant, salt-tolerant crop; it is capable of producing a stable grain yield. The ratio of high potential productivity and adaptive ability is becoming increasingly relevant. Therefore, breeders should be faced with the task of breeding highly productive and environmentally stable varieties and hybrids having reliable seed production. The article presents the comparative characteristics of varieties and their distinctive features, the results of previously completed field experiments and the analysis of the productive potential and adaptive parameters of grain sorghum. Studies were carried out in the fields with plant-breeding crop-rotation and in the fields of Experimental Farm FSBSI “Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region”. According to the research results, the grain sorghum variety –“Zernyshko” proved to be the most stable and flexible ( $V = 19\%$ ;  $Hom=4,39$ ;  $Y2-Y1 = -1.2$ ;  $Sc=1,89$ ). This grain sorghum variety proved to be the most adaptive carrier of sorghum crop genotypes.*

**Keywords:** grain sorghum, variety, yield, adaptability parameters.

**Введение.** Актуальной задачей стоит перед селекционерами создание и внедрение новых высокоурожайных, засухоустойчивых сортов и гибридов сорговых культур с надежным семеноводством, приспособленных к местным условиям. Однако известно, что сорт обладает как продуктивным, так и определенным адаптивным потенциалом. Серьезной индивидуальной особенностью новых сортов сорговых культур, является не только высокие показатели урожайности и качества зерна, но и высокий уровень адаптивного потенциала, пластичности и стабильности [1, 2].

**Цель исследований** – рассмотреть, провести анализ характеристик и установить адаптивный и продуктивный потенциал сортов зернового сорго.

#### **Материал и методы исследований**

Исследовательская работа была организована на опытных участках селекционного и кормового севооборота «ФАНЦ Юго-Востока» в 2020-2022 гг. [3].

Для Саратовской области характерен умеренно-континентальный и засушливый климат. Температура воздуха в среднем изменяется от  $-12^{\circ}\text{C}$  (февраль) до  $+22^{\circ}\text{C}$  (июль). Годовая сумма осадков составляет 370-420 мм. Гидротермический коэффициент области не превышает 0,7-0,4. Исследования проводились на южных черноземах с содержанием гумуса около 7%. Объекты исследований – зерновое сорго, сорта Белочка, Зернышко и Волжское 44. Метеоусловия в период исследования были благоприятными, что позволило провести анализ продуктивного потенциала и адаптивных свойств зернового сорго.

Растения сорта Белочка низкорослые (меньше 110 см высотой). Сорт раннеспелый (период созревания 80-89 дней), устойчив к полеганию. Зерно белого цвета с массой 1000 семян 23-32 г. Этот сорт имеет низкую влажность зерна при уборке и составляет 13,1%, что дает возможность уменьшить затраты при досушивании семян (рис. 1) [3, 4, 5].

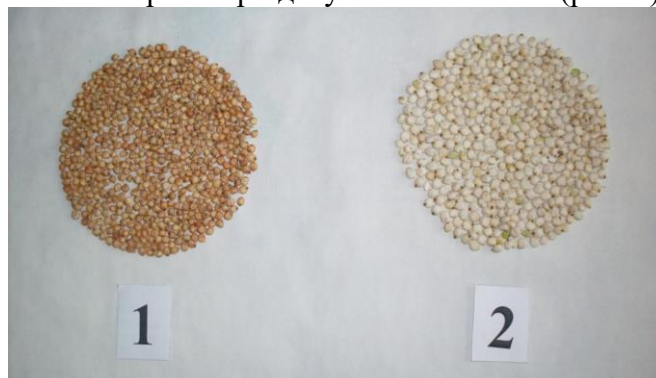


Рис.1. Зерно сортов Зернышко (1) и Белочка (2)

Зерновое сорго Белочка можно использовать не только на фураж, но и для получения крахмала (77%). А что особенно интересно – для выработки крупы, крупки и шрота. Каша из крупы этого сорта оказалась довольно вкусной и аппетитной (рис. 2). Её можно готовить как на открытом огне, так и в печи и в мультиварке. Также цельносмолотое зерно сорго Белочка используют для приготовления различных кондитерских изделий: блинчиков, кексов, вафельных трубочек. Хлеб из смеси пшеничной муки и шрота зернового сорго Белочка с массовой долей последнего 10-70% можно считать диетическим продуктом [5].



*Рис. 2. Каша из сорго зернового Белочка*

Растения зернового сорта Зернышко среднерослые (высота 110-130 см), имеют 7-8 листьев. По мере созревания жилка листа изменяется от светло-зеленого до белого цвета. Метелка рыхлая, симметричная. Сорт засухоустойчивый и скороспелый (период созревания 85-90 дней). Зерно светло-коричневое мелкое (масса 1000 семян 16-20 г). Уборочная влажность составляет 13,2%. Этот сорт можно сеять несколькими способами: широкорядным, сплошным и черезрядным, если поле чистое от сорняков. При достаточном наличии стерни уборка возможна раздельным способом. Сорт предназначен на фуражные цели и для выработки крахмала (75%) [3, 4, 6] (рис. 3).



*Рис. 3. Конкурсное сортоиспытание зернового сорго*

Полевые опыты закладывали по методике полевого опыта [7]. Посев осуществляли в хорошо прогретую почву (до 16 °С) во 2-й – 3-й декаде мая. Перед посевом провели две культивации. Первая – на глубину 10-12 см, вторая – на глубину 5-7 см. В период вегетации растений проводили фенологические наблюдения. Учет урожайности осуществляли в период восковой – полной спелости зерна [8]. Проводили отбор проб, образцы измельчали (выделяли среднюю пробу), высушивали, определяли количество

сухого вещества и их химический состав в химико-аналитической лаборатории «ФАНЦ Юго-Востока». Математическая и статистическая обработки данных была проведена по методике Б.А. Доспехова [7] с использованием компьютерной программы Excel, стрессоустойчивость и генетическую гибкость – по уравнениям А.А. Rosiette, J.Hamblin в изложении А.А. Гончаренко [9], параметры гомеостатичности ( $H_{om}$ ) – по В.В. Хангильдину [8], коэффициент вариации ( $V$ ) – по Б.А. Доспехову [7].

### Результаты и их обсуждения

Оценка и анализ проведенных исследований приведены в таблице 1.

Выявлено, что количество урожая зерна в годы эксперимента изменялось от 1,3 до 3,75 т/га, при среднем значении 2,6 т/га. У зернового сорго показатели урожайности в 2020-2022 гг. изменялись несущественно, но преимущественно они были выше у сорта Зернышко, превышая значения стандарта Волжское 44 в 2020 и в 2022 гг. на 0,3 и 0,02 т/га соответственно. У сорта Белочки урожайность отмечалась минимальной.

Таблица 1

### Урожайность, стрессоустойчивость, генетическая гибкость, гомеостатичность и селекционная ценность сортов зернового сорго

Сорт	Урожай зерна, т/га				Показатели			
	2020	2021	2022	Среднее	Стрессоустойчивость, т/га $Y_{min}-Y_{max}$	Генетическая гибкость т/га $\frac{Y_{min}+Y_{max}}{2}$	Гомеостатичность ( $H_{om}$ )	Селекционная ценность ( $S_c$ )
Зернышко	2,40	3,60	2,52	2,84	-1,20	3,00	4,39	1,89
Белочка	1,30	3,03	2,50	2,28	-1,73	2,17	1,82	0,98
Волжское 44	2,10	3,75	2,50	2,78	-1,65	2,93	2,40	1,56
НСР <sub>05</sub>	0,67				-			

Определить устойчивость сорта к факторам стресса мы можем путем расчета такого показателя, как стрессоустойчивость. Он со знаком минус и чем ниже его значение, тем выше устойчивость данного испытуемого сорта. Сорт зернового сорго Зернышко показал самую высокую устойчивость к стрессу – 1,20 т/га. Самую низкую – Белочка (-1,73 т/га). Самое высокое значение генетической гибкости было отмечено у сорта Зернышко (3,00 т/га), а самое низкое у Белочки – 2,17 т/га соответственно. Самый высокий показатель гомеостатичности наблюдался у сорта Зернышко и составил 4,39. Низкую гомеостатичность показал сорт Белочка (1,82). Максимальная селекционная ценность отмечалась у зернового сорго Зернышко (1,89), минимальная – у Белочки (0,98). Прослеживается тенденция увеличения значений по всем показателям у сорта Зернышко по сравнению с другими исследуемыми сортами.

Как показали исследования наименьшая величина коэффициента вариации, а значит, высокая экологическая стабильность была у зернового сорта Зернышко и составила она 19%. Исходя из того, что у сорта Зернышко отмечалась самая высокая гомеостатичность (4,39) при минимальном значении коэффициента вариации можно сделать вывод о максимальной стабильности этого сорта. Наименьшей стабильностью обладал сорт Белочка

### Заключение

На основании всего вышесказанного был выделен сорт зернового сорго Зернышко. Он проявил себя самым пластичным и стабильным, о чем свидетельствуют преобладающие значения таких показателей, как стрессоустойчивость (-1,20 т/га), генетическая гибкость (3,00), гомеостатичность (4,39) и селекционная ценность (1,89), при минимальном значении коэффициента вариации (19%).

Перед сотрудниками лаборатории кормовых культур стоит одна из задач – создание новых сортов и гибридов пищевого направления, что конечно приведет к расширению ассортимента изделий из крупы зернового сорго.



Для более полной характеристики и результативной оценки сортов необходимо использовать не только данные о потенциальной урожайности и качестве семян, но и статистические показатели адаптивности, данные о стабильности и пластичности сорта.

#### Литература

1. Верхоламочкин С.В. Формирование высокопродуктивных посевов сорго кормового в условиях Центрального региона России: дис. ... канд. с.-х. наук. Брянск, – 2022. – 130 с.
2. Верхоламочкин С.В., Бельченко С.А., Васкина Т.И. Агроэкологическое испытание сортов и гибридов сорго кормового [sorghumbicolor(l)moench] в условиях юго-западной части Центральной России // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 3. – С. 27-38.
3. Ескова В.С., Гусев В.В., Халикова М.М., Эленбергер Р.А., Бахарева Н.В., Храмов А.В., Набабкина К.А. Оценка урожайности и параметров адаптивности сахарного и травянистого сорго в зоне засушливой черноземной степи Поволжья // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 3 (47). – С. 102-107. DOI:10. 24412/2309-348X- 2023-3-102-107
4. Гусев В.В., Халикова М.М., Ескова В.С., Бахарева Н.В., Храмов А.В., Мустафина Т.Ш., Воронцова О.А. Сорговые культуры в кормопроизводстве // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2018. – № 1 (18). – С. 59-62.
5. Гусев В.В., Халикова М.М., Ескова В.С., Ларина В.В., Бахарева Н.В., Храмов А.В. Новый сорт зернового сорго Зернышко // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 5. – С. 15-18.
6. Гусев В.В., Ларина В.В., Храмов А.В. Халикова М.М., Эленбергер Р.А., Ескова В.С., Новый сорт белозёрного сорго Белочка // Кормопроизводство. – 2016. – № 10. – С. 36-39.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Альянс, – 2014. – 351 с.
8. Хангильдин В.В. Проблемы селекции на гомеостаз и вопросы теории селекционного процесса у растений // Селекция, семеноводство и сортовая агротехника в Башкирии. – Уфа, – 1984. – С. 92-123.
9. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. – 2005. – № 6. – С. 49-53.

#### References

1. Verkhulamochkin S.V. Growth of highly productive crops of fodder sorghum in the conditions of Russian central region: Ph.D.thesis paper. Bryansk, 2022, 130 p.
2. Verkhulamochkin S.V., Belchenko S.A., Vaskina T.I. Agroecological testing of varieties and hybrids of fodder sorghum [sorghumbicolor (l) moench] in the conditions of the South-West part of central Russia//*Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2021, no.3, pp. 27-38.
3. Eskova V.S., Gusev V.V., Khalikova M.M., Elenberger R.A., Bakhareva N.V., Khramov A.V., Nababkina K.A. Assessment of productivity and adaptability parameters of sugar and herb sorghum in the zone of the dry black earth steppe of the Volga region// *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2023, no. 3(47), pp. 102-107.
4. Gusev V.V., Khalikova M.M, Eskova V.S., Bakhareva N.V., Khramov A.V., Mustafina T.Sh., Vorontsova O.A. Sorghum crops in feed production//*Agrarian Bulletin of the South-East*. 2018, no.1(18), pp. 59-62.
5. Gusev V.V., Khalikova M.M, Eskova V.S., Larina V.V., Bakhareva N.V., Khramov A.V. New variety of grain sorghum “Zernyshko”//*Agrarian scientific journal*. 2018, no.5, pp. 15-18.
6. Gusev V.V., Larina V.V., Khramov A.V. Khalikova M.M., Elenberger R.A., Eskova V.S., New variety of white sorghum “Belochka”//*Feed production*. 2016, no. 10, pp. 36-39.
7. Dospikhov B.A. Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results). Moscow, Alliance, 2014, 351 p.
8. Khangildin V.V. Problems of breeding for homeostasis and the theory of the breeding process in plants//*Breeding, seed production and variety agricultural technology in Bashkiria*. - Ufa, 1984, pp. 92-123.
9. Goncharenko A.A. On adaptability and environmental sustainability of grain crop varieties//*Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2005, no. 6, pp. 49-53.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

**А.В. ДРОНОВ**, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0001-5398-4822

E-mail: dronov.bsga@yandex.ru

**С.А. БЕЛЬЧЕНКО**, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0001-7467-8314

**В.В. МАМЕЕВ**, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0003-4328-2653

ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

***Аннотация.** В статье представлены результаты изучения минерального питания и продуктивного потенциала кукурузы на зерно в условиях серых лесных почв Брянского ополья. Полевые эксперименты проведены на опытном поле Брянского ГАУ в период 2021-2023 годов. Цель данной работы - выявить эффективность минеральных и микроудобрений при возделывании кукурузы на зерно в агроклиматических условиях региона. В качестве объекта исследований взят отечественный раннеспелый гибрид кукурузы Воронежский 175 АСВ (ФАО 180). Использованы полевые, лабораторные и статистические методы. В задачи исследования входила оценка влияния комплексного применения минеральных и микроудобрений хелатного типа (Ультрамаг Комби и КомплеМет марка: Кукуруза) на урожайность, структуру урожая и качество зерна. В результате рассмотрены особенности формирования высокопродуктивных посевов кукурузы в зависимости от уровня минерального питания. В среднем за 3 года на фоне основного внесения азофоски ( $N_{80}P_{80}K_{80}$ ) существенное увеличение урожайности зерна на 1,79 т/га или 33,4% обеспечило применение сульфата аммония ( $N_{65}$ ) в предпосевную подготовку почвы. На фоне с азофоской+сульфат аммония достоверная прибавка урожайности зерна (1,03 т/га или 11,4%) отмечена при проведении foliarной подкормки микроудобрением КомплеМет (норма 2 л/га) в фазу 6-8 листьев. На этом варианте получены высокая урожайность зерна 8,17 т/га, лучшие показатели структуры урожая и качества зерна: содержание сырого протеина достигло 10,8%, сырого жира и крахмала – 5,4% и 56,9%. В этом варианте отмечен наибольший уровень рентабельности – 84,3% при себестоимости 6427 рублей за 1 тонну зерна.*

**Ключевые слова:** кукуруза, минеральные удобрения, микроудобрения, хелатные формы, foliarные подкормки, урожайность зерна, качество.

**Для цитирования:** Дронов А.В., Бельченко С.А., Мамеев В.В. Эффективность комплексного применения макро- и микроудобрений при возделывании кукурузы на зерно в Брянской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3(51):82-87. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-82-87

## EFFECTIVENESS OF COMPREHENSIVE APPLICATION OF MACRO- AND MICROFERTILIZERS IN CULTIVATION OF CORN FOR GRAIN IN THE BRYANSK REGION

**A.V. Dronov, S.A. Belchenko, V.V. Mameev**

FSBEI HE BRYANSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY

***Abstract:** The article presents the results of a study of mineral nutrition and the productive potential of corn for grain in conditions of gray forest soils of the Bryansk Opolye. Field*

*experiments were carried out on the experimental field of the Bryansk State Agrarian University in the period 2021-2023. The purpose of this work is to identify the effectiveness of mineral and microfertilizers when cultivating corn for grain in the agroclimatic conditions of the region. The domestic early maturing corn hybrid Voronezhsky 175 ASV (FAO 180) was taken as the object of research. Field, laboratory and statistical methods were used. The objectives of study included assessing the impact of integrated use of mineral and chelate-type microfertilizers (Ultramag Combi and KompleMet brand: Corn) on yield, crop structure and grain quality. As a result, the features of formation highly productive corn crops depending on the level of mineral nutrition are considered. On average, over 3 years, against the background of the main application of azophoska ( $N_{80}P_{80}K_{80}$ ), a significant increase in grain yield by 1.79 t/ha or 33.4% was ensured by the use of ammonium sulfate ( $N_{65}$ ) in pre-sowing soil preparation. Against the background with azophoska + ammonium sulfate, a significant increase in grain yield (1.03 t/ha or 11.4%) was noted when carrying out foliar feeding with KompleMet microfertilizer (norm 2 l/ha) in the phase of 6-8 leaves. In this variant, a high grain yield of 8.17 t/ha was obtained, with better crop structure and grain quality indicators: the content of crude protein reached 10.8%, crude fat and starch-5.4% and 56.9%. This option has the highest level of profitability of 84.3% at a cost of 6,427 rubles per 1 ton of grain.*

**Keywords:** corn, mineral fertilizers, microfertilizers, chelate forms, foliar fertilizers, grain yield, quality.

**Введение.** Кукуруза (*Zea mays* L.), маис является высокоурожайной, универсальной и широко распространенной культурой во многих странах Старого и Нового Света. По заявлению Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций (FAO) кукуруза – это стратегическая культура XXI века (широко используется для переработки на биотопливо и биоэтанол). В современном земледелии кукуруза третья по значимости культура в мире после пшеницы и риса, возделывается в 60 странах на площади 190 млн. га и мировое производство составляет около 1 млрд. 200 млн. тонн зерна, что по валовому сбору зерна ставит её на первое место [1].

В соответствии со Стратегией развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года, важными направлениями является масштабное развитие животноводства и создание прочной сбалансированной кормовой базы [2]. Следует отметить, что в АПК России отмечается тенденция увеличения площадей, занимаемых кукурузой. Благодаря своей универсальности, высокой урожайности, питательности кукурузное зерно широко используется для кормления практически всех видов сельскохозяйственных животных и птицы. Для её возделывания в северных районах страны предпочтение отдаётся использованию раннеспелых (ФАО 100-200), наиболее конкурентоспособных и урожайных гибридов [3, 4]. Многими исследованиями доказано, что в повышении урожайности и улучшении биохимического состава большое внимание уделяется оптимизации минерального питания растений макро- и микроэлементами. Широко внедряются инновационные элементы современных агротехнологий кукурузы, к которым следует отнести применение жидких микроудобрений, содержащие хелатные соединения для foliarных подкормок [5, 6, 7].

**Цель работы** – выявить эффективность применения минеральных и микроудобрений при возделывании кукурузы на зерно в агроклиматических условиях Центрального региона (Брянская область).

В задачи исследования входила оценка влияния комплексного применения минеральных и микроудобрений хелатного типа (Ультрамаг Комби и КомплеМет марка: Кукуруза) на формирование урожайности, структуры урожая и качества зерна.

#### **Условия, материал и методы исследований**

Полевые эксперименты выполнены на опытном поле Брянского ГАУ в период 2021-2023 годов. В качестве объекта исследований был взят отечественный трехлинейный модифицированный раннеспелый гибрид кукурузы Воронежский 175 АСВ (ФАО 180)

универсального использования с выраженным эффектом ремонтантности (stay green). Опыты по изучению и оценке эффективности применения минеральных и микроудобрений при возделывании кукурузы на зерно проводили в соответствии с Широким унифицированным классификатором СЭВ и международным классификатором СЭВ видов *Zea mays L.*, (1977) и Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989).

Почва опытного поля серая лесная легкосуглинистая, хорошо окультуренная. Содержание органического вещества (гумуса) 3,6-3,7% (по Тюрину), рН (сол.) гумусового горизонта 5,5-5,7. Почва высоко обеспечена подвижными формами фосфора 280-302 мг и обменного калия 178-194 мг/кг почвы (по Кирсанову), обеспеченность доступными формами микроэлементов (кобальт, молибден, цинк) низкая. Предшественником по годам исследований являлись пшеница озимая и однолетние травы (вика яровая + овес посевной). После уборки предшественников выполнена основная обработка почвы по типу зяби. Весной перед посевом кукурузы проведены 2 культивации с внесением азофоски (фон – N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub>) и сульфата аммония (фон +N<sub>65</sub>) соответственно. В опыте для некорневых (фолиарных) подкормок использовали 2 жидких микроудобрения, содержащих хелатные соединения в фазу 6-8 листьев (по рекомендациям разработчиков) – Ультрамаг Комби (АО «Щелково Агрохим», Россия) и КомплеМет марка: Кукуруза (ООО «НТП-Синтез», республика Беларусь) с нормой 2 л/га. Посев кукурузы проводился сеялкой СПЧ-6 с нормой высева 80 тыс. шт. всхожих семян/га. Для борьбы с сорняками применяли гербицид компании «Август» Фултайм (2 л/га), норма рабочего раствора 250 л/га. Площадь посевной делянки (вариант) – 100 м<sup>2</sup>, размещение вариантов - систематическое. В течение вегетационного периода за годы испытания проводили фенологию за ростом и развитием, определение высоты растений и высоты прикрепления початков. Учёт биологической урожайности зерна проводили с делянки площадью 25 м<sup>2</sup> в 4-х кратной повторности вручную путем взвешивания. При учёте определяли показатели структуры урожая: длина початков, число рядов зёрен, их количество в ряду, масса зерна с початка, уборочная влажность, масса 1000 штук, урожайность в пересчёте на 14% -ную влажность. Лабораторные анализы качества зерна выполнены в Центре коллективного пользования научным оборудованием Брянского ГАУ. Проведение полевых опытов и статистическую обработку данных осуществляли по методике Б.А. Доспехова [8].

Климат Брянской области умеренно теплый и влажный. По количеству осадков территория области относится к зоне умеренного увлажнения. Метеорологические условия вегетационных периодов гибрида Воронежский 175 АСВ в полевом эксперименте с комплексным применением минеральных и микроудобрений за 2021-2023 годы характеризовались существенным варьированием, при этом значительно отличаясь от среднеголетних показателей, как по температуре, так и по количеству осадков. Но необходимо заметить, что отличительной особенностью погодных условий за вегетационный период 2023 года был тёплый период (май-июль) и благоприятный сентябрь для созревания зерна кукурузы. Среднемесячная температура воздуха за май-сентябрь составила 18,4°C, что выше климатической нормы на 3,2°C. Следовательно, на основании сведений об агрометеорологических условиях следует констатировать, что они были достаточно благоприятными для формирования высоких урожаев зерна изучаемого раннеспелого гибрида в условиях района исследований.

### Результаты и их обсуждение

В результате проведенных исследований за 3 года на фоне основного внесения азофоски (N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub>) нами отмечена эффективность сульфата аммония (N<sub>65</sub>) при существенном увеличении урожайности зерна, где прибавка составила 1,79 т/га или 33,4% (табл. 1). В среднем на этом варианте получена урожайность зерна 7,14 т/га, тогда как на контроле – 5,35 т/га. На фоне с азофоской+сульфат аммония достоверная прибавка урожайности зерна (1,03 т/га или 11,4%) отмечена при проведении фолиарной подкормки микроудобрением КомплеМет (норма 2 л/га) в фазу 6-8 листьев. На этом варианте получена высокая урожайность 8,17 тонн зерна с гектара. Из таблицы 1 видно, что максимальная

биологическая урожайность зерна при стандартной 14% влажности достигла в благоприятном 2023 году – 8,57 т/га (вариант 4).

Таблица 1

**Влияние макро- и микроудобрений на урожайность зерна гибрида кукурузы  
Воронежский 175 АСВ**

n/n	Вариант опыта	Урожайность зерна в пересчёте на 14 % влажность, т/га			В среднем за 3 года, т/га
		2021	2022	2023	
1	Фон (азофоска N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> ) - контроль	5,01	5,20	5,85	5,35
2	Фон+сульфат аммония (N <sub>65</sub> )	6,83	6,90	7,70	7,14
3	Фон+сульфат аммония (N <sub>65</sub> ) + Ультрамаг Комби	7,53	7,26	7,98	7,59
4	Фон+сульфат аммония (N <sub>65</sub> ) +КомплеМет	8,12	7,81	8,57	8,17
НСР <sub>05</sub>		0,44	0,50	0,57	

Весьма достоверное увеличение урожайности зерна гибрида Воронежский 175 АСВ от совместного применения минеральных удобрений (азофоска и сульфат аммония) с микроудобрениями в хелатной форме обусловлено увеличением отдельных показателей структуры урожая кукурузы (табл. 2). Так, длина початка на вариантах с микроудобрениями выше на 0,8-2,0 см, чем на контроле. Нами отмечена заметная связь урожайности с количеством зерен в початке (озерненность) и массой зерна с 1 початка. Внесение микроудобрений влияло на увеличение отдельных элементов структуры, по сравнению с контрольным вариантом. Следует отметить, что большинство початков имели хорошо выровненный внешний вид, особенно на вариантах 3 и 4 (комплексное внесение минеральных и микроудобрений).

Таблица 2

**Элементы структуры урожая кукурузы в зависимости от уровня минерального  
питания (среднее за 2022-2023 гг.)**

Показатели	Фон (азофоска N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> ) - контроль	Фон+сульфат аммония (N <sub>65</sub> )	Фон+сульфат аммония (N <sub>65</sub> ) + Ультрамаг Комби	Фон+сульфат аммония (N <sub>65</sub> ) +КомплеМет
Длина початка, см	17,8	18,6	19,1	19,8
Количество зерен в ряду, шт.	33,4	37,0	37,6	38,1
Количество рядов в початке, шт.	16,4	17,0	16,2	17,2
Озерненность початка, шт.	547,8	629,0	609,1	655,3
Масса 1 початка, на момент учетной влажности, г	241,7	256,0	262,8	273,9
Масса зерна с 1 початка, г	193,8	206,0	215,3	218,9
Выход зерна с учетом уборочной влажности, %	80,2	80,4	81,9	79,9

Известно, что уровень использования растениеводческой продукции из кукурузы для различных целей определяется качественным составом зерна, соотношением основных питательных веществ, минеральных элементов, ферментов. Нами в этой связи проведён биохимический состав зерна в лаборатории Центра коллективного пользования Брянского ГАУ на инфракрасном анализаторе ИнфраЛЮМ ФТ-12 с программным обеспечением «СпектраЛЮМ/Про». Результаты качественного анализа зерна представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Качественные показатели зерна кукурузы в зависимости от применения макро- и микроудобрений, (среднее за 2021-2022 гг.)**

Вариант опыта	Содержание, %		
	Сырой протеин	Сырой жир	Крахмал
1. Фон (азофоска N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub> ) - контроль	8,6	4,5	52,1
2. Фон+сульфат аммония (N <sub>65</sub> )	9,1	4,8	54,2
3. Фон+сульфат аммония (N <sub>65</sub> )+ Ультрамаг Комби	9,7	5,0	55,8
4. Фон+сульфат аммония (N <sub>65</sub> ) +КомплеМет	10,8	5,4	56,9

Определение качественных показателей зерна показало, что на вариантах опыта содержание сырого протеина варьировало в пределах от 8,8 до 10,8%, сырого жира - от 4,5 до 5,4%, крахмала – от 52,1 до 56,9%. При этом было заметно, что увеличение показателей качества зерна кукурузы наблюдалось на вариантах с применением микроудобрений Ультрамаг Комби и КомплеМет марка: Кукуруза в фолиарные подкормки.

**Заключение**

Таким образом, на основании проведенных исследований в среднем за 3 года на фоне основного внесения азофоски (N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub>) существенное увеличение урожайности зерна на 1,79 т/га или 33,4% обеспечило применение сульфата аммония (N<sub>65</sub>) в предпосевную подготовку почвы. На фоне с азофоской+сульфат аммония достоверная прибавка урожайности зерна (1,03 т/га или 11,4%) отмечена при проведении фолиарной подкормки микроудобрением КомплеМет (норма 2 л/га) в фазу 6-8 листьев. На этом варианте получены высокая урожайность зерна 8,17 т/га, лучшие показатели структуры урожая и качества зерна: содержание сырого протеина достигло 10,8%, сырого жира и крахмала - 5,4% и 56,9%. В этом варианте отмечен наибольший уровень рентабельности 84,3% при себестоимости 6427 рублей за 1 тонну зерна.

**Литература**

1. Нестеренко О.А., Дронов А.В., Мамеев В.В., Петрова С.Н., Лукашина А.А. Оценка эффективности применения комплексных удобрений при возделывании кукурузы на зерно // Вестник Курской ГСХА. – 2021. – №.6. – С. 20-27.
2. Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 12 апреля 2020 г. № 993-р. [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: справочные правовые системы: Законодательство. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
3. Дронов А.В., Бельченко С.А., Мамеев В.В., Нестеренко О.А. Параметры адаптивной способности и урожайности зерна гибридов кукурузы (ФАО 100-300) в условиях юго-западной части Нечерноземья (Брянская область) // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 1(41). – С. 115-125. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-1-115-125.
4. Бельченко С.А., Ториков В.Е., Дронов А.В., Малякко Г.П., Мельникова О.В. Эффективность возделывания гибридов кукурузы разных групп спелости на юго-западе Центрального региона России: монография. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2023. – 180 с.

5. Полянский А.Л., Малышева Е.В., Мязин Н.Г. Оценка применения минеральных удобрений под кукурузу при возделывании на зерно в западной части ЦЧР // Вестник Брянской ГСХА. – 2023. – № 6 (100). – С. 36-41. DOI:10.52691/2500-2651-2023-100-6-36-41.
6. Мухина М.Т., Боровик Р.А., Ламмас М.Е. Действие пролонгированных микроудобрений на рост и фотосинтетическую активность кукурузы // Кормопроизводство. – 2021. – №10. – С. 27-32.
7. Демидова А.Г., Ахмедшина Д.А. Эффективность азотной подкормки кукурузы на зерно в зависимости от фона основного удобрения в условиях неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Сельскохозяйственный журнал. – 2021. – Т.14, – № 2. – С. 11-18. DOI: 10.25930/2687-1254/002.2.14.2021
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. – М.: Альянс, 2014. – 351 с.

#### References

1. Nesterenko O.A., Dronov A.V., Mameev V.V., Petrova S.N., Lukashina A.A. Evaluation of effectiveness the use of complex fertilizers in cultivation corn for grain. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 2021, no 6, pp. 20-27. (In Russian)
2. Strategy for the development of agro-industrial and fisheries complexes of the Russian Federation for the period up to 2030. Decree of the Government of the Russian Federation No. 993-r dated April 12, 2020 [Electronic resource]. *ConsultantPlus: reference legal systems: Legislation*. - Access mode: <http://www.consultant.ru>. (In Russian)
3. Dronov A.V., Bel'chenko S.A., Mameev V.V., Nesterenko O.A. Parameters of adaptive capacity and grain yield of corn hybrids (FAO 100-300) in the conditions of the southwestern part of the Non-Chernozem region (Bryansk region). *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2022, no 1(41), pp. 115-125. DOI 10.24412/2309-348X-2022-1-115-125. (In Russian)
4. Bel'chenko S.A., Torikov V.E., Dronov A.V., Malyavko G.P., Mel'nikova O.V. The efficiency of cultivation of corn hybrids of different maturity groups in the south-west of the Central region of Russia: monograph. *Bryansk: Publishing House of the Bryansk State University*. 2023, 180 p. (In Russian)
5. Polyanskii A.L., Malysheva E.V., Myazin N.G. Evaluation of using mineral fertilizers for corn in grain cultivation in the western part of the central black soil region. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*, 2023, no 6 (100), pp. 36-41. DOI 10.52691/2500-2651-2023-100-6-36-41. (In Russian)
6. Mukhina M.T., Borovik R.A., Lammas M.E. The effect of prolonged micronutrients on the growth and photosynthetic activity of corn. *Feed production*, 2021, no 10, pp. 27-32. (In Russian)
7. Demidova A.G., Akhmedshina D.A. The effectiveness of nitrogen fertilization of corn for grain, depending on the background of the main fertilizer in conditions of unstable humidification of the Stavropol territory. *Agricultural Journal*, 2021, vol.14, no.2, pp. 11-18. DOI 10.25930/2687-1254/002.2.14.2021. (In Russian)
8. Dospikhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results): textbook for higher agricultural educational institutions. *Moscow: Al'yans*, 2014, 351 p. (In Russian)

## ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕННЫХ ДОЗ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

**А.А. ПАШКОВСКАЯ**, E-mail: saha641970@yandex.ru

**А.А. ПАШКОВСКИЙ**, аспирант, E-mail: agrohim32rad@mail.ru

**Л.А. ЗВЕРЕВА**, кандидат экономических наук, E-mail: L.Zvereva@yandex.ru

**Е.В. БАЙДАКОВА**, кандидат технических наук, E-mail: elena\_baydakova@mail.ru

ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

***Аннотация.** Представлены результаты исследований влияния повышенных доз органических и минеральных удобрений на урожай озимой пшеницы и ячменя. Почва опытного участка дерново-подзолистая и средне-оподзоленная супесчаная. Предшественник – люпино-овсяная смесь на зеленый корм. Под озимую пшеницу навоз, известь и фосфорно-калийные удобрения вносились под основную вспашку, азотные удобрения весной в подкормку, в фазе выхода в трубку, с осени в предпосевную культивацию и в фазе колошения. Под ячмень, навоз, известь и фосфорно-калийные удобрения вносились с осени под зяблевую вспашку. Данные опытов показывают, что применение удобрений не влияет на полевую всхожесть озимой пшеницы и ячменя, но значительно увеличивает количество продуктивных стеблей и коэффициент продуктивной кустистости растений. По озимой пшенице и ячменю с уменьшением нормы высева увеличилось количество зерен и более высокий вес 1000 зерен получен при разреженном посеве. Установлено, что действие норм высева на урожайность в разные по климатическим условиям годы проявляется по-разному.*

*Наиболее эффективными дозами минеральных удобрений на фоне навоза и известкования под озимую пшеницу и ячмень являются NPK по 60-90 кг/га действующего вещества. Дальнейшее их увеличение не дает прибавки урожая ввиду сильного полегания растений в период налива зерна, что ведет к резкому падению их продуктивности [1, 2].*

*На супесчаных почвах, содержащих 15-20 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O на 100 г почвы, лучшей дозой минеральных удобрений под озимую пшеницу является N<sub>90</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>, т.е., доза азота не выше 90 кг/га. На дерново-подзолистых супесчаных почвах, содержащих 7-10 мг на 100 г почвы питательных веществ, озимая пшеница может обеспечить урожай зерна 40 ц/га при внесении минеральных удобрений в дозах 90 кг действующего вещества на гектар по фону 40 т/га – навоза и известкования. Ячмень по фону 30 т/га навоза и известкования положительно реагирует на внесение минеральных удобрений в дозах 60-90 кг/га действующего вещества. Дальнейшее увеличение дозы удобрений отрицательно сказывается на урожае ввиду сильного полегания растений.*

**Ключевые слова:** дерново-подзолистая почва, минеральные удобрения, навоз, известь, озимая пшеница, ячмень, прибавка урожайности, белковость зерна.

**Для цитирования:** Пашковская А.А., Пашковский А.А., Зверева Л.А., Байдакова Е.В. Влияние повышенных доз удобрений на урожай зерновых культур. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3(51): 88-93. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-88-93

## THE EFFECT OF INCREASED DOSES OF FERTILIZERS ON HARVEST OF GRAIN CROPS

A.A. Pashkovskaya, A.A. Pashkovsky, L.A. Zvereva, E.V. Baydakova

BRYANSK STATE UNIVERSITY, Bryansk region, Kokino, Russia

**Abstract:** The results of studies of the effect of increased doses of organic and mineral



*fertilizers on the yield of winter wheat and barley are presented. The soil of the experimental site is sod-podzolic and medium-podzolic sandy loam. The predecessor is a lupine-oatmeal mixture for green food. For winter wheat, manure, lime and phosphorus-potassium fertilizers were applied for the main plowing, nitrogen fertilizers in the spring for top dressing, in the tube phase, from autumn to pre-sowing cultivation and in the earing phase. Since autumn, barley, manure, lime and phosphorus-potassium fertilizers have been applied for winter plowing. Experimental data show that the use of fertilizers does not affect the field germination of winter wheat and barley, but significantly increases the number of productive stems and the coefficient of productive bushiness of plants. For winter wheat and barley, with a decrease in the seeding rate, the number of grains increased and a higher weight of 1000 grains was obtained with sparse sowing. It has been established that the effect of seeding rates on productivity.*

*The most effective doses of mineral fertilizers against the background of manure and lime for winter wheat and barley are NPK of 60-90 kg /ha of active substance. Their further increase does not give an increase in yield due to the strong lodging of plants during the grain filling period, which leads to a sharp drop in their productivity [1, 2].*

*On sandy loam soils containing 15-20 mg of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O per 100 g of soil, the best dose of mineral fertilizers for winter wheat is N<sub>90</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>, i.e., the dose of nitrogen is not higher than 90 kg/ha. On sod-podzolic sandy loam soils containing 8-10 mg per 100 g of soil nutrients, winter wheat can provide a grain yield of 40 c/ha when applying mineral fertilizers in doses of 90 kg of active substance per hectare on a background of 40 t/ha - manure and liming. Barley with a background of 30t/ha of manure and liming reacts positively to the application of mineral fertilizers in doses of 60-90 kg/ha of the active substance. Further increase of fertilizer dosage negatively affects the yield due to strong lodging of plants.*

**Keywords:** sod-podzolic soil, mineral fertilizers, manure, lime, winter wheat, barley, yield increase, grain protein content.

**Введение.** Минеральные удобрения являются мощным фактором роста урожайности сельскохозяйственных культур и повышения плодородия почв. Применение минеральных удобрений обеспечивает максимальную продуктивность при рациональном расходовании элементов питания [1]. Исследования ставили целью получить данные о действии повышенных доз минеральных удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы и ячменя при посеве их обычной пониженной на 50 процентов нормой высева. Опыты проведены с озимой пшеницей сорта Мироновская и ячменем Московский 86. По данным многих исследователей, возделываемые в настоящее время сорта озимой пшеницы интенсивного типа отличаются повышенными требованиями к условиям минерального питания, и только при их удовлетворении могут формировать высокие урожаи [1].

#### **Материалы и методы исследований**

Почва опытного участка дерново-подзолистая, средне- оподзоленная, развивающаяся на маломощной супеси, подстилаемой песком и с глубины 1 м моренным суглинком.

Агрохимические показатели пахотного горизонта: рН в КС1 – 5,4, Н – 2,2 и с – 2,55 м-экв на 100 г почвы, V – 53,6%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O – 7 – 10 мг на 100 г почвы, гумуса 1,2%. Предшественник – люпино-овсяная смесь на зеленый корм.

Опыт с озимой пшеницей поставлен на фоне известкования по г.к. и 40 т/га навоза, с ячменем – известкования и 30 т/га навоза.

Под озимую пшеницу навоз, известь и фосфорно-калийные удобрения вносились под основную вспашку, азотные удобрения в зависимости от варианта по 60 кг весной в подкормку, 30-60 кг в фазе выхода в трубку, и при дозе N<sub>180</sub> по 30 кг его внесено с осени в предпосевную культивацию и в фазе колошения; под ячмень, навоз, известь и фосфорно-калийные удобрения вносились с осени под зяблевую вспашку, азотные – 60 кг до посева, в последующих вариантах – в подкормку в фазе выхода в трубку и при дозе N<sub>180</sub> – 30 кг в подкормку в фазе колошения. Норма высева семян озимой пшеницы – 6 и 3, а ячменя-5 и 2,5 млн. всхожих семян на гектар.

Данные учета полевой всхожести и продуктивности растений (табл. 1 и 2) показывают, что применение удобрений не влияет на полевую всхожесть озимой пшеницы и ячменя, но значительно увеличивает количество продуктивных стеблей и коэффициент продуктивной кустистости растений. Наиболее высокие вес 1000 зерен и натура зерна озимой пшеницы и ячменя получены с внесением навоза и извести. При дозах минеральных удобрений свыше 90 кг действующего вещества на гектар эти показатели снижались из-за сильного полегания растений.

Таблица 1

**Продуктивность растений озимой пшеницы (в среднем за 3 года)**

Вариант	Полевая всхожесть, %		Количество продуктивных стеблей к уборке, шт/м <sup>2</sup>		Продуктивная кустистость, шт		Вес 1000 зерен, г		Натура зерна, г		Количество зерен в колосе, шт.	
	3,0	6,0	Норма высева									
			3,0	6,0	3,0	6,0	3,0	6,0	3,0	6,0	3,0	6,0
Без удобрений (контроль)	96,0	82,1	268	455	1,3	1,2	39,2	37,2	757	766	19	16
Навоз 40т/га + известь по г.к. - фон	86,5	85,8	355	476	1,8	1,3	40,3	39,8	764	776	22	17
Фон + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	88,6	82,6	396	508	1,9	1,4	37,0	37,1	746	751	22	18
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	90,5	83,0	464	527	2,0	1,5	36,3	36,0	734	734	24	18
Фон + N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	90,4	81,8	465	553	1,9	1,4	34,8	34,6	715	709	23	18
Фон + N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>240</sub>	93,4	86,1	530	444	2,0	1,3	34,7	37,6	710	708	21	16
В среднем по опыту	90,9	83,5	412	494	1,8	1,3	37,0	37,0	738	741	22	17

С повышением нормы высева семян несколько снижается процент полевой всхожести. Количество продуктивных стеблей ко времени уборки на 1 кв. метре, несмотря на разные нормы высева, почти одинаково благодаря увеличению степени продуктивной кустистости. Показатель натуры зерна в зависимости от нормы высева не изменился. В разреженных посевах число зерна и вес 1000 зерен были больше, чем в загущенных. По озимой пшенице и ячменю с уменьшением нормы высева увеличилось количество зерен, более высокий вес 1000 зерен получен при разреженном посеве.

Данные по урожайности (табл. 3 и 4) показывают, что озимая пшеница Мироновская и ячмень Московский 86 положительно реагирует на внесение органических и минеральных удобрений. Наиболее эффективными дозами минеральных удобрений на фоне навоза и известкования под озимую пшеницу и ячмень являются NPK по 60-90 кг/га действующего вещества. Дальнейшее их увеличение не дает прибавки урожая ввиду сильного полегания растений в период налива зерна, что ведет к резкому падению их продуктивности [1, 2].

На супесчаных почвах, содержащих 15-20 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O на 100 г почвы, лучшей дозой минеральных удобрений под озимую пшеницу является N<sub>90</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>, т.е., доза азота не выше 90 кг/га.

Таблица 2

**Продуктивность растений ячменя сорта Московский 86**

Вариант	Полевая всхожесть, %		Количество продуктивных стеблей к уборке, шт/м <sup>2</sup>		Продуктивная кустистость, шт		Вес 1000 зерен, г		Натура зерна, г		Количество зерен в колосе, шт	
	2,5	5,0	Норма высева									
			2,5	5,0	2,5	5,0	2,5	5,0	2,5	5,0	2,5	5,0
Без удобрений (контроль)	90,5	72,0	482	492	2,0	1,4	47,2	40,9	635	644	16	15
Навоз 30т/га + известь по г.к. - фон	89,6	78,4	481	556	2,1	1,5	44,1	42,0	622	655	17	17
Фон + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	84,4	72,0	616	694	3,1	2,2	40,9	38,5	647	644	17	17
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	83,2	74,5	648	672	3,4	2,2	39,1	36,4	634	633	16	16
Фон + N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	81,3	79,6	738	776	3,8	2,5	38,1	36,0	622	623	17	17
Фон + N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>240</sub>	90,6	73,6	857	850	4,0	2,4	37,4	35,3	611	613	16	16
В среднем по опыту	86,6	75,0	637	673	3,1	2,05	41,1	38,2	628	635	16,5	16,5

Полученные данные показывают, что на озимой пшенице действие норм высева на урожайность в разные по климатическим условиям годы проявляется по-разному. В условиях благоприятного 2021 года норма высева 3 млн. обеспечила наиболее высокий урожай зерна, а в засушливом 2022 году пониженная норма высева снизила урожай. В 2023 году на удобренных вариантах (NPK по 60-90 кг/га) обе нормы высева обеспечили сравнительно одинаковый урожай. На неудобренных делянках в течение трех лет преимущество остается за более высокой нормой высева.

Таблица 3

**Урожай зерна озимой пшеницы Мироновская в зависимости от внесения удобрений и нормы высева семян**

Вариант	Нормы высева 3 млн. зерен						
	Урожай зерна, ц/га				В % к контролю	Прибавка к контролю ц/га	% белка
	2021	2022	2023	в среднем за 3 года			
Без удобрений (контроль)	26,0	6,0	21,0	21,0	100,0	-	9,6
Навоз 40т/га + известь по г.к. - фон	31,6	21,8	29,3	27,6	134,6	6,6	10,6
Фон + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	43,1	23,6	36,1	34,2	162,9	13,2	11,4
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	46,2	20,4	35,7	34,1	162,4	13,1	12,6
Фон + N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	46,8	19,9	36,0	34,2	162,9	13,2	14,5
Фон + N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>240</sub>	46,7	22,9	32,4	34,0	161,9	13,0	15,5
В среднем по опыту	40,0	20,7	31,7	30,8	146,7	9,8	12,0
Р %	1,9	2,4	1,9				
ц/га	2,2	1,4	1,7				

Продолжение таблицы 3

Вариант	Нормы высева 6 млн. зерен						
	Урожай зерна, ц/га				в % к контролю	Прибавка к контролю ц/га	% белка
	2021	2022	2023	в среднем за 3 года			
Без удобрений (контроль)	28,6	22,6	24,5	25,3	100,0	-	10,0
Навоз 40т/га + известь по г.к. - фон	33,8	29,3	29,4	30,8	121,7	5,5	10,7
Фон + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	41,5	32,7	32,3	35,5	140,3	10,2	13,1
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	43,2	34,6	34,9	37,6	148,7	12,3	14,2
Фон + N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	42,0	33,2	23,9	33,0	130,6	7,7	15,1
Фон + N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>240</sub>	37,6	33,3	25,1	32,0	124,3	6,7	15,2
В среднем по опыту	37,8	30,9	28,3	32,3	127,7	7,0	13,0
Р %	2,7	2,7	3,0				
ц/га	2,9	2,4	2,4				

У ячменя по обеим нормам высева в среднем за 2 года практически равные урожаи.

По данным исследований опытной станции, норма высева зерновых культур в Брянской области определяется уровнем плодородия земли. На средне-плодородных участках, какими являются исследуемые почвы, этот показатель у зимой пшеницы и ячменя составляет 5,5 млн. всхожих зерен на гектар [3]. В опытах определялось также влияние повышенных доз удобрений на содержание белка в зерне как качественного показателя. Белковость зерна озимой пшеницы и ячменя возрастала с 9-10 процентов в контроле до 14-16 процентов при внесении минеральных удобрений в дозе N<sub>180</sub>P<sub>180</sub>K<sub>240</sub>.

Таблица 4

**Урожай зерна ячменя Московский 86 в зависимости от внесения удобрений и норм высева семян**

Вариант	Нормы высева 2,5 млн. зерен					
	Урожай зерна, ц/га			В % к контролю	Прибавка к контролю, ц/га	% белка
	2021	2023	в среднем за 2 года			
Без удобрений (контроль)	32,8	24,6	28,7	100,0	-	9,5
Навоз 30т/га + известь по г.к. - фон	41,4	29,7	35,5	123,6	6,8	10,1
Фон + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	44,5	32,4	38,4	133,7	9,7	11,8
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	-	29,2	-	-	-	13,1
Фон + N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	43,95	30,5	37,2	129,6	8,5	15,5
Фон + N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>240</sub>	40,0	30,5	35,2	122,6	6,5	16,4

<i>Продолжение таблицы 4</i>						
В среднем по опыту	40,5	29,5	35,3	121,9	7,9	12,7
Р %	1,7	4,1	-	-	-	-
ц/га	1,9	3,4	-	-	-	-
Вариант	<b>Нормы высева 5 млн. зерен</b>					
	Урожай зерна, ц/га			в % к контролю	Прибавка к контролю ц/га	% белка
	2021	2023	в среднем за 2 года			
Без удобрений (контроль)	36,7	23,2	29,9	100,0	-	9,4
Навоз 30т/га + известь по г.к. - фон	42,1	28,7	35,4	118,3	5,5	10,0
Фон + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	46,3	34,0	40,1	134,1	10,2	12,0
Фон + N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	32,5	32,5	-	-	-	13,7
Фон + N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	45,2	3,5	38,3	128,0	8,4	14,5
Фон + N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>240</sub>	40,0	29,6	34,8	116,3	4,9	15,4
В среднем по опыту	42,0	29,9	37,7	126,0	7,8	12,6
Р %	1,1	2,8	-	-	-	-
ц/га	2,2	2,4	-	-	-	-

#### Выводы

На дерново-подзолистых супесчаных почвах, содержащих 7-10 мг на 100 г почвы питательных веществ, озимая пшеница может обеспечить урожай зерна 40 ц/га при внесении минеральных удобрений в дозах 90 кг действующего вещества на гектар по фону 40 т/га – навоза и известкования. Ячмень по фону 30 т/га навоза и известкования положительно реагирует на внесение минеральных удобрений в дозах 60-90 кг/га действующего вещества. Дальнейшее увеличение дозы удобрений отрицательно сказывается на урожае ввиду сильного полегания растений. Внесение повышенных доз минеральных удобрений способствует увеличению содержания белка в зерне.

#### Литература

1. Золкина Е.И. Влияние минеральных удобрений на урожайность сортов озимой пшеницы и показатели баланса элементов питания на дерново-подзолистой супесчаной почве Нечерноземной зоны // Таврический вестник аграрной науки. – 2018. – № 3(15).
2. Лапа В.В. [и др.] Комплексные удобрения для сельскохозяйственных культур: перспективные разработки // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 1 (42). – С. 244-248.
3. Байдакова Е.В., Зверева Л.А., Кривоускова В.Н., Пашковская А.А. Минеральные удобрения и плодородие почв. Сборник (ФГБОУ ВО «БГИТУ»). Среда, окружающая человека: природная, техногенная, социальная. Материалы XII Международной научно-практической конференции. Брянск. – 2023. – 19 с.

#### References

1. Zolkina E.I. The influence of mineral fertilizers on the yield of winter wheat varieties and indicators of the balance of nutrients on sod-podzolic sandy loam soil of the non-chernozem zone. Tauride Bulletin of Agrarian Science. – 2018. – No. 3(15).
2. Lapa V.V. [and others] Complex fertilizers for agricultural crops: promising developments // Soil science and agrochemistry. – 2009. – No. 1(42). – pp. 244–248.
3. Baydakova E.V., Zvereva L.A., Krovopuskova V.N., Pashkovskaya A.A. Mineral fertilizers and soil fertility. Collection (FSBEI HE "BGITU"). The environment surrounding a person: natural, man-made, social. Materials of the XII International Scientific and Practical Conference. Bryansk, 2023, 19 p.

## ВЛИЯНИЕ НОРМ ВЫСЕВА НА УРОЖАЙНОСТЬ НОВОГО СОРТА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ СКИПЕТР 2

**З.Р. ЦУКАНОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID 0009-0000-3654-4948,

E-mail: ztsukanova@list.ru

**А.Н. ГУСЕВА**, старший научный сотрудник, ORCID 0009-0002-8711-8118,

E-mail: gusevazbk@mail.ru

**Е.В. ЛАТЫНЦЕВА**, научный сотрудник, ORCID 0009-0009-5760-8264

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

***Аннотация.** В статье представлены результаты исследования по оценке влияния норм высева на урожайные и качественные показатели зерна нового сорта озимой пшеницы Скипетр 2. Целью данной работы являлось определение оптимальных норм высева для сорта озимой пшеницы Скипетр 2. Установлено, что оптимальной нормой высева озимой пшеницы сорта Скипетр 2 является 4 млн. всхожих семян на гектар. Наименьшая урожайность 8,12 т/га определена при норме высева 3 млн. всхожих семян на гектар (контрольный вариант). Рост урожайности при норме высева 4 млн. всхожих семян составил 8% в сравнении с контролем. Оценено влияние норм высева на показатели всхожести и выживаемости. Наибольшей выживаемостью обладали растения при норме высева 5 млн. всхожих семян. Результаты исследований показали, что увеличение нормы высева способствует увеличению показателя белка в зерне. При норме высева 5 млн. всхожих семян рост значения показателя белка и клейковины в сравнении с нормой высева 3 млн. всхожих семян составил 0,8% и 0,2% соответственно. Установлена значимость изучаемых факторов на выход и качество зерна озимой пшеницы.*

***Ключевые слова:** озимая пшеница, сорт, норма высева, урожайность.*

***Для цитирования:** Цуканова З.Р., Гусева А.Н., Латынцева Е.В. Влияние норм высева на урожайность нового сорта озимой пшеницы Скипетр 2. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3 (51):94-99 DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-94-99*

## INFLUENCE OF SEEDING RATES ON THE YIELD OF A NEW WINTER WHEAT VARIETY SKIPETR 2

**Z.R. Tsukanova, A.N. Guseva, E.V. Latyntseva**

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

***Abstract:** The article presents the results of the research on evaluation of the influence of seeding rates on yield and quality indicators of grain of a new winter wheat variety Skipetr 2. The purpose of this work was to determine the optimal seeding rates for winter wheat Skipetr 2. It was found that the optimal seeding rate of winter wheat of Skipetr 2 variety is 4 million germinated seeds per hectare. The lowest yield of 8.12 t/ha was determined at seeding rate of 3 million germinated seeds per hectare (control variant). Yield growth at seeding rate of 4 million germinated seeds amounted to 8% compared to the control. The effect of seeding rates on germination and survival rates was evaluated. The highest survival rate was observed in plants with a seeding rate of 5 million germinated seeds. The results of the research showed that the increase in seeding rate contributes to the increase of protein index in grain. At seeding rate of 5 million germinated seeds the growth of protein and gluten index value in comparison with seeding rate of 3*

*million germinated seeds amounted to 0.8% and 0.2%, respectively. The significance of the studied factors on the yield and quality of winter wheat grain was established.*

**Keywords:** winter wheat, variety, seeding rate, yield.

**Введение.** Пшеница является важнейшей зерновой культурой, как в мировом, так и в отечественном земледелии [1, 2]. Наряду с Россией главные производители зерна пшеницы США, Канада, Индия, Франция. При этом значительная доля в валовых сборах наиболее качественного зерна приходится на озимую пшеницу. В Орловской области озимая мягкая пшеница исторически была одной из основных зерновых культур, способной давать высокие урожаи при надлежащем уровне защиты растений.

Важнейшим условием успешного культивирования растений и улучшения качества зерна является использование продуктивных сортов. Для производства любой сельскохозяйственной культуры сорт является одним из малозатратных элементов технологии возделывания. Только за счет внедрения нового, более продуктивного сорта, можно получить дополнительно к урожаю 10-15%, при условии, когда технология возделывания будет разрабатываться не для культуры вообще, а для конкретного сорта в определенных условиях [3]. При создании нового сорта с высоким генетически обусловленным потенциалом продуктивности большое внимание уделяется его пластичности, устойчивости к полеганию, биотическим и абиотическим факторам внешней среды, способного закладывать основы высоких урожаев и кондиционных семян в разнообразных почвенно-климатических условиях. Правильно организованное сортовое семеноводство – важнейший фактор повышения урожайности и качества получаемой продукции. Одним из основных факторов, оказывающих влияние на урожайность озимой пшеницы, является норма высева [4, 5]. При установлении нормы высева во внимание следует принимать множество факторов: плодородие почвы, предшественники, метеорологические условия региона возделывания, сроки, способы посева. В связи с этим становится актуальным вопрос выбора оптимальной нормы высева для новых высокоинтенсивных сортов озимой пшеницы.

**Цель исследования** – выявить оптимальные нормы высева для нового сорта озимой пшеницы Скипетр 2.

#### **Материал и методы исследований**

Исследования по изучению влияния норм высева при производстве оригинальных семян озимой пшеницы сорта Скипетр 2 проводили на опытном поле ФНЦ ЗБК в 2022-2023 гг. [6]. Экспериментальный участок располагался в севообороте № 1, поле № 1 лаборатории семеноведения и первичного семеноводства. Почвы темно-серые лесные среднесуглинистые, среднекислые (рН – 4,6-5,5); содержание фосфора и калия (по Кирсанову) – 10-17 и 7,1-10 мг/100 г почвы соответственно, гумуса – 4-6% (по Тюрину).

Полевые опыты закладывали по общепринятой методике на делянках с учетной площадью 10,5 м<sup>2</sup>. Повторность четырехкратная. Способ размещения опытных делянок рендомизированный (Б.А. Доспехов, 1985). Технология возделывания озимой пшеницы общепринятая для Орловской области. Предшественник – пар. Под культивацию вносили по 2,5 ц в физическом весе нитроаммофоски. Посев проводили рядовым способом в третьей декаде сентября – 26. Норма высева – 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0 – млн всхожих семян на 1 га. Ранней весной по черепку проводили подкормку аммиачной селитрой (N 34,4%) по 100 кг/га в физическом весе.

#### **Результаты и их обсуждение**

В период вегетации растения озимой пшеницы подвергаются воздействию различных биотических и абиотических природных факторов.

Проведенные нами исследования показали, что полевая всхожесть по вариантам опыта изменялась незначительно – на 1-3% (табл. 1).

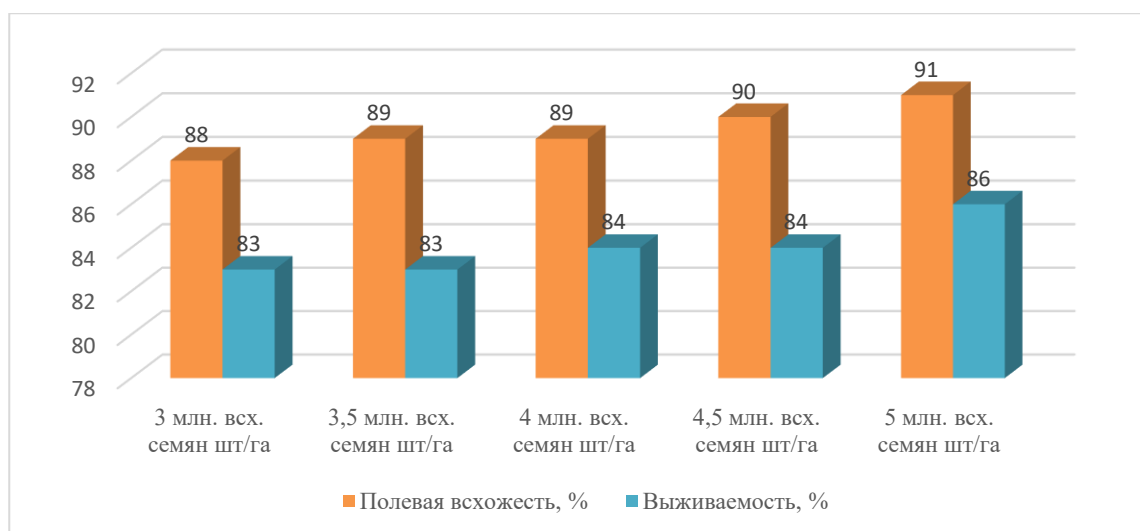


Рис. 1. Полевая всхожесть, выживаемость растений озимой пшеницы сорта Скипетр 2 при различных нормах высева, % (среднее за 2022-2023 год)

Установлена минимальная полевая всхожесть у озимой пшеницы сорта Скипетр 2 при норме высева 3,0 млн. всхожих семян на га, она составила – 88%, выживаемость – 83%. Максимальная всхожесть – 91% и выживаемость – 86% определена при норме высева 5,0 млн. всхожих семян на га. Следует отметить, что перезимовка растений в 2022-2023 годах прошла благополучно при различных нормах высева, что обусловлено высокой зимостойкостью нового сорта озимой пшеницы Скипетр 2.

Определено, что нормы высева влияют на элементы структуры урожая. Величина колоса, масса зерен с колоса, масса 1000 семян являются важнейшими составными элементами структуры урожайности озимой пшеницы (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние норм высева на элементы структуры урожая озимой пшеницы сорта Скипетр 2, (среднее 2022-2023 гг.)**

Варианты/норма высева семян	Высота растения, см	Общая, кустистость, шт	Продуктивная, куст. шт	Длина осн. колоса, см	Кол. зерен с осн. колоса, шт.	Масса зерен с осн. колоса, г	Масса зерен с растения, г	Масса 1000 семян, г
1. 3,0 млн. всхожих семян	99,25	5,01	5,0	10,45	48,1	2,28	5,18	45,38
2. 3,5 млн. всхожих семян	99,06	5,1	4,8	10,53	48,8	2,31	5,27	45,7
3. 4,0 млн. всхожих семян	98,35	5,05	4,90	10,79	50,4	2,49	5,78	49,4
4. 4,5 млн. всхожих семян	98,46	5,13	4,7	10,71	49,8	2,45	5,47	46,7
5. 5 млн. всхожих семян	95,85	5,25	5,15	10,65	50,1	2,46	5,90	47,4

Как видно из таблицы 1, по показателю высоты растений наилучшие результаты получены при нормах высева 3,0 и 3,5 млн. всхожих семян на га. В среднем общая кустистость по всем вариантам опыта составила 5 шт.

В исследованиях выявлено, что наибольшая длина основного колоса при норме высева 4,0 млн. всхожих семян на га – 10,79 см, наименьшая - при норме высева 3,0 млн. всхожих семян на га – 10,45 см. (рис. 2).





Рис. 2. Влияние нормы высева на длину колосу озимой пшеницы сорта Скипетр 2

Количество зерен в колосе изменялось в зависимости от нормы высева семян. При уменьшении нормы высева уменьшалось количество зерен в колосе и их масса. На контрольном варианте (3,0 млн. всхожих семян на га) отмечено наименьшее количество зерен с колоса – 48,1 шт., на 2 варианте – 48,8 шт., на 3 варианте – 50,4 шт., на 4 варианте – 49,8 шт., на 5 варианте – 50,1 шт.

По массе 1000 семян получены лучшие результаты при норме высева 4,0 млн. всхожих семян – 49,4 г.

Анализ полученных результатов показал, что наивысший урожай сформировался при норме высева 4,0 млн. всхожих семян на гектар (рис. 3).

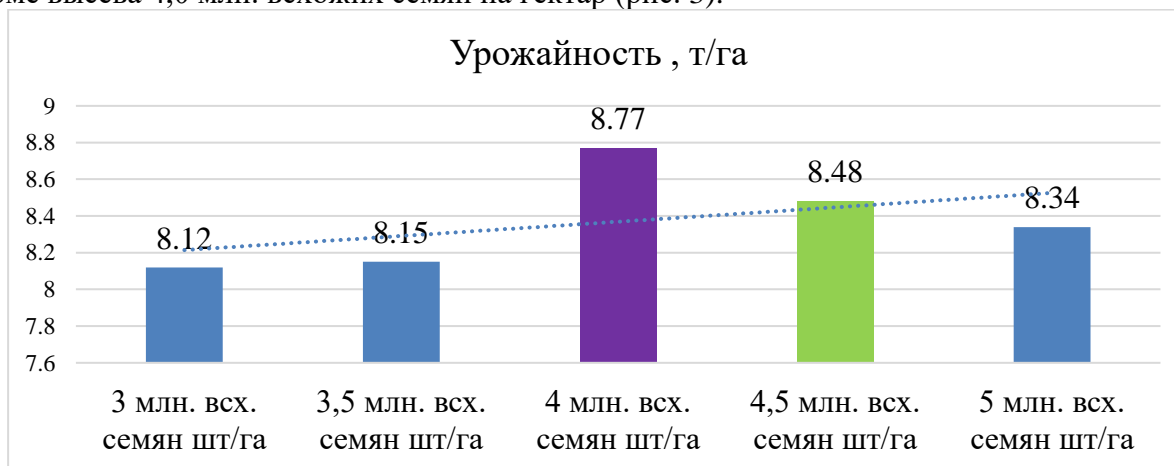


Рис. 3. Влияние норм высева на урожайность озимой пшеницы сорта Скипетр2 (среднее за 2022-2023 гг.)

Урожайность изменялась в зависимости от нормы высева. Рост урожайности в сравнении с контрольным вариантом (3 млн. всхожих семян на га) варьировался от 0,03 т/га (3,5 млн. всхожих семян на га) до 0,22 т/га (4 млн. всхожих семян на га). Урожайность при норме высева 4 млн. всхожих семян на га составила 8,77 т/га.

Качественные показатели зерна оказывают решающее влияние на выход и качество продуктов переработки зерна (табл.2).

**Влияние нормы высева на качественные показатели зерна  
озимой пшеницы сорта Скипетр 2**

Норма высева	Содержание белка в зерне, %	Содержание клейковины в зерне, %	Содержание крахмала, %
3,0 млн. всх. семян, шт/га	13,7	24	66,3
3,5 млн. всх. семян, шт/га	12,9	23,4	67,2
4,0 млн. всх. семян, шт/га	13,7	24,4	66,4
4,5 млн. всх. семя, шт/га	13,7	23,9	66,7
5,0 млн. всх. семян, шт/га	14,5	24,2	65,3

Результаты исследований показали, что увеличение нормы высева способствует увеличению показателя белка. Наибольший процент содержания белка в зерне озимой пшеницы установлен при норме высева 5 млн. всхожих семян, наименьшее – при норме высева 3,5 млн. всхожих семян на гектар – 12,9%. Содержание клейковины в зерне варьировало от 23,9 до 24,4%. Таким образом, по содержанию клейковины и белка зерно озимой пшеницы сорта Скипетр 2 соответствует ценным сортам.

#### Заключение

В результате двух летних исследований (2022-2023 годы) получены данные о степени влияния норм высева на урожайные и качественные показатели сорта озимой пшеницы Скипетр 2.

Установлено, что норма высева не оказывает существенного влияния на показатели всхожести и выживаемости растений озимой пшеницы. Показатели всхожести варьировали от 88% до 91%. Наибольшая всхожесть установлена на варианте с нормой высева 5,0 млн. всхожих семян на гектар.

Выявлено, что оптимальной нормой высева для нового сорта озимой пшеницы Скипетр 2 является 4,0 млн. всхожих семян на гектар, наибольшая урожайность составила в среднем за 2022-2023 год – 8, 77 т/га.

#### Литература

1. Федотов В.А. Озимая мягкая пшеница в Центральном Черноземье России. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, – 2016. – 415 с. – ISBN 978-5-7267-0888-1. – EDN UVEQPK.
2. Скворцова Ю.Г., Ионова Е.В. Сроки посева и посевные качества семян озимой мягкой пшеницы. // Зерновое хозяйство России. – 2015. – № 5. – С. 24-27. – EDN UXLGDB.
3. Яковлева О.Д. Внедрение новых, пластичных сортов как инновационный фактор экономии в условиях изменения климата // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2019. – Т. 21, – № 6 (92). – С. 116-121. – EDN FGHG UW.
4. Исмаилов А.Б., Магомедова С.Н., Магомедов Г.Ш. Влияние норм высева на адаптивные свойства и урожайность озимой пшеницы в условиях равнинной орошаемой зоны Дагестана // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 84-1. – С. 141-145. – DOI: 10.18411/trnio-04-2022-37. – EDN PNWTZC.
5. Тедеева А.А., Тедеева В.В. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от сроков и норм высева // Аграрный вестник Урала. – 2023. – № 05 (234). – С. 36-48. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234- 05-36-48

6. Цуканова З.Р., Латынцева Е.В., Черненькая Н.А. [и др.]. Новый сорт озимой пшеницы Скипетр 2 // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 1(45). – С. 77-81. – DOI: 10.24412/2309-348X-2023-1-78-82. – EDN RUKBAE.

#### References

1. Fedotov V.A. Winter soft wheat in the Central Black Earth Region of Russia. - Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 2016. - 415 p. - ISBN 978-5-7267-0888-1. - EDN UVEQPK.
2. Skvortsova Yu.G., Ionova E.V. Sowing dates and sowing qualities of winter soft wheat seeds. // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. - 2015. - no. 5. - Pp. 24-27. - EDN UXLGDB.
3. Yakovleva O.D. Introduction of new, plastic varieties as an innovative savings factor in the face of climate change // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*. - 2019. - V. 21, no. 6(92). -Pp. 116-121. - EDN FGHG UW.
4. Ismailov A.B., Magomedova S.N., Magomedov G.Sh. Influence of seeding rates on adaptive properties and yield of winter wheat in conditions of plain irrigated zone of Dagestan // *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. - 2022. - no. 84-1. - Pp. 141-145. – DOI: 10.18411/trnio-04-2022-37. - EDN PNWTZC.
5. Tedeeva A.A., Tedeeva V.V. Winter wheat yields depending on timing and seeding rates // *Agrarnyi vestnik Urala*. 2023. no. 05 (234). Pp. 36–48. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234- 05-36-48
6. Tsukanova Z.R., Latyntseva E.V., Chernen'kaya N.A. [et al.]. New winter wheat variety Skipetr 2 // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. - 2023. - no. 1(45). - Pp. 77-81. – DOI: 10.24412/2309-348X-2023-1-78-82. - EDN RUKBAE.

## ОЦЕНКА ПЕРЕЗИМОВКИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗЛИЧНЫМИ ВЕГЕТАЦИОННЫМИ ИНДЕКСАМИ

**С.Д. ВИЛЮНОВ**, старший научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0002-7373-5951

**В.С. СИДОРЕНКО**, кандидат с.-х. наук, ORCID ID: 0000-0002-9921-6105

**М.А. ШАПОРОВА**, младший научный сотрудник, ORCID ID: 0009-0004-9928-2868

**Е.В. МИТЮХИНА**, младший научный сотрудник, ORCID ID: 0009-0006-9658-9340

**Л.И. ГЛАЗКОВА**, младший научный сотрудник, ORCID ID: 0009-0000-1241-3302

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

***Аннотация.** В данной статье изучена объективность метода оценки перезимовки озимой пшеницы различными вегетационными индексами на малых площадях. Данный метод сопоставим с традиционным бальным методом визуальной оценки специалистом по методике Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений. В рамках трехлетних исследований (более 100 делянок в год) были созданы ортофотопланы поверхности поля (делянок), проанализированы мультиспектральные данные, построены вегетационные карты трех вегетационных индексов (NDVI, NDRE, ClGreen). По трехлетним данным корреляционных связей индексов отражения – осенних (перед уходом в зиму) и весенних (с возобновлением весенней вегетации) с традиционной бальной оценкой специалистом – сделан вывод о целесообразности применения в селекционном процессе объективной оценки качества перезимовки сортообразцов с помощью NDVI на фоне других сортолиний (корреляционная зависимость на уровне (0,68...0,85). Такое использование показаний вегетационных индексов отражения позволит проводить объективный статистический анализ и получать достоверные статистические результаты по перезимовке селекционных образцов.*

***Ключевые слова:** перезимовка, озимая пшеница, вегетационные индексы, дисперсионный анализ.*

***Для цитирования:** Вилюн С.Д., Сидоренко В.С., Шапорова М.А., Митюхина Е.В., Глазкова Л.И. Оценка перезимовки озимой пшеницы различными вегетационными индексами. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3 (51):100-105. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-100-105*

## ASSESSMENT OF WINTER WHEAT OVERWINTERING BY DIFFERENT VEGETATION INDICES

**S.D. Vilyunov, V.S. Sidorenko, M.A. Shaporova, E.V. Mityukhina, L.I. Glazkova**

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

***Abstract.** This article studies the objectivity of the method of winter wheat overwintering assessment by different vegetation indices on small areas. This method is comparable to the traditional ball method of visual evaluation by a specialist according to the methodology of the State Commission of the Russian Federation for Testing and Protection of Breeding Achievements. Within the framework of three-year studies (more than 100 plots per year) orthophotomaps of the field surface (plots) were created, multispectral data were analyzed, and vegetation maps of three vegetation indices (NDVI, NDRE, ClGreen) were constructed. According to three-year data of correlations of reflectance indices - autumn (before going into winter) and spring (with the resumption of spring vegetation) with the traditional ball evaluation by a specialist - a conclusion*

*was made about the expediency of using in the breeding process an objective assessment of the quality of overwintering of varieties using NDVI against the background of other varietal lines (correlation dependence at the level of (0.68...0.85). Such use of readings of vegetative reflection indices will allow conducting objective statistical analysis and obtaining reliable statistical results on overwintering of breeding samples.*

**Keywords:** overwintering, winter wheat, vegetation indices, dispersion analysis.

**Введение.** Озимая пшеница является основной сельскохозяйственной культурой, обеспечивающей продовольственную безопасность страны, и быстрое определение состояния ее посевов является одним из важных этапов в ее выращивании и селекции.

К основным условиям напрямую влияющих на сохранность и здоровье весенних растений озимой пшеницы, относят (по Пономареву В.И., 1975): температуру, влажность почвы и воздуха, снежный покров и его состояние. Сочетания этих факторов формируют условия перезимовки, где к повреждающим пшеницу показателям в первую очередь относятся низкие температуры, вызывающие вымерзание растений, резкие колебания температур с глубокими оттепелями, приводящими к образованию притертой ледяной корки. Длительное пребывание озимой пшеницы под глубоким снежным покровом вызывает развитие грибных болезней, что становится причиной выпревания. Все это сказывается на количестве выживших к весне растений и их общее развитие [1]. Для фиксации весеннего состояния посевов в производстве классическим методом бальной оценки – привлекается специалист. В селекционном процессе анализ, оценка и браковка разнообразного посевного материала по определению зимостойкости непосредственно осуществляется визуальным селекционером. Естественно такой подход является субъективным и трудозатратным.

Ключевым элементом агроэкологической оптимизации современных технологий выращивания зерновых культур являются полевые методы агроэкологического мониторинга, в которые все более активно внедряются цифровые технологии оперативной обработки данных о состоянии посевов, получаемых с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Использование БПЛА в сельском хозяйстве может значительно упростить мониторинг за состоянием посевов, снизить производственные затраты и прогнозировать урожайность сельскохозяйственных культур [2]. Современные технологии дистанционного наблюдения посевов озимой пшеницы позволяют дать объективную цифровую оценку селекционному материалу и определить ценность исследуемых образцов по показателям вегетационных индексов [3]. Это позволяет снизить влияние субъективности при отборе и расширить объем исследуемых вариантов в опыте, снизить трудозатраты, а в сочетании с другими признаками – более детально характеризовать селекционные линии для дальнейшей работы [4].

**Цель исследований** – провести сравнительный анализ оценки перезимовки озимой пшеницы при помощи различных вегетационных индексов.

#### **Материал и методика**

Экспериментальные посева озимой пшеницы были размещены на полях севооборота селекционного центра ФНЦ ЗБК. Предшественник – чистый пар. Почвы – темно-серые лесные, среднесуглинистые, средне окультуренные. Микрорельеф участка выровненный. По основным физико-химическим показателям данные почвы являются типичными для данной природно-экономической зоны. Пахотный и метровый слои почвы характеризуются высокой водоудерживающей способностью (118 и 345 мм, соответственно). Возможные запасы доступной растениям влаги в слое 0...30 см – 88 мм, а в метровом – 262 мм. Максимальная гигроскопическая влажность: 6,8 – 7,5% от массы почвы, влажность устойчивого увядания: 9,6 – 13,3%.

В конкурсном сортоиспытании общая площадь каждой делянки составляла 8,25 м<sup>2</sup> (ширина 1,65 м x длина 5,0 м). Учетная площадь делянки – 7,5 м<sup>2</sup>. Количество рядков на делянке – 10 шт., ширина междурядий – 15 см, повторность 3-5-кратная. Посев проводился

селекционной сеялкой СКС-6-10 (порционный и кассетный варианты). Норма высева – 5 млн. всхожих зерен на гектар. Исследования проводили на сортообразцах отечественной селекции и селекционных линиях ФНЦ ЗБК (табл. 3).

Фактически метеоусловия в период получения данных были контрастными (различными). Погодные условия вегетационного периода 2021 г. были засушливыми (ГТК=0,83), повышенные температуры в июне-июле существенно повлияли на формирование урожая отдельных сортообразцов. Метеоусловия вегетационного периода летом 2022 г. были благоприятными для развития и слабо засушливыми (ГТК=1,01), однако осенний период отличался низкими температурами. Погодные условия вегетационного периода 2023 г. были засушливыми (ГТК=0,74, в сентябре выпало 0 мм осадков, отмечались лишь следы), но обильные осадки в предшествующий осенне-зимний период способствовали накоплению максимального запаса влаги в почве (табл. 1).

Таблица 1

**Среднемесячные температура воздуха и осадки по месяцам (число дней с осадками) за вегетационные периоды 2021...2023 гг.**

Год	Показатель	Значения показателей по месяцам						
		Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Апр. - Сент.
2021	Температура, °С	6,9	13,9	19,8	22,3	20,5	10,4	<b>15,6</b>
	Осадки, мм (кол.дн.)	46(17)	74(20)	41(14)	51(9)	51(14)	131(16)	<b>394 / 657*</b>
2022	Температура, °С	6,4	11,5	19,0	19,1	21,8	9,9	<b>14,6</b>
	Осадки, мм (кол.дн.)	174(24)	52(16)	52(12)	64(15)	34(13)	111(21)	<b>487 / 874*</b>
2023	Температура, °С	10,3	12,9	17,1	19,2	20,3	15,3	<b>15,9</b>
	Осадки, мм (кол.дн.)	27(10)	17(8)	56(11)	77(18)	45(13)	0(3 <sup>***</sup> )	<b>222 / 460**</b>

Примечание: \*) сумма выпавших осадков январь-декабрь. \*\*) Сумма выпавших осадков за январь-октябрь. \*\*\*) следы осадков

Для получения высокоточных данных вегетационных индексов в рамках научного сотрудничества привлекались сотрудники Федерального научного агроинженерного центра ВИМ. Ими использовался квадрокоптер DJI Matrice 200 v2 с установленной ГНСС L1/L2 антенной, оснащенный модифицированной камерой DJI X4S 20Mp (5472 x 3648) с трехосевым стабилизатором. Полеты осуществлялись с помощью мобильного приложения DJI Pilot. При помощи специального подвеса устанавливалась мультиспектральная камера MicaSense Altum с сенсором освещенности, имеющий встроенный GPS приемник. Использовался мультичастотный GNSS приемник EMLID Reach RS2. Подключение происходило к базовой станции «OREL» в Орловской области, расположенной на расстоянии менее 20 км [4].

Состояние озимых весной после перезимовки оценивали по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989 г.) в пятибалльной системе: 5 баллов – изреживание незаметно; 4 балла – сохранилось не менее 70...80% растений; 3 балла – сохранилось около 50% растений; 2 балла – сохранилось менее 50% растений; 1 балл – сохранилось 15-20% растений. Сплошную гибель растений оценивают баллом 0.

**Результаты и обсуждения**

Для проверки объективности оценки различными вегетационными индексами перезимовки озимых культур и выявления зимостойких сортообразцов в конкурсном испытании озимой пшеницы (посев – 12.10.2022 г.) осенью и весной были продолжены работы по оценке метода контроля перезимовки озимых культур, на малых площадях (7,5 кв.м. площадь делянки). Особенностью состояния посевов было то, что посева кустились весной (15.03.2023 г. – сход снега, 24.03.2023 г. – возобновление весенней вегетации). Были проведены осенние (8 ноября 2022 г.) и весенние (18 апреля 2023 г.) съемки мультиспектральной камерой в синем (Blue), зеленом (Green), красном (Red), ближнем

красном (RedEdge) и инфракрасном диапазоне (NIR). В эксперименте участвовало 130 делянок озимой пшеницы, из них 5 делянок одного сорта озимой твердой, остальные озимые мягкие (39 сортообразцов и селекционных линий, рис. 1). Ранее в эксперименте участвовал только вегетационный индекс NDVI, в этом году анализ был расширен дополнительными вегетационными индексами. Оценка весеннего состояния посевов традиционной визуальной балльной оценкой специалистами была проведена 19 апреля 2023 года [4].

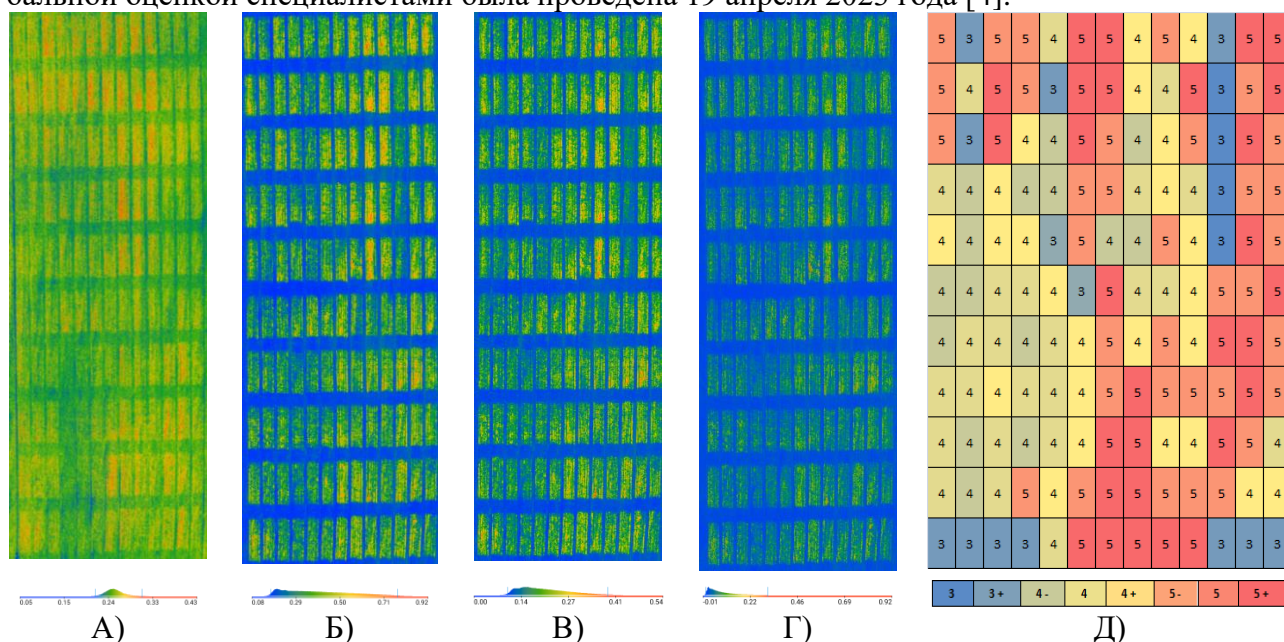


Рис. 1. Ортофотопланы показателей индексов: NDVI, осень (А, 9.11.2022), весна (Б, 18.04.2023), NDRE (В, 18.04.2023), ClGreen (Г, 18.04.2023) и балльной оценки специалиста (Д, 19.04.2023)

Результаты 2023 года, как и результаты предыдущих лет [4, 5], показали высокую корреляционную связь традиционной балльной оценки специалистом и показателей весенних вегетационных индексов (от 0,62 до 0,83), полученных с дрона. В тоже время подобной корреляционной связи на уровне осенних вегетационных индексов и весенней балльной оценкой перезимовки не прослеживается (от 0,2 до 0,5) в исследуемых образцах (табл. 2).

Таблица 2

**Коэффициенты корреляции вегетационных индексов перезимовки озимой мягкой пшеницей с весенней балльной оценкой, 2021...2023 гг.**

Вегетационный индекс	Срок получения данных по вегетационным индексам посевов				
	2021г. (весна)	2021 г. (осень)	2022 г. (весна)	2022 г. (осень)	2023 г. (весна)
NDVI	0,696	0,468	0,814	0,257	0,624
NDRE	0,722	0,498	0,830	0,576	0,680
ClGreen	0,736	0,498	0,785	0,306	0,332
Количество исследуемых делянок	180	120		130	

Анализируя уровень корреляционной связи по годам отмечается, что сильная корреляция балльной оценки перезимовки просматривается на всех весенних вегетационных индексах и не отмечается в осенних данных. Снижение весенних корреляционных связей в 2023 г обусловлено поздним сроком посева в 2022 году, в отличие от предыдущих лет исследований. Посевы озимых характеризовались уходом в зимний период на фазе шильца (фаза третьего листа, рис. 2). Можно также отметить стабильность проявления по годам корреляционных связей традиционной балльной оценки с показаниями весенних

вегетационных индексов у NDVI и NDRE и менее стабильно у CIGreen. В тоже время более слабая прямая зависимость между весенней балльной оценкой перезимовки и осенними показателями вегетационных индексов у NDVI отмечают этот индекс, как более объективный для практического использования.

Данные вегетационных индексов позволяют провести объективную статистическую обработку полученных результатов на выявление значимых отклонений в перезимовке исследуемых сортообразцов (табл. 3).

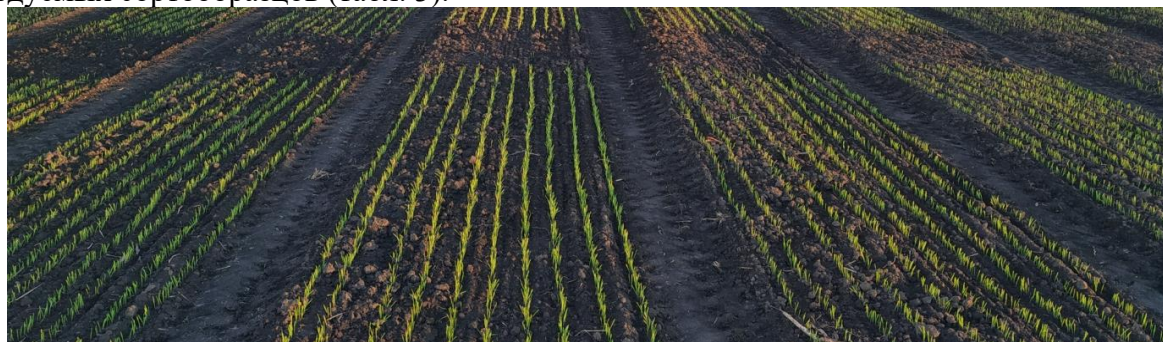


Рис. 2. Общий вид растений озимой мягкой пшеницы перед уходом в зиму, 14.11.2022 г.

Таблица 3

**Результаты дисперсионного анализа по перезимовке сортообразцов озимой мягкой пшеницы по показателям вегетационного индекса NDVI, 2023 г.**

№	Вариант / линия	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	Тимирязевская Юбилейная	4	0,35768	0,00025	0,01592	0,00796	2,23
2	Скипетр (ст.)	4	0,32765	0,00044	0,02099	0,01050	3,20
3	Киев8хФрид	4	0,32440	0,00010	0,01014	0,00507	1,56
4	Памяти Каткова	4	0,31267	0,00017	0,01310	0,00655	2,09
5	Московская 27	4	0,38227	0,00057	0,02391	0,01195	3,13
6	Зуша	4	0,32695	0,00012	0,01097	0,00549	1,68
7	(ЛхФ17)Ф17	4	0,34620	0,00071	0,02656	0,01328	3,84
8	Отб4хФ17	4	0,29708	0,00013	0,01135	0,00568	1,91
9	Лютесценс №22	4	0,31410	0,00013	0,01143	0,00572	1,82
10	Лебединая 17	4	0,37508	0,00043	0,02083	0,01041	2,78
11	Лютесценс №132-15	4	0,33865	0,00006	0,00764	0,00382	1,13
12	Лютесценс №141	4	0,39910	0,00028	0,01663	0,00831	2,08
13	Л.Шатенка	4	0,43503	0,00008	0,00894	0,00447	1,03
14	Л.Блондинка	4	0,44070	0,00106	0,03252	0,01626	3,69
15	Мильтурум Ф17А71	4	0,36018	0,00035	0,01882	0,00941	2,61
16	Победа77(оз. тв. пшеница)	4	0,31610	0,00098	0,03134	0,01567	4,96
17	Мультирум 14-4	4	0,40215	0,00030	0,01720	0,00860	2,14
18	Тимирязевская Юбилейная 1	4	0,40270	0,00086	0,02926	0,01463	3,63
19	Тимирязевская Юбилейная 2	4	0,40315	0,00067	0,02580	0,01290	3,20
20	Тимирязевская Юбилейная 3	4	0,35998	0,00018	0,01335	0,00667	1,85
ПО ОПЫТУ		80	0,36109	0,00203	0,04502	0,00503	1,39
Источ.вариации	Сумма кв.	Ст.сво боды	Дисперсия	Ффакт	Фтаб095.	Влияние, %	
Общее	0,1601	79				100	
Повторений	0,0023	3				1,444	
Вариантов	0,1365	19	0,0071837	19,242	1,8	85,263	
Случайное	0,0213	57	0,0003733			13,293	

Ош.ср.= 0,00967; Точ.опыта, %= 2,675; Ош. разности = 0,01362; НСР05= 0,0272  
 перезимовке стандарт (табл. 2 – выделено полужирным шрифтом).



### Заключение

Сделан вывод, что стабильная по годам корреляционная связь весенних вегетационных индексов NDVI и NDRE с балльной оценкой перезимовки специалистом, позволяет включать показания вегетационных индексов отражения в дисперсионную оценку качественной характеристики селекционных образцов озимых культур в сравнении с контролем. Такие объективные показания позволяют отбраковать неустойчивые линии и выделять образцы, достоверно превышающие стандарт по перезимовке, что невозможно проделать по субъективным балльным характеристикам.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FGZZ-2022-0011 Мониторинг селекционно-семеноводческих посевов с использованием цифровых технологий с целью повышения продуктивности новых сортов).*

### Литература

1. Малкандуева А.Х., Шамурзаев Р. И., Малкандуев Х.А. Перезимовка озимой пшеницы в зависимости от приемов возделывания в условиях вертикальной зональности КБР // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2020. – № 6(98). – С. 173-180. – DOI: 10.35330/1991-6639-2020-6-98-173-180.
2. Пивченко Д.В., Мешалкина Ю.Л., Ярославцев А.М., Тихонова М.В., Визирская М.М., Васенев И.И. Сравнительный анализ вегетационных индексов для агроэкологического мониторинга озимой пшеницы в условиях Московской области // АгроЭкоИнфо. – 2019. – №3(37). – С. 22.
3. Курбанов Р.К., Захарова Н.И., Захарова О.М., Горшков Д.М. Оценка перезимовки всходов селекционной озимой пшеницы с помощью БПЛА // Инновации в сельском хозяйстве. – 2019. – № 3(32). – С. 133-139.
4. Вилунов С.Д., Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Старикова Ж.В., Мальцев А.А. Применение вегетационных индексов в селекции озимой мягкой пшеницы. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – №3(43). – С.73-83. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-73-83
5. Kurbanov R., Zakharova N., Sidorenko V., Vilyunov S. (2022). The Use of Vegetation Indices in Comparison to Traditional Methods for Assessing Overwintering of Grain Crops in the Breeding Process. In: Hu, Z., Wang, B., Petoukhov, S., He, M. (eds) Advances in Artificial Systems for Power Engineering II. AIPe 2021. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 119. Springer, Cham. DOI 10.1007/978-3-030-97064-2\_6

### References

1. Malkandueva A.Kh., Shamurzaev R. I., Malkanduev Kh.A. Overwintering of winter wheat depending on cultivation practices under conditions of vertical zonality of KBR // *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN*. - 2020. - no. 6(98). - Pp. 173-180. - DOI 10.35330/1991-6639-2020-6-98-173-180. (In Russian)
2. Pivchenko D.V., Meshalkina Yu.L., Yaroslavtsev A.M., Tikhonova M.V., Vizirskaya M.M., Vasenev I.I. Comparative analysis of vegetation indices for agroecological monitoring of winter wheat under conditions of Moscow region // *AgroEkoInfo*. - 2019. - no. 3(37). - P. 22. (In Russian)
3. Kurbanov R.K., Zakharova N.I., Zakharova O.M., Gorshkov D.M. Assessment of overwintering of seedlings of breeding winter wheat using UAVs // *Innovatsii v sel'skom khozyaistve*. - 2019. - no. 3(32). - Pp. 133-139. (In Russian)
4. Vilyunov S.D., Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Starikova Zh.V., Mal'tsev A.A. Application of vegetation indices in winter soft wheat breeding // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. - 2022. - no. 3(43) -Pp.73-83. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-73-83 (In Russian)
5. Kurbanov R., Zakharova N., Sidorenko V., Vilyunov S. (2022). The Use of Vegetation Indices in Comparison to Traditional Methods for Assessing Overwintering of Grain Crops in the Breeding Process. In: Hu, Z., Wang, B., Petoukhov, S., He, M. (eds) Advances in Artificial Systems for Power Engineering II. AIPe 2021. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 119. Springer, Cham. DOI 10.1007/978-3-030-97064-2-6

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АГРОБИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ В ОРГАНИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**В.И. МАЗАЛОВ**, доктор сельскохозяйственных наук  
**М.Н. КУЗНЕЦОВ**, доктор сельскохозяйственных наук  
**Г.П. ЖУК**, кандидат сельскохозяйственных наук

ШАТИЛОВСКАЯ СХОС – ФИЛИАЛ ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ  
И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

*Цель исследований заключалась в разработке агrobiотехнологических приёмов, обеспечивающих получение продукции органического сельского хозяйства в условиях юго-востока Орловской области. Исследования проводили по технологии производственного опыта на поле Шатиловской СХОС, расположенной в Новодеревеньковском районе Орловской области. Опыт закладывался по схеме с выращиванием озимой пшеницы, сои и гречихи по стандартной и органической технологиям. Органическая технология включала предпосевную обработку семян гречихи, сои и пшеницы биологическими препаратами фирмы Башинком. В ходе исследований выявились основные проблемы, препятствующие массовому внедрению в сельское хозяйство технологии биологического земледелия. В первую очередь, это отсутствие научно обоснованной и экономически целесообразной технологии восполнения плодородия почвы, обостряющаяся ситуация с засорённостью полей, а также неразвитость рынка экологически чистой продукции.*

**Ключевые слова:** органическое земледелие, биологические препараты, предпосевная обработка семян, зерновые, крупяные и зернобобовые культуры.

**Для цитирования:** Мазалов В.И., Кузнецов М.Н., Жук Г.П. Использование агrobiотехнологических приёмов в органическом земледелии орловской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3(51):106-113. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-106-113

## THE USE OF AGROBIOTECHNOLOGICAL TECHNIQUES IN ORGANIC FARMING IN THE OREL REGION

**V.I. Mazalov, M.N. Kuznetsov, G.P. Zhuk**

SHATILOVO AGRICULTURAL EXPERIMENTAL STATION – BRANCH OF FSBSI  
FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

**Abstract:** *The aim of the research was to develop agro-biotechnological techniques to ensure the production of organic agriculture in the conditions of the south-east of the Orel region. The research was carried out according to the technology of production experiment on the field of Shatilovskaya agricultural farm, located in Novoderevenkovsky district of Orel region. The experiment was laid according to the scheme with cultivation of winter wheat, soybean and buckwheat under standard and organic technologies. Organic technology included pre-sowing treatment of buckwheat, soybean and wheat seeds with biological preparations of Bashinkom company. The research has revealed the main problems hindering the mass introduction of organic farming technology in agriculture. First of all, it is the lack of scientifically substantiated and economically feasible technology of soil fertility replenishment, aggravating situation with weediness of fields, as well as underdeveloped market of ecologically clean products.*

**Keywords:** organic farming, biological preparations, pre-sowing seed treatment, cereals, legumes and groat crops.

Органическое земледелие включает производство экологически чистой продукции, при производстве которой не используются минеральные удобрения и агрохимикаты, за исключением тех, которые разрешены к применению действующими в Российской Федерации национальными, межгосударственными и международными стандартами в сфере производства органической продукции [1]. Несмотря на значительные успехи сельского хозяйства в России, по объему рынка органической продукции и по ее уровню потребления на душу населения потенциал органического сельского хозяйства в РФ ещё не использован в полной мере. Однако количество хозяйств и площади земель под органическим производством устойчиво растут, в настоящее время в РФ известно 182 сертифицированных производителя органической продукции. В Орловской области органическое сельское хозяйство присутствует в производстве органических продуктов в потребительском некоммерческом кооперативе «Эко-Хутор», который применяет агробиотехнологию производства зерна гречихи, разработанную в ФНЦ зернобобовых и крупяных культур, с урожайностью 2,0 т/га. Использование агробиотехнологий предусматривает минимальное негативное воздействие на окружающую среду производителями органической продукции, повышает плодородие почв и качество продукции. Наибольшее количество применяемых агробиотехнологических приемов связано с использованием биологических препаратов, органических удобрений, сидератов, микробиологических удобрений [2-5]. В настоящее время при высокой стоимости минеральных удобрений и химических пестицидов биологические препараты и микробиологические удобрения – наиболее доступное средство повышения урожайности, и качества продукции [6-10].

**Цель исследований** – разработка агробиотехнологических приёмов, обеспечивающих получение продукции органического сельского хозяйства в условиях юго-востока Орловской области.

#### Материал и методы исследований

Исследования проводили на опытном поле Шатиловской СХОС, расположенной в Новодеревеньковском районе Орловской области. Схема посева сельскохозяйственных культур в опыте представлена в таблице 1.

Таблица 1

#### Схема севооборота производственного опыта по использованию технологии с элементами органического земледелия

№ п/п	Годы	Севооборот по культурам			
1	2021	Пар черный	Пшеница озимая	Соя	Гречиха
2	2022	Пшеница озимая	Соя	Гречиха	Пар черный
3	2023	Соя	Гречиха	Пар черный	Пшеница озимая

Почва опытного участка – выщелоченный тяжелосуглинистый, среднемощный чернозем (табл. 2).

Органическая технология включала предпосевную обработку семян гречихи, сои и пшеницы биологическими препаратами фирмы Башинком. Семена озимой пшеницы сорта Валторна обрабатывались Фитоспорином М, Ж 1 л/т, Бионекс Кеми 0,5 кг/т, Борогумом М комплексным 0,2 л/т и Биополистимом 0,5 л/т. Семена сои сорта Шатиловская 17 были обработаны препаратами Ризобаш 2 л/т, Борогум Мо 0,5 л/т, Биополистим 0,3 л/т. Семена гречихи сорта Девятка обрабатывались Фитоспорином М,Ж 1 л/т, Борогумом М комплексным 0,5 л/т, Биополистимом 0,5 л/т.

Таблица 2

**Агрохимическая характеристика почвы опытных участков (2021 г.)**

Показатели	Среднее значение	Пределы варьирования
Гумус, %	6,64 %	6,90...6,27
pH <sub>KCl</sub>	5,33	5,03...5,59
Гидролитическая кислотность,	4,65 ммоль/100 г	5,37...3,79
Сумма поглощённых оснований,	42,92 ммоль/100 г	46,56...41,71
K <sub>2</sub> O	98,86 мг/кг	206,88...55,51
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	80,61 мг/кг	163,62...49,76
Сера	3,67 мг/кг	7,60...1,77
Бор	1,87 мг/кг	2,09...1,67
Медь	0,19 мг/кг	0,24...0,15
Марганец	14,2 мг/кг	15,2...13,1
Цинк	0,34 мг/кг	0,41...0,28
Свинец	0,61 мг/кг	0,79...0,38
Кадмий	0,042 мг/кг	0,056...0,032

В течение сезонов вегетации 2021 – 2023 гг. распространение и развитие типичных для указанных культур болезней и вредителей не достигало ЭПВ, поэтому защитных обработок не потребовалось. Проведению листовых подкормок в соответствующие фенофазы растений препятствовало выпадение осадков и нарастающее количество в посевах сорняков. Таким образом, применение биологических препаратов ограничилось лишь обработкой семян.

Отбор почвенных образцов для анализа был выполнен специалистами ФГБУ «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии Верховский». В течение 2021 – 2023 гг. на участке поля проводилась поверхностная обработка почвы (культивация на глубину 10 см.), посев своими семенами урожая предыдущего года, площадь посева варьировалась от 4 до 6 га. Ежегодно проводились фенологические наблюдения, учёты состава и распространения болезней, вредителей и сорняков. Урожайность культур определялась сноповым анализом, в качестве стандарта использовались те же сорта, выращенные по традиционной технологии на делянках того же поля.

**Результаты исследований**

Первоочередное внимание было уделено состоянию почвы участка. Почвы участка подготовки к биологическому земледелию представлены выщелоченным чернозёмом с тяжелосуглинистой структурой. На площади посева наличие в составе сорняков хвоща указывало на её закислённость, что препятствует эффективной деятельности ризобиальных бактерий.

Из таблицы 2 следует, что участок имел значительный потенциал плодородия, реализации которого препятствует закисленность почвы. Широкие пределы варьирования показателей указывают на недостаточную выровненность качества почвы, что может быть исправлено механическими обработками поля. Превышения по содержанию тяжёлых металлов (медь, цинк, свинец, кадмий) не обнаружено; микроэлементы присутствуют в достаточном количестве, за исключением цинка, низкое содержание которого неблагоприятно для возделывания гречихи.

В настоящее время все обследованные участки поля (табл.3) относятся к кислым, что существенно снижает эффективность работы местной популяции азотфиксирующих бактерий. В результате дефицит азота препятствует нормальному росту и развитию посевов.

Таблица 3

**Влияние стандартной и органической технологий на агрохимические показатели почв опытных участков, 2023 г.**

Культуры	рН	Гидролитич. кислотность (моль/100 г.)	Оптимальный рН	Содержание элементов (мг/кг)		
				фосфор	калий	сера
<b>Стандартная</b>						
Пар	5,40	3,79	6,5...7,1	184,38	119,30	7,66
<b>Органическая</b>						
Соя	5,33	3,71	6,5...7,1	115,33	73,57	3,58
Гречиха	5,33	4,05	4,7...7,5	107,76	51,00	2,64
Пшеница	5,04	5,25	6,0...7,5	77,83	89,67	5,67

В зоне стандартной технологии возделывания культур азот, фосфор, калий, сера вносятся в почву с минеральными удобрениями, так восполняется вынос элементов питания с урожаем и содержание их в пределах нормы (P – 150...200, S – 6...12), или немного ниже (K – 130...200). На участке органического земледелия вынос элементов питания из почвы с урожаем не возмещается ничем и за 3 года землепользования образовался выраженный дефицит по каждому из них.

Без ежегодного внесения существенных доз органических удобрений и раскисления, вместо ожидаемого улучшения состояния почвы на участке органического земледелия наблюдается её истощение.

Сравнительные данные об урожайности озимой пшеницы, сои и гречихи за 3 года опыта представлены в таблице 4. Естественно, при стандартной технологии возделывания культур эти показатели были ежегодно выше и разница в них неуклонно возрастала.

Таблица 4

**Урожайность озимой пшеницы, сои и гречихи, выращенных по стандартной технологии и с элементами органического земледелия, (ц/га)**

Культура, сорт	Технология выращивания						
	Стандартная			С элементами органической технологии			+ 1 га
	2021	2022	2023	2021	2022	2023	
Пшеница озимая Валторна	-	65,00	41,2	-	43,00	23,33	-
Соя Шатиловская 17	33,00	19,50	16,00	8,40	17,90	1,20	12,20
Гречиха Девятка	15,00	9,00	8,00	7,10	7,20	2,20	7,10

Как видно из представленных данных, урожайность культур в 2023 году различалась особенно сильно. Причинами можно назвать и тяжёлые условия зимовки 2022 -2023 гг. и весенней вегетации для пшеницы Валторна, и высокий уровень засорённости посевов сои Шатиловская 17 и гречихи Девятка на участке органического земледелия. Но основной причиной является истощение почвы на 16 га севооборота. Так на добавленных к посеву сои и гречихи гектарах (+1 га) в течение 2021 и 2022 гг. выноса элементов питания не было, там был чёрный пар. И урожай здесь немногим меньше, чем при стандартной технологии (12,2 и 7,1 ц/га соответственно).

В 2023 году к посеву каждой культуры присоединены по 1 га прилегающей площади поля, в 2021-2022 гг. находившейся под чёрным паром. Для посева были использованы «переходные» семена урожая 2022 г., полученные на экспериментальном участке и пригодные для выращивания экологически чистого урожая. Перед уборкой были отобраны снопы культур с 1 м<sup>2</sup> площади 4 га и +1 га посева (рис. 1, 2).



*Рис. 1. Снопы сои Шатиловская 17, отобранные перед уборкой с 1 м<sup>2</sup> посева на 1 га (слева) и 4 га (справа) участка органического земледелия*



*Рис. 2. Снопы гречихи Девятка, отобранные перед уборкой с 1 м<sup>2</sup> посева на 1 га (слева) и 4 га (справа) участка органического земледелия*

В 2022 году выполнен экономический анализ эффективности биологического земледелия на Шатиловской СХОС. Урожайность гречихи, сои и озимой пшеницы по стандартной технологии была выше соответственно на 1,8; 1,6; 22 ц/га по сравнению с органическим земледелием (табл. 5). Но в то же время увеличились и затраты на производство данных с/х культур при стандартном возделывании с применением пестицидов, химических удобрений, которые составили по культурам от 7875 руб. до 15708 руб. на 1 га. При использовании технологии органического земледелия, за счёт более высокой цены на экологически чистую продукцию, получаем прибыль при возделывании гречихи, сои и озимой пшеницы соответственно 12331,0; 48457,0 и 53629,0 рублей с одного гектара.

Таблица 5

**Структура затрат и экономическая оценка технологий (на 1 га)**

Культура, сорт	Доп. затраты, (руб/га)		Урожайно сть, (ц/га)		Рыночная цена, (руб/т)		Выручка, (руб)		Доход, (руб)		Экономи ч. эф-ть органич. земледел ия (руб/га)
	Стандарт.	Органич.	Стандарт	Органич.	Стандарт	Органич	Стандарт	Органич.	Стандарт	Органика	
Пшеница озимая Валторна	15708	179,0	65,0	43,0	12000	27000	78000	116100	62292	115921	+53629
Соя Шатиловская 17	15336	179,0	19,5	17,9	38000	60000	74100	107400	58764	107221	+48457
Гречиха Девятка	7875	44,0	9,0	7,2	35000	50000	31500	36000	23625	35956	+12331
Суммарно											+117417

Дополнительные затраты на 1 га стандартной технологии включают стоимость минеральных удобрений и пестицидов использованных при выращивании пшеницы, сои и гречихи:

**Озимая пшеница** (Азофоска 2,5 ц/га) – 7875 руб.;

- аммиачная селитра (2,5 цн/га) – 5125 руб.;
- гербицид Пришанс (0,5 л/га) – 508 руб.;
- фунгицид Комфорт, КС (0,5 л/га) – 550 руб.;
- инсектицид ФИ-68, КЭ (1,5 л/га) – 1650 руб.;

Всего 15708 руб.

**Соя** (Азофоска 2,5 цн/га) – 7875 руб.;

- аммиачная селитра (2,5 цн/га) – 5125 руб.;
- гербицид Имазошанс (1 л/га) – 2336 руб.;

Всего 15336 руб.

**Гречиха** (Азофоска 2,5 цн/га) – 7875 руб.

Рыночные цены на полученную органическую продукцию взяты на торговых площадках Зерно Он-Лайн и Алтай Крупа. РФ 19.12.22 г.

Экономическая эффективность стандартного земледелия в большой мере зависит от цен на минеральные удобрения и химические пестициды, ежегодно снижаясь с ростом цен на них. Для органического земледелия факторами, определяющими экономическую эффективность, являются высокие цены на продукцию и наличие рынка её сбыта.

Таким образом, в ходе исследований выявились основные проблемы, препятствующие массовому внедрению в сельское хозяйство технологии биологического земледелия. В первую очередь, это неизбежное снижение плодородия почвы в связи с выносом питательных элементов с урожаем. Немногочисленные листовые подкормки, рекомендованные в уже предложенных технологиях, эту проблему не решают, а усиленное внесение биологических удобрений существенно уменьшит разницу в затратах на выращивание традиционной и экологически чистой продукции. Экономический эффект биологического земледелия также снизится.

Кроме того, при этом обостряется ситуация с нарастающей засорённостью полей. Уже сегодня на сайте «Культиватор» находим: «В некоторых случаях вопрос засорённости решается заменой одной культуры на другую, а также дополнительными механическими обработками посевов и междурядий пропашных. При этом вспашка является нежелательным приёмом, она не соответствует принципу органического земледелия – сохранение покрова и структуры грунта. Но при высокой степени засорённости с преобладанием корнеотпрысковых и корневищных сорняков она может быть применена». Для ЦЧР допускается отвальная вспашка 1 раз в 3 – 4 года на тяжёлых почвах с высоким уровнем

засорённости, после внесения навоза, при повторном посеве на площади зерновых колосовых. При правильном севообороте – безотвальная обработка почвы [11]. Однако, какую структуру мы так сохраняем, если по почве постоянно ходит колесная техника с целью борьбы с сорняками?

Какой севооборот следует считать правильным? На сайте «ГлавАгроном» для хозяйств органического земледелия рекомендуется севооборот, в котором бобовые (кроме сои) составляют не менее 20%, а покровные культуры занимают до 50% посевных площадей. Около 70% хозяйства должны занимать необрабатываемые площади – луга и лесопосадки. Остаётся открытым вопрос, насколько рентабельным будет такое хозяйство.

#### **Заключение**

По результатам наших исследований следует сделать вывод, что чёрный пар в севообороте должен быть заменён на сидеральный, с использованием в качестве сидерата люпина как культуры, выдерживающей закисление почвы и, как имеющий стержневой корень, проникающий на значительную глубину, разрыхляя почву и доставляя питательные вещества в зону поверхностного слоя.

Урожайность гречихи, сои и озимой пшеницы при стандартной технологии была выше по сравнению с органическим земледелием. Но в то же время существенно выше были и затраты на производство данных сельскохозяйственных культур с применением пестицидов, химических удобрений.

При использовании технологии органического земледелия, за счёт более высокой цены на экологически чистую продукцию, получаем более высокую прибыль по гречихе, сое и озимой пшенице по сравнению со стандартной технологией.

Основным фактором, снижающим урожайность культур на экологически чистом участке поля, является истощение почвы из-за не восполненного выноса с урожаем элементов питания.

Для продолжения экспериментов по разработке технологии биологического земледелия необходимо раскисление почвы полей, что позволит активизировать работу местной популяции азотфиксирующих ризобияльных бактерий.

#### **Литература**

1. Стратегия развития производства органической продукции в Российской Федерации до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 4 июля 2023 г. № 1788-р.
2. Нугманова Т.А. Значение и эффективность микробиологических препаратов для производства органических продуктов питания. – Москва, – 2022. – 268 с
3. Тихонович И.А., Кожемяков А.П., Чеботарь В.К. Биопрепараты в сельском хозяйстве. (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве). – М.: Россельхозакадемия, – 2005. – 154 с.
4. Мистратова Н.А., Ступницкий Д.Н., Яшин С.Е. Органическое земледелие в России // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 11. – С. 100-107.
5. Ползиков Д.А., Скубачевская Н.Д., Алещенко В.В. Проблемы и возможности развития органического земледелия в Сибири // Проблемы прогнозирования. 2023. № 3 (198). С. 90-105. DOI: 10.47711/0868-6351-198-90-105.
6. Шпанев А.М., Денисюк Е.С. Эффективность микробиологических препаратов на основе *Bacillus subtilis* и *Trichoderma harzianum* в защите ярового ячменя от болезней на Северо-Западе России. Биотехнология. – 2020. Т. – 36 – № 1. – С. 61-72.
7. Платонов А.В., Рассохина И.И., Коткова Д.Н., Сухарева Л.В., Большаков В.Н. Влияние микробиологических препаратов на ростовые процессы ячменя. Актуальная биотехнология. – 2019; – № (3):287-288. DOI:10.20914/2304-4691-2019-3-287-288.
8. Кененбаев С.Б. Роль биологических средств в органическом земледелии // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2020. – Т. 50. – № 3. – С. 103-110. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-3-11



9. Алексеев К.И., Ставцев А.Н., Силко Е.А., Хашир Б.О. Органические удобрения как один из основных факторов роста производства органической продукции // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2022. – № 4. – С. 65-73. DOI: 10.33938/224-65
10. Султанов Ф.С., Разина А.А., Габдрахимов О.Б.. Эффективность предпосевной обработки семян новых сортов яровой пшеницы биологическими препаратами и химическими протравителями // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35. – № 3. – С. 33-38. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10306
11. Перечень средств производства для применения в системе органического и биологизированного земледелия на основе международных стандартов органического сельского хозяйства // Союз органического земледелия. – 2021, – 73 с.

#### References

1. Strategy for the development of organic production in the Russian Federation until 2030. Approved by the Order of the Government of the Russian Federation of July 4, 2023 № 1788-r.
2. Nugmanova T.A. Importance and efficiency of microbiological preparations for organic food production, Moscow, 2022, 268 p.
3. Tikhonovich I.A., Kozhemyakov A.P., Chebotar' V.K. Biological preparations in agriculture. (Methodology and practice of microorganisms application in crop and fodder production), Moscow, Rossel'khozakademiya, 2005, 154 p.
4. Mistratova N.A., Stupnitskii D.N., Yashin S.E. Organic farming in Russia // *Vestnik KrasGAU*, 2021, no. 11, pp. 100-107.
5. Polzikov D.A., Skubachevskaya N.D., Aleshchenko V.V. Problems and opportunities for the development of organic farming in Siberia // *Problemy prognozirovaniya*, 2023, no. 3 (198), pp. 90-105. DOI: 10.47711/0868-6351-198-90-105.
6. Shpanev A.M., Denisyuk E.S. Effectiveness of microbiological preparations based on *Bacillus subtilis* and *Trichoderma harzianum* in protecting spring barley from diseases in the North-West of Russia. *Biotekhnologiya*, 2020, Vol. 36, no. 1, pp. 61-72.
7. Platonov A.V., Rassokhina I.I., Kotkova D.N., Sukhareva L.V., Bol'shakov V.N. Effect of microbiological preparations on growth processes of barley. *Actual biotechnology*. 2019;(3):287-288. DOI:10.20914/2304-4691-2019-3-287-288.
8. Kenenbaev S. B. The role of biological inputs in organic farming // *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2020, Vol. 50, no. 3, pp. 103-110. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-3-11
9. Alekseev K.I., Stavtsev A.N., Silko E.A., Khashir B.O. Organic fertilizers as one of the main factors of organic production growth // *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom khozyaistve*, 2022, no. 4, pp. 65-73. DOI: 10.33938/224-65
10. Sultanov F. S., Razina A. A., Gabdrakhimov O. B. Effectiveness of pre-sowing seed treatment of new varieties of spring wheat with biological preparations and chemical dressing agents // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2021, Vol. 35, no.3, pp. 33-38. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10306
11. List of inputs for use in the system of organic and biological farming on the basis of international standards of organic agriculture // Union of Organic Farming. 2021, 73 p.

## МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО ФЕДЕРАЛЬНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

**А.А. ПОЛУХИН**, доктор экономических наук, профессор РАН,  
ORCID ID: 0000-0002-6652-1031, E-mail: dirzbc@yandex.ru

**В.И. ЗОТИКОВ**, член-корреспондент РАН, ORCID ID: 0000-0001-5713-7444

**В.И. ПАНАРИНА**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
ORCID ID: 0000-0002-8038-343X, E-mail: ver1183@yandex.ru

**Н.В. ГРЯДУНОВА**, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0009-0002-9390-0464,  
E-mail: gryadunova.zbk@yandex.ru

**С.А. СТЕФАНИНА**, ведущий специалист, ORCID ID: 0009-0006-8767-3452

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

***Аннотация.** В статье представлена информация о научно-техническом сотрудничестве Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур с учреждениями и организациями Китайской Народной Республики и посвящена 90 – летию Северо-Западного сельскохозяйственного университета, который внёс значительный вклад в модернизацию сельского хозяйства Китая и научные исследования. В настоящее время университет сотрудничает более чем с 50 университетами и исследовательскими институтами из США, России, Японии, Австралии и т.д.*

***Ключевые слова:** международное сотрудничество, соглашение, договор, протокол, мероприятие, семинар, конференция.*

***Для цитирования:** Полухин А.А., Зотиков В.И., Панарина В.И., Грядунова Н.В., Стефанина С.А. Международное сотрудничество Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3(51):114-126. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-114-126*

## INTERNATIONAL COOPERATION OF THE FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

**A.A. Polukhin, V.I. Zotikov, V.I. Panarina, N.V. Gryadunova, S.A. Stefanina**

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

***Abstract:** The article presents information about scientific and technical cooperation of Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops with institutions and organizations of the People's Republic of China and is devoted to the 90th anniversary of the founding of Northwest A&F University, which has made a significant contribution to the modernization of Chinese agriculture and scientific research. Currently, the university cooperates with more than 50 universities and research institutes from USA, Russia, Japan, Australia, etc.*

***Keywords:** international cooperation, agreement, treaty, protocol, event, seminar, conference.*

Уровень научно-технического прогресса по вопросам селекции зернобобовых и крупяных культур вызывает значительный интерес не только в России, но и за рубежом, открывает широкие перспективы для международного сотрудничества.

На протяжении всей своей истории ФНЦ зернобобовых и крупяных культур как главный научно-методический и исследовательский центр по зернобобовым и крупяным культурам в России привлекает внимание учёных научно-исследовательских учреждений

разных стран своими научными школами, высококвалифицированными специалистами и результатами исследований. Центр поддерживает и развивает международное научно-техническое сотрудничество в рамках двухсторонних договоров, проектов, соглашений по совместному проведению исследований, обмену научной информацией и селекционными материалами, взаимному участию в международных мероприятиях с учреждениями стран СНГ – Казахстаном, Белоруссией, стран дальнего зарубежья – Китая, Японии, Чехии, Швейцарии, Германии, Франции.

В настоящее время по международному сотрудничеству подписаны ряд протоколов, в соответствии с которыми ведущие учёные Центра выезжают по приглашениям для участия в работе международных форумов, выставок, в свою очередь Центр организует и проводит с приглашением иностранных делегаций международные симпозиумы, конференции, съезды, семинары. Материалы проведенных мероприятий – доклады, статьи, научные сообщения Центр издаёт в виде отдельных научных сборников, публикует в научно-производственном журнале «Зернобобовые и крупяные культуры».

ФНЦ зернобобовых и крупяных культур является действительным членом международных организаций: Международная ассоциация исследователей гречихи – International Buckwheat Research Association (IBRA) и Международная ассоциация исследователей проса посевного – International Broomcorn Millet research Association (IBMRA).

Долголетняя многоплановая и результативная работа учёных Центра по гречихе послужила весомым аргументом для проведения в Орле в 1989 и 2010 гг. 4 – го и 11-го Международных симпозиумов по гречихе. Конкурсное право проведения симпозиума в России на базе Центра (ВНИИЗБК Россельхозакадемии) было получено в 2007 году в Китае. Так, XI Международный симпозиум по гречихе проходил под эгидой Международной ассоциации исследователей гречихи (IBRA) при поддержке Российской академии сельскохозяйственных наук, Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ № 10-04-06062-г). В нем приняли участие более 150 ученых из 19 стран мира: Японии, Китая, Индии, Кореи, Польши, Испании, Италии, США, Финляндии, Чешской республики, Германии, Украины, Белоруссии.



*Президиум 11-го Международного симпозиума по гречихе, 2010 г. (Орёл)*

Во время работы Симпозиума были заслушаны научные доклады, посвящённые широкому кругу вопросов: эволюции, распространению, биологии, селекции,

биотехнологии, сбору и сохранению генетических ресурсов культурной и диких видов гречихи. В ходе дискуссий было отмечено, что российскими учеными за последние годы усилены исследования по теоретической разработке и селекционному использованию генетических систем гречихи, управляющих развитием основных хозяйственно ценных признаков, разработаны новые методы количественной оценки и анализа изменчивости признаков. Центром подготовлены и опубликованы материалы симпозиума «Селекционные достижения по гречихе» на 744 страницах на английском языке.

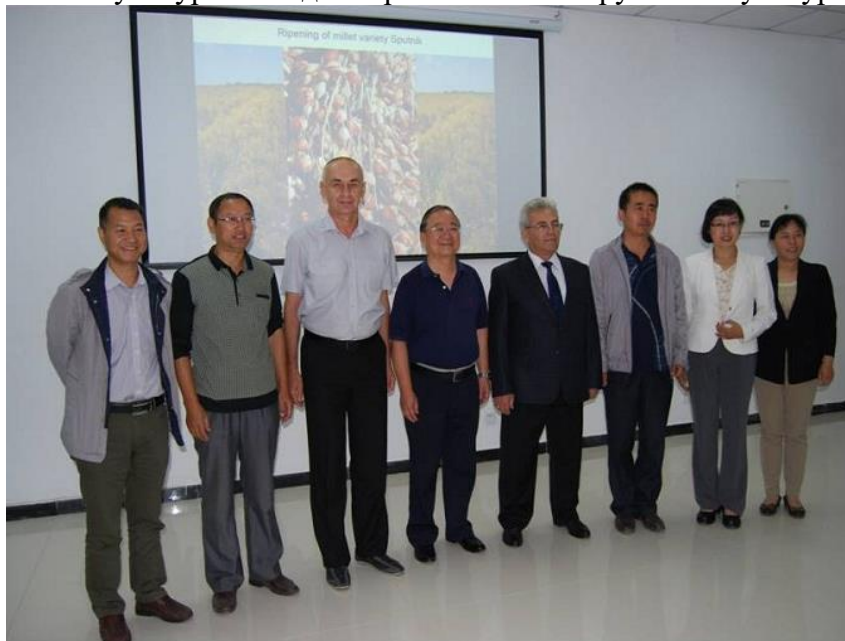


*Участники 11-го Международного симпозиума по гречихе, 2010 г. (Орёл)*

Подводя итоги XI симпозиума Международный комитет принял решение, о проведении следующего – XII Международного симпозиума по гречихе в г. Любляне (Словения) в 2013 году. **Новым президентом Международной ассоциации исследователей гречихи (IBRA) до 2013 года был избран доктор сельскохозяйственных наук, профессор Владимир Иванович Зотиков – директор ВНИИ зернобобовых и крупяных культур Россельхозакадемии, заведующий кафедрой биологических основ современных агротехнологий и кормопроизводства ФГОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет».**

В рамках Договора о научно-техническом сотрудничестве с Северо-Западным Аграрным Университетом Китая (г. Янглинь), который действует с 2008 г. делегация ВНИИЗБК в составе директора института Зотикова В.И., руководителя селекционного центра Сидоренко В.С., зав. лабораторией генетики и биотехнологии Суворовой Г.Н. в период с 21 по 30 сентября 2015 г. с рабочей поездкой посетила научные учреждения по сельскому хозяйству провинций Шаанкси и Ганзу Китайской Народной Республики. Встречавший российскую делегацию профессор Фэн Бейли познакомил с научной работой в области растениеводства и селекции по крупяным культурам. Во время визита члены делегации выступили с лекциями и докладами. Так, лекция профессора В.И. Зотикова в Северо-Западном Аграрном Университете перед студентами, аспирантами и преподавателями агрономического факультета была посвящена развитию производства гречихи и проса в России. Так же 25 сентября делегация института приняла участие в Международной конференции по крупяным культурам, проводимой Сельскохозяйственной академией провинции Ганзу. С докладом выступил профессор В.И. Зотиков. Руководитель селекционного центра Сидоренко В.С. в своем выступлении отметил селекционные достижения по просу и просовидным культурам, чумизе, могару, пайзе, просу жемчужному и остановился на проблемах выращивания этих культур. В сообщении зав. лабораторией Суворовой Г.Н. были показаны филогенетические взаимоотношения между сортами гречихи российского и китайского происхождения. Выступали также профессор Chai Yan, президент Тан, сотрудники Академии и сельхозпроизводители гречихи, проса и чумизы. Знакомство с

деятельностью сортоиспытательной станции в г. Ping-Liang, входящей в состав Сельскохозяйственной академии провинции Ганзу, позволило выяснить ряд вопросов, связанных с государственной системой сортоиспытания малораспространенных культур, включая большинство культурных видов зернобобовых и крупяных культур.



*Зотиков В.И. и Сидоренко В.С. с профессором Chai Yan (в центре) и преподавателями факультета агрономии, 2015 г. (КНР)*

Во время рабочей поездки делегация посетила предприятия по производству муки, гречишного чая, продуктов переработки муки пшеницы, овса, гречихи в городе Huining провинции Gansu. Отмечен высокий уровень технологий получения продуктов переработки. Директор фабрики дал обед в честь российской научной делегации. В этот же день была дискуссия в музее Академии сельскохозяйственных наук провинции Gansu в городе Lanzhou. Китайских ученых заинтересовали научные работы по зернобобовым и другим культурам нашего института. На заключительном совещании с партнерами Агрономического колледжа Northwest A&F University с китайской стороны присутствовали профессора Chai Yan, Feng Baili, Wang Pengke, Gao Xiaoli.



*Посещение музея Академии сельскохозяйственных наук провинции Gansu в городе Lanzhou делегацией ВНИИ ЗБК, 2015 г. (КНР)*

В результате командировки заключен новый Договор о научно-техническом сотрудничестве с Северо-Западным Аграрным Университетом Китая (г. Янглинь), осуществлен обмен информацией по направлениям исследований китайских ученых и ВНИИ зернобобовых и крупяных культур. Согласованы планы совместных исследований и организационных мероприятий по развитию исследований по просу и гречихе на перспективу, намечены пути сохранения генетических ресурсов и расширения ареала малораспространенных зернобобовых и крупяных культур.



*Делегация ВНИИ ЗБК на полях станции Пиньян с сотрудниками, 2015 г. (КНР)*

С целью заключения договоров о научно-техническом сотрудничестве ВНИИ зернобобовых и крупяных культур с Отделом Международного сотрудничества и Институтом растениеводства Ляонинской академии сельскохозяйственных наук делегация ученых ВНИИЗБК в составе заведующего лабораторией селекции зернобобовых культур Задорина А.М. и ведущего научного сотрудника лаборатории генетики и биотехнологии Фесенко И.Н. в период с 26 октября по 3 ноября 2015 г. посетила Академию сельскохозяйственных наук провинции Ляонин, г. Шеньян. Под ведомством Ляонинской академии сельскохозяйственных наук находится 22 научно-исследовательских института, включая центры, 15 из которых находятся в г. Шеньяне и 7 в других городах провинции.

Члены делегации в ходе визита были ознакомлены с работой отдела международных отношений, который осуществляет сотрудничество с более 20 странами мира, руководит отделом доктор наук профессор Чжао Няньли. Директор института кукурузы доктор Вонг Янбо рассказал о приоритетных направлениях работы с одной из важнейших культур как для Ляонинской провинции, так и для всего Китая. Им же была проведена демонстрация производственного цеха по сушке, сортировке и протравливанию семян кукурузы. В Институте растениеводства было проведено расширенное заседание ученого совета, на котором присутствовали ученые институтов и центров Ляонинской академии сельскохозяйственных наук. Задорин Александр Михайлович на учёном совете выступил с докладом «Приоритетные направления селекции зернобобовых культур», ознакомил с достижениями лаборатории по гороху, сое, фасоли, чечевице, вике, кормовым бобам. Фесенко Иван Николаевич в докладе «Генетические исследования по гречихе во ВНИИЗБК» охарактеризовал направления и результаты научной работы по отдаленной гибридизации гречихи.

С докладами так же выступили руководитель отдела международных отношений Чжоу Няньли и директор института растениеводства Сон Сун. В своих докладах выступающие рассказали об основных направлениях работы Ляонинской академии сельскохозяйственных наук и Института растениеводства. Наибольшее внимание директор института Сон Сун уделял селекции и технологии возделывания сои, кроме этого отметил такие культуры, как гречиха, горох, арахис. Члены делегации посетили центр геномной инженерии Ляонинской академии сельскохозяйственных наук. Руководитель центра профессор Лоу продемонстрировал оборудование для трансгеноза и ознакомил членов делегации с методикой получения трансгенных растений сорго. В результате командировки были заключены Договора о научно-техническом сотрудничестве ФНЦ ЗБК с Отделом Международных отношений Ляонинской академии сельскохозяйственных наук и Институтом растениеводства Ляонинской академии сельскохозяйственных наук, намечены этапы реализации заключенных договоров, согласованы планы совместных исследований и организационных мероприятий по гороху и гречихе, намечены пути сохранения генетических ресурсов и расширения ареала зернобобовых и крупяных культур.



*Члены делегации посетили центр геномной инженерии Ляонинской академии сельскохозяйственных наук, 2015 г. (КНР)*

**24 ноября 2017 года в ФНЦ ЗБК состоялся российско-китайский семинар на тему «Изучение и использование генетических ресурсов гречихи в целях создания новых высокоурожайных сортов», в котором китайскую делегацию представляли профессор Ren Changzhon, президент Байченской академии сельскохозяйственных наук провинции Цзилин, иностранный член РАН, и профессор Wang Chunlong, директор института овса в составе Байченской академии сельскохозяйственных наук.**



*Китайская делегация учёных Северо-Западного сельскохозяйственного университета Китая провинции Шэньси – участник семинара День поля 2016, посвящённого 120-ти летию Шатиловской сельскохозяйственной опытной станции, 2017 г. (Россия)*



*Знакомство китайской делегации с историей и достижениями ВНИИЗБК, 2017 г. (Россия)*





*Переговоры Фесенко А.Н. и Фесенко И.Н. по научному сотрудничеству с китайскими коллегами в области селекции гречихи, 2017 г. (Россия)*

**В 2017 году** делегация ученых ВНИИЗБК в составе зав. лаб. генетики и биотехнологии Г.Н. Суворовой и ведущего научного сотрудника А.Г. Васильчикова приняла участие в Семинаре по зерновым бобовым, проводимым Институтом пищевых культур Сельскохозяйственной академии провинции Юннань в г. Кунминь Китайской Народной Республики (12-18 ноября 2017 г.). Был представлен доклад на тему «Состояние исследований по зернобобовым культурам во ВНИИЗБК». Ученые посетили также Северо-Западный сельскохозяйственный университет провинции Шэньси, с которым ВНИИЗБК имеет давние связи.



*Сотрудники ВНИИЗБК с преподавателями Северо-Западного сельскохозяйственного университета Китая, 2017 г.*

**В июне 2019 г. проведен российско-китайский семинар «Производство и селекция крупяных культур в Российской Федерации и Китайской Народной Республике» («Production and breeding of groat crops in the Russian Federation and in the People's Republic of China»).**



*Президиум и участники Российско – Китайского семинара, 2019 г. (Россия)*



*Участники Российско – Китайского семинара, 2019 г. (Россия)*

**С 24 по 27 июня 2019 года в Китайской Народной Республике прошла Китайско-Российская конференция по развитию научно-технических инноваций и сотрудничества в области специфического сельского хозяйства, в которой приняли участие более 160 ученых, представителей власти и специалистов агропромышленного комплекса Китая и России. В состав российской делегации вошли 14 человек, в том числе академики РАН Завалин А.А., Савченко И.В., Баталова Г.А. ФНЦ зернобобовых и крупяных культур представлял ведущий научный сотрудник доктор биологических наук И.Н. Фесенко (на фото 4-ый справа).**

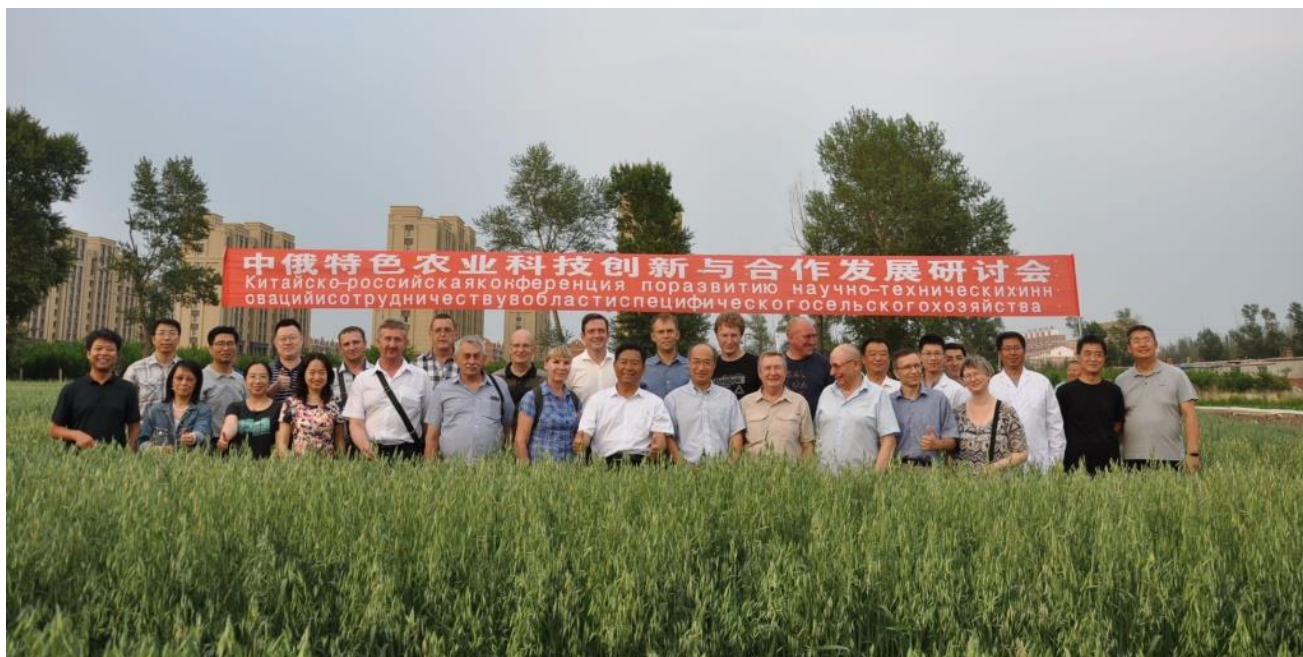


*Российская делегация на поле овса Байченской академии сельскохозяйственных наук провинции Цзилинь, 2019 г. (КНР)*

В первый день визита российская делегация посетила базу овса и озимой ржи Байченской академии сельскохозяйственных наук провинции Цзилинь, расположенную в г. Алшань провинции Внутренняя Монголия. 25 июня состоялась экскурсия в Выставочный зал Байченской академии сельскохозяйственных наук, где гостям представили традиционные и специфические (так в Китае называют нетрадиционные для страны зерновые культуры – овес, рожь и т.д.) зерновые культуры. Затем состоялся выезд на поля академии, где выращивают и занимаются селекцией специфических культур.

Пленарное заседание конференции по развитию научно-технических инноваций и сотрудничества в области специфического сельского хозяйства состоялось 26 июня с участием представителей селекционных центров и сельскохозяйственных научных учреждений различных провинций КНР. В рамках пленарного заседания были представлены 17 докладов российских и китайских ученых, посвященных различным сельскохозяйственным культурам. **Ведущий научный сотрудник Центра доктор биологических наук Иван Николаевич Фесенко** выступил с докладом «Silencing of dominant genes in heterozygous genotypes of interspecific hybrids *Fagopyrum esculentum* x *Fagopyrum homotropicum*: possible role of epigenetic regulation disorders in evolution of post-zygotic barriers between species».

Также прошла демонстрация продуктов переработки новых для Китая зерновых культур. В программу конференции входили научные доклады и дискуссионное обсуждение вопросов сотрудничества в научно-техническом плане, в том числе участие в селекционных программах, подписание резолюции. Также в рамках мероприятия была открыта экспериментальная база переработки пищевой продукции и трансфера научных разработок. Российские участники конференции познакомились не только с результатами полевых опытов китайских коллег, но и участвовали в экскурсионной программе с посещением семеноводческого хозяйства Байченской академии сельскохозяйственных наук провинции Цзилинь. Они отметили теплую встречу и радушие китайских коллег, высокий уровень организации. Конференция прошла в формате взаимного знакомства с перспективами дальнейшего тесного сотрудничества научных и семеноводческих учреждений двух стран.



*Участники Китайско-Российской конференции по развитию научно-технических инноваций и сотрудничества, 2019 г. (КНР)*

**В рамках Соглашения о научно-техническом сотрудничестве** по малораспространенным зерновым культурам с **Северо-Западным сельскохозяйственным Университетом Китая** (провинция Шэньси) делегация Центра в составе директора Полухина А.А. и заместителя директора по научной работе Панариной В.И. в 2022 году приняли участие в Международном молодежном форуме on-line с Северо-Западным сельскохозяйственным университетом, провинции Шэньси, (Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 10 ноября 2022 г. На конференции были представлены доклады молодых ученых из разных стран о прогрессе исследования по хлебным злакам (гречиха, просо, чумиза, горох, люпин).

**21-26 мая 2023 г. состоялся Первый Китайско-белорусский сельскохозяйственный форум по науке и инновационным технологиям.** Цель форума – позитивное реагирование на «Самаркандскую декларацию» Совета глав государств Шанхайской организации сотрудничества для создания платформы развития высшего образования, научно-технических и гуманитарных обменов в области сельского хозяйства в странах ШОС, содействие всестороннему и углубленному сотрудничеству между китайскими и белорусскими аграрными университетами и научно-исследовательскими институтами для проведения совместных научных исследований и подготовки высококвалифицированных кадров. Форум организован при поддержке целого ряда китайских, белорусских научных учреждений и **Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур.** Представители из Китая, Беларуси и России в онлайн и оффлайн форматах провели углубленный обмен мнениями в рамках семинара «Рука об руку в области научно – технического сотрудничества для продвижения инноваций в сельском хозяйстве». Делегация ФНЦ зернобобовых и крупяных культур в составе директора, д.э.н., профессора РАН Полухина А.А. и заместителя директора по научной работе, к. с.-х.н. Панариной В.И. приняли участие в данном мероприятии. С докладом на тему «Текущая ситуация с соей и гречихой на российском рынке» выступил А.А. Полухин.



*А.А. Полухин, В.И. Панарина – участники Первого Китайско-белорусского сельскохозяйственного форума по науке и инновационным технологиям, 2023 г. (КНР)*

В ходе официального визита между ФНЦ зернобобовых и крупяных культур и Северо-Западным университетом сельского и лесного хозяйства (Китай) было подписано соглашение о сотрудничестве. Представители ФНЦ ЗБК посетили Янглинский демонстрационный парк «Умное сельское хозяйство», Яньаньский сельскохозяйственный колледж, Юйлиньскую академию сельскохозяйственных наук.



*Подписание Соглашения о сотрудничестве ФНЦ зернобобовых и крупяных культур и Северо-Западного университета сельского и лесного хозяйства, 2023 г. (КНР)*

**75-я сессия Генеральной Ассамблеи ООН объявила 2023 год Международным годом проса.** В декабре 2022 года Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций (ФАО) в своей штаб-квартире в онлайн и офлайн-форматах провела церемонию открытия «Международного года проса 2023».

Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур ведет активную работу по селекции проса, просовидных культур и 3 августа 2023 г. провёл Международную

научно-практическую конференцию «Просо – как ресурс в решении проблем продовольственной безопасности России».

Соорганизаторы конференции: Северо-Западный университет сельского и лесного хозяйства (Китай), Отделение ФАО для связи с Российской Федерацией, научные учреждения НАН Беларуси – Витебский зональный институт сельского хозяйства и Гродненский зональный институт растениеводства. Участники конференции рассказали не только о современных направлениях в селекции проса и просовидных культур, но и технологиях его возделывания в различных странах мира.



*Участники Международной научно-практической конференции «Просо – как ресурс в решении проблем продовольственной безопасности России», 2023 г. (Россия)*

Таким образом, творческое взаимодействие между учеными КНР и ФНЦ ЗБК длится более 30 лет. В качестве направлений для дальнейшего сотрудничества можно рассматривать, прежде всего, научные стажировки для обмена опытом, организация и проведение совместных научных мероприятий, а также совместные исследования в области селекции, физиологии, генетики, экологическом испытании сортов зернобобовых, зерновых и крупяных культур.

УДК 633.1

## **ВЛИЯНИЕ СЕВОБОРОТА ТАТАРСКОЙ ГРЕЧИХИ, МАША И ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА УСТРАНЕНИЕ ПРЕПЯТСТВИЙ ПРИ ЕЕ МОНОКУЛЬТУРЕ**

**ХАНЬ МЭНЖУ**, аспирант, **ЧЖАН ФЭЙФЭЙ**, магистрант, **ФЭН БАЙЛИ**, профессор  
E-mail: hanmengru@nwafu.edu.cn

СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СЕЛЬСКОГО И ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА,  
ПРОВИНЦИЯ ШЭНЬСИ, КНР

**Аннотация.** Система севооборота татарской гречихи и маша и внесение органических удобрений эффективно улучшили высоту растений, толщину стебля, индекс площади листьев и эффективность фотосинтетического поглощения радиации растениями татарской гречихи и маша, а также эффективно устранили проблемы низкорослости растений и низкой скорости поглощения световой энергии, вызванные монокультурой. Улучшается относительное содержание хлорофилла и параметры флуоресценции хлорофилла в листьях, что улучшает фотосинтетические параметры листьев татарской гречихи и маша и способствует накоплению биомассы в различных органах. Среди них относительное содержание хлорофилла и чистая скорость фотосинтеза в листьях гречихи татарской и маша при системе севооборота увеличились на 8,75%~34,18%, 9,67%~91,00% и 1,06%~32,71%, 6,90%~65,45% соответственно по сравнению с монокультурой. Таким образом, ротационный режим выращивания гречихи татарской и маша и внесение удобрений могут эффективно улучшить рост и развитие, фотосинтетические характеристики гречихи татарской и маша при монокультуре, а также эффективно устранить препятствия для монокультуры. Среди них, в режиме монокультуры, однократное внесение органических удобрений обладает наилучшим эффектом.

**Ключевые слова:** препятствие монокультуры, севооборот татарской гречихи и маша, органические удобрения, агрономические характеристики, фотосинтетические характеристики

**Для цитирования:** Хань Мэнжу, Чжан Фэйфэй, Фэн Байли. Влияние севооборота татарской гречихи, маша и внесения удобрений на устранение препятствий при ее монокультуре. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3(51):127-137. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-127-137

UDC 633.1

## **EFFECT OF TARTARY BUCKWHEAT AND MUNG BEAN CROP ROTATION AND FERTILIZER APPLICATION TO ALLEVIATE ITS CONTINUOUS CROPPING OBSTACLES**

**Mengru Han, Feifei Zhang, Baili Feng**  
E-mail: hanmengru@nwafu.edu.cn

NORTHWEST A&F UNIVERSITY, SHAANXI PROVINCE, CHINA

**Abstract:** Buckwheat-bean crop rotation system and organic fertilizer application effectively increased tartary buckwheat and mung bean plant height, stem thickness, leaf area index and canopy layer photosynthetically active radiation interception rate, effectively improving the continuous crops brought about by plant dwarfism and low photosynthetically active radiation

*interception rate; improve the relative chlorophyll content of leaves and chlorophyll fluorescence parameters, thereby improving the photosynthetic parameters of tartary buckwheat and mung bean leaves and promoting the accumulation of biomass in all organs. Among them, the relative chlorophyll content and net photosynthetic rate of tartary buckwheat and mung bean leaves increased by 8.75% to 34.18%, 9.67% to 91.00%, and 1.06% to 32.71%, 6.90% to 65.45%, respectively, compared with continuous crop under the polygonum bean rotation system. In summary, buckwheat-bean rotation system and fertilizer application can effectively improve the continuous crop of tartary buckwheat and mung bean growth and development, photosynthetic characteristics, effective mitigation of continuous cropping obstacles, which in the continuous crop pattern, the best effect of organic fertilizer alone.*

**Keywords:** continuous cropping obstacles, buckwheat-bean rotation, organic fertilizers, agronomic traits, photosynthetic characteristics.

**Введение.** Из-за постоянного сокращения площади обрабатываемых земель и недостаточного внимания к способам выращивания мелких сельскохозяйственных культур явление монокультура сельскохозяйственных растений становится все более серьезным, влияя на рост и развитие сельскохозяйственных культур и их фотосинтетические характеристики [1]. Фотосинтез является одним из основных способов получения энергии сельскохозяйственными культурами и основным источником синтеза органических веществ, который непосредственно влияет на рост и развитие сельскохозяйственных культур [2]. Поэтому изучение разумных мер по улучшению роста, развития и фотосинтетических свойств татарской гречихи и маша является ключом к решению проблем, связанных с ее монокультурой.

Система севооборота и разумное внесение удобрений могут эффективно стимулировать рост и развитие сельскохозяйственных культур, способствовать повышению плодородия и эффективно регулировать фотосинтетические характеристики растений, тем самым устраняя препятствия для монокультуры. В ходе этого исследования были изучены: монокультура татарской гречихи, монокультура маша, севооборот татарской гречихи и маша, а также 4 различные схемы распределения удобрений.

Путем сравнения изменений и различий в урожайности, агрономических характеристиках, относительном содержании хлорофилла и чистой продуктивности фотосинтеза у татарской гречихи и маша при различных режимах посадки и внесении удобрений, системе севооборота гречихи и внесения удобрений при непрерывном выращивании были изучены рост и развитие гречихи татарской и маша, а также особенности фотосинтеза.

#### **Условия и методика проведения исследований**

Сельскохозяйственные эксперименты проводились на почве после желтого хлопчатника с содержанием быстродействующего азота 35,67 мг/кг, быстродействующего фосфора 2,66 мг/кг, быстродействующего калия 95 мг/кг и pH 8,49 в сельскохозяйственном демонстрационном парке Ансе, город Яньань, провинция Шэньси, Китай (109°21'20"N, 36°48'16"E).

В эксперименте применялась схема разделения зон и основная площадь была разделена на 3 способа посева: монокультура гречихи татарской (CB), монокультура маша (CG) и севооборот маша и татарской гречихи (RG-RB). В зоне разделения существует 4 вида внесения удобрений: без внесения удобрений (CK), однократное внесение азотных и фосфорных удобрений (NP), однократное внесение органических удобрений (OF), органическое удобрение заменяет 30% удобрений (NPO). Способ внесения удобрений заключается в однократном внесении перед посевом, без подкормки. Количество удобрений для двух культур учитывается отдельно. Маш: чистый азот 60 кг/га, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 кг/га, органические удобрения 5357 кг/га. Гречиха татарская: чистый азот 75 кг/га, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 кг/га, товарное органическое удобрение 6696 кг/га.



У татарской гречихи и маша по 15 рядов в каждой ячейке, расстояние между рядами составляет 33 см, а расстояние между растениями – 10 см и 15 см соответственно. Плотность посадки составляла 300 000 растений/га и 200 000 растений/га соответственно. Татарская гречиха и маш были посеяны 25 мая и 9 июля в 2021 года, соответственно, и созрели 1 сентября и 15 октября; татарская гречиха и маш были посеяны 23 мая и 7 июля в 2022 году, соответственно и созрели 25 августа и 17 октября. Площадь опытных делянок – 30 м<sup>2</sup>. Повторность – трехкратная.

### Результаты и их обсуждение

Вес ста зерен и урожайность татарской гречихи при монокультуре и севообороте различных удобрений показаны на рисунке 1. В 2021 и 2022 годах вес ста зерен татарской гречихи монокультуры составляла 2,04-2,25 г и 2,03-2,27 г, соответственно, а внесение удобрений значительно увеличило вес на 3,95% - 9,88% и 12,17% по сравнению с СК, соответственно. Вес ста зерен севооборотной гречихи татарской в 2022 году составляет 2,25-2,65 г, что в среднем на 0,74-29,38% больше, чем при выращивании гречихи татарской в 2021 году. Урожайность гречихи татарской монокультуры в 2021 и 2022 годах составила OF>NPO>NP>СК и NPO>OF>NP>СК соответственно. После каждой обработки урожайность увеличилась на 13,59% и 79,05% (NP), 45,19% и 89,05% (OF), 28,84% и 100,48% (NPO) по сравнению с СК, соответственно. Из этого видно, что в режиме монокультуры внесение удобрений может значительно увеличить вес ста зерен и урожайность татарской гречихи. В 2021 году производительность будет самой большой в OF, а в 2022 году производительность будет самой большой в NPO.

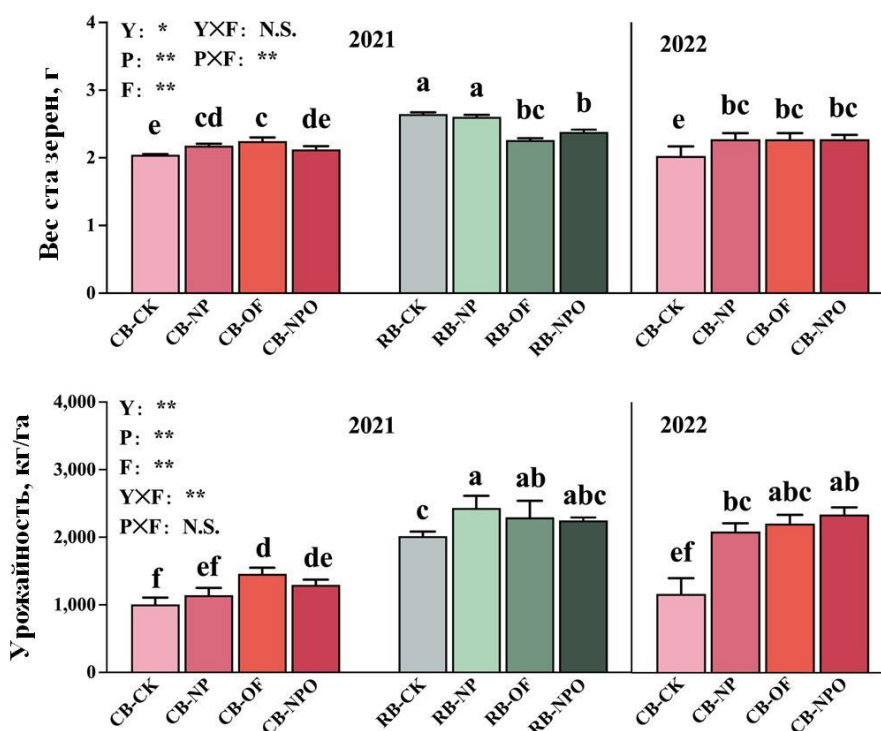


Рис. 1. Урожайность и вес ста зерен гречихи татарской при различных режимах посева и внесении удобрений

CB - монокультура гречихи татарской, RB - севооборот татарской гречихи, CG - монокультура маша, RG - севооборот маша. СК - без внесения удобрений, NP - однократное внесение азотных и фосфорных удобрений, OF - однократное внесение органических удобрений, NPO - органическое удобрение заменяет 30% удобрений. То же самое ниже.

Вес ста зерен и урожайность маша при монокультуре и севообороте различных удобрений показаны на рис. 2. Вес ста зерен маша монокультуры в 2021 и 2022 годах

составляла 6,28-6,77 г и 6,12-6,48 г соответственно. Оба варианта показали, что NPO и OF были выше, чем при остальной обработке, а среднее увеличение СК за два года составило 0,05%-7,80% и 0,41%~1,24%, соответственно. Урожайность маша монокультуры в 2021 и 2022 годах составила OF>NPO>СК>NP.OF и NPO увеличились на 8,56% и 2,52% (2021), 8,50% и 4,45% (2022) по сравнению с СК, соответственно. Вес ста зерен и урожайность маша при севообороте в 2022 году составляют 6,53-6,81 г и 1500,00-1583,00 кг/га соответственно, что в разной степени увеличилось по сравнению с машом монокультуры в 2022 году. Таким образом, в режиме монокультуры как NPO, так и OF могут значительно увеличить массу и урожайность маша. За исключением веса ста зерен в 2022 году, у OF урожайность выше, чем у NPO. По сравнению с монокультурой, чередование гречихи татарской и маша эффективно увеличивает вес ста зерен и урожайность маша.

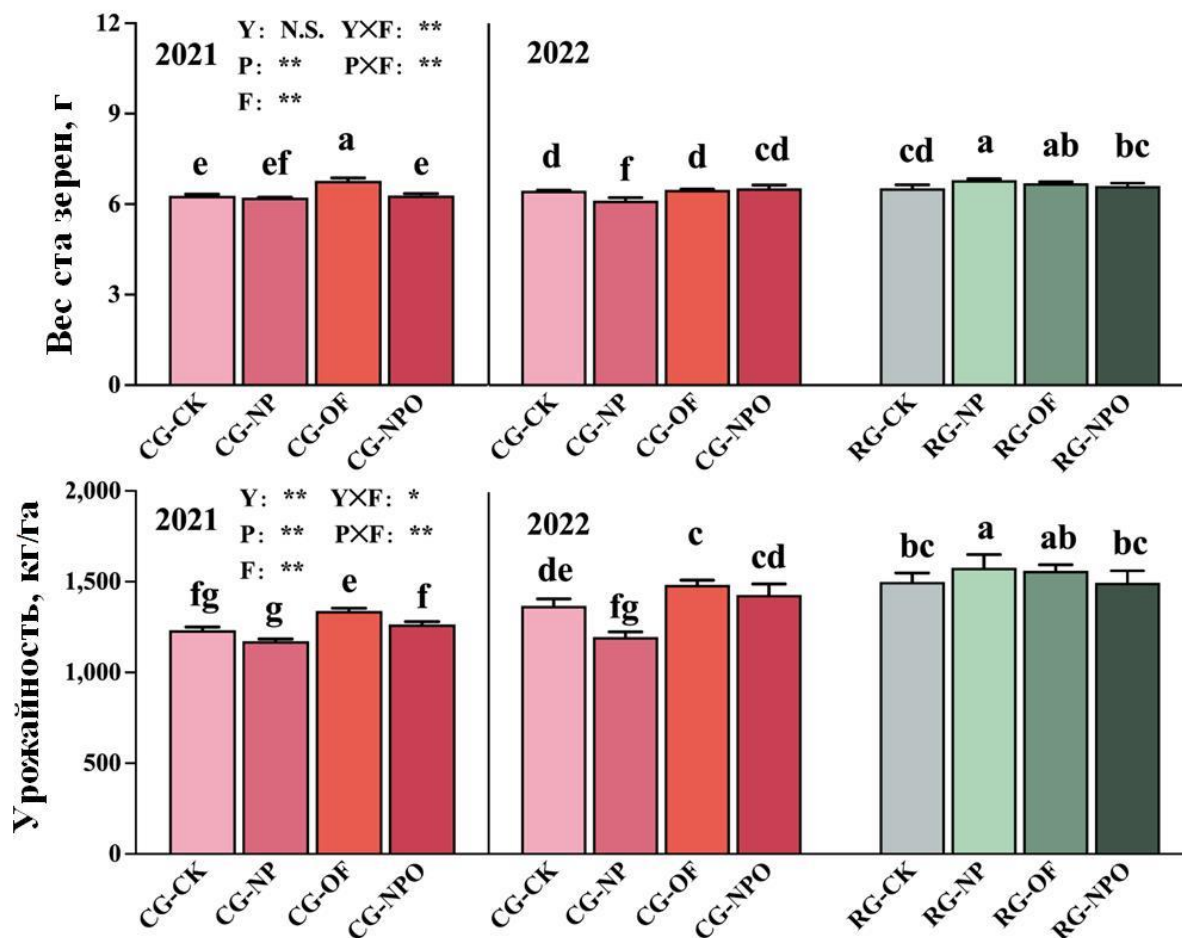


Рис. 2. Урожайность и вес ста зерен маша при различных режимах посева и внесении удобрений

С наступлением репродуктивного периода агрономические характеристики гречихи татарской демонстрируют тенденцию к постоянному повышению, а показатели севооборота гречихи татарской выше, чем при монокультуре гречихи татарской (таблица 1). По сравнению с монокультурой высота растений гречихи татарской при системе севооборота увеличилась в среднем на 9,68%~110,26%, толщина стебля увеличилась в среднем на 5,26%~86,36%, а показатель площади листьев увеличился в среднем на 10,22%~504,55%. В режиме монокультуры высота растений татарской гречихи перед созреванием составляла NPO>OF>NP>СК, а при созревании – NP>OF>NPO>СК. Показатель площади листьев гречихи татарской при монокультуре был выше, чем у СК при каждой обработке удобрениями, который увеличился в среднем на 17,39% до 250,94% по сравнению с СК при каждой обработке удобрениями, и эффект OF улучшения в период цветения был наиболее значительным.

Таблица 1

**Изменения агрономических характеристик татарской гречихи при различных режимах посева и внесении удобрений в 2021 г.**

Период	Режим посева	Внесение удобрений	Высота растений (см)	Толщина стебля (мм)	Показатель площади листьев
Период всхода	CB	СК	11.00±0.50e	2.32±0.31f	0.23±0.01d
		NP	14.27±0.21d	3.23±0.33de	0.31±0.02c
		OF	14.37±0.51d	3.66±0.30cd	0.27±0.00d
		NPO	16.23±0.25c	3.75±0.32bc	0.35±0.01c
	RB	СК	16.67±0.47c	2.83±0.06e	0.41±0.02b
		NP	20.50±0.50a	4.20±0.22b	0.48±0.04a
		OF	16.83±0.45c	5.09±0.43a	0.43±0.04b
Период бутонизации	CB	СК	30.20±0.30f	5.04±0.28e	0.53±0.02f
		NP	30.87±0.55ef	5.37±0.18e	0.97±0.01e
		OF	35.07±0.32de	6.70±0.44cd	1.54±0.03cd
		NPO	37.73±0.21d	7.18±0.11bc	1.86±0.00bc
	RB	СК	44.17±4.16c	6.32±0.7d	1.28±0.11de
		NP	63.50±4.92a	7.46±0.62b	1.60±0.39cd
		OF	54.50±3.53b	7.84±0.32ab	3.12±0.33a
Период цветения	CB	СК	56.33±1.53e	5.07±0.50c	0.83±0.01f
		NP	58.93±0.55e	5.41±0.44bc	1.10±0.02f
		OF	62.00±0.80de	5.97±0.08bc	2.84±0.03d
		NPO	68.17±3.79d	6.12±0.59b	1.82±0.31e
	RB	СК	68.00±6.56d	5.48±0.31bc	1.33±0.17f
		NP	103.67±2.08a	7.34±0.49a	6.65±0.52a
		OF	87.00±10.59b	8.23±1.04a	3.39±0.50c
Период созревания	CB	СК	85.57±0.15d	6.20±0.10d	-
		NP	108.43±0.15b	7.20±0.70bc	-
		OF	104.40±0.26b	7.60±0.30b	-
		NPO	97.53±0.31c	6.60±0.30cd	-
	RB	СК	87.03±5.35d	7.80±0.40b	-
		NP	117.90±2.26a	8.80±0.10a	-
		OF	117.07±3.13a	8.00±0.50ab	-
		NPO	116.47±1.86a	7.30±1.00bc	-
Режим посева ( P )			**	**	**
Внесение удобрений ( F )			**	**	**
Режим посева×Внесение удобрений P×F			**	**	N.S.

*Примечание: Данные в таблице представляют собой среднее значение ±стандартное отклонение (n=3). Разные строчные буквы указывают на то, что существует значительная разница в 5% между различными методами в течение одного и того же репродуктивного периода. CB - монокультура гречихи татарской, RB - севооборот татарской гречихи, CG - монокультура маша, RG - севооборот маша. СК - без внесения удобрений, NP - однократное внесение азотных и фосфорных удобрений, OF - однократное внесение органических удобрений, NPO -органическое удобрение заменяет 30% удобрений. То же самое ниже.*

С наступлением репродуктивного периода агрономические показатели гречихи татарской при каждой обработке демонстрировали постоянную тенденцию к повышению, а общие показатели OF и NPO были значительно лучше, чем у СК и NP, что соответствовало

показателям 2021 года (таблица 2). На стадии всходов гречихи татарской монокультуры в 2022 году все агрономические показатели показали, что NP и NPO были выше, чем у OF. Начиная с периода бутонизации OF и NPO постепенно превышали NP. Среди них показатели высоты растений и площади листьев показали свою значимость в период цветения и бутонизации, соответственно, что указывает на то, что улучшение агрономических характеристик гречихи татарской при монокультуре с помощью органических удобрений в основном происходит после репродуктивного роста. В течение репродуктивного периода высота растений, толщина стебля и показатель площади листьев при каждой обработке удобрением увеличивались в среднем на 0.82%~72.94%, 30.78%~116.75%, 10.92%~403.03% по сравнению с СК, соответственно. Среди них больше всего увеличился показатель площади листьев.

Таблица 2

**Изменения агрономических характеристик татарской гречихи для монокультуры при различных вариантах внесения удобрений в 2022 г.**

Период	Внесение удобрений	Высота растений (см)	Толщина стебля (мм)	Показатель площади листьев
Период всхода	СК	16.00±1.00c	1.97±0.15c	0.11±0.00c
	NP	27.67±1.15a	4.27±0.38a	0.40±0.02b
	OF	25.00±0.00b	3.83±0.06b	0.39±0.00b
	NPO	26.67±1.53ab	4.10±0.10ab	0.42±0.01a
Период бутонизации	СК	48.40±2.48c	4.43±0.50b	0.66±0.01d
	NP	75.23±0.21b	7.33±0.59a	2.13±0.27c
	OF	79.53±2.91ab	7.60±0.46a	3.32±0.07a
	NPO	82.27±3.55a	7.53±0.76a	2.45±0.03b
Период цветения	СК	97.97±6.06c	4.97±0.42c	1.19±0.02d
	NP	98.77±3.21c	6.50±0.36b	1.32±0.02c
	OF	112.43±3.85b	6.80±0.53b	2.65±0.03b
	NPO	128.53±4.28a	8.57±0.21a	3.42±0.11a
Период созревания	СК	87.10±2.21d	4.83±0.61b	-
	NP	113.57±2.82c	7.37±0.47a	-
	OF	141.63±2.49a	7.53±0.59a	-
	NPO	119.43±3.32b	8.20±0.30a	-
Внесение удобрений ( F )		**	**	**

Агрономические характеристики маша при монокультуре демонстрируют постоянную тенденцию к повышению с наступлением репродуктивного периода, а высота растений и толщина стебля достигают своих максимальных значений в период налива зерна (таблица 3). При монокультуре маша высота растений и толщина стебля и площадь листьев после каждой обработки удобрением увеличивались в среднем на 5.07%~13.82%, 0.78%~29.52%, 4.27%~73.49% по сравнению с СК. Высота растений и толщина стебля на стадии ветвления больше всего увеличивались при использовании NP, а после периода цветения - стручкования OF и NPO постепенно демонстрировали преимущество перед NP. Эффект OF улучшения показателя площади листьев был максимальным со времени появления всходов.

Таблица 3

**Изменения агрономических характеристик маша для монокультуры при различных вариантах внесения удобрений в 2021 г.**

Период	Внесение удобрений	Высота растений (см)	Толщина стебля (мм)	Показатель площади листьев
Период ветвления	СК	29.37±0.59b	4.38±0.32a	1.45±0.10d
	NP	32.80±1.14a	5.21±0.62a	1.67±0.07c
	OF	31.87±0.86a	4.99±0.43a	2.52±0.13a
	NPO	33.43±0.90a	4.58±0.29a	2.07±0.13b
Период цветения-стручкования	СК	40.14±0.32b	5.42±0.36b	3.36±0.08d
	NP	43.20±1.71a	5.78±0.99b	3.74±0.09b
	OF	43.80±0.85a	7.02±0.21a	4.37±0.03a
	NPO	42.17±1.05ab	6.18±0.22ab	3.57±0.08c
Период наполнения зерном	СК	47.90±1.35c	5.16±0.66a	1.85±0.12c
	NP	50.33±1.15b	5.20±1.00a	2.09±0.08b
	OF	54.00±0.50a	5.31±0.44a	2.78±0.07a
	NPO	50.70±1.35b	6.20±0.18a	1.98±0.13bc
Период созревания	СК	45.03±0.50b	4.89±0.15b	2.11±0.10b
	NP	49.40±1.25a	5.73±0.44ab	2.20±0.07b
	OF	50.33±1.37a	6.03±0.63a	3.26±0.06a
	NPO	51.00±1.00a	5.88±0.53a	2.20±0.08b
Внесение удобрений ( F )		*	**	**

С приближением репродуктивного периода агрономические характеристики групп маша в 2022 году постепенно улучшаются, и, в целом показатели севооборота маша значительно лучше, чем у монокультуры маша (таблица 4). Показатель высоты растений и площади листьев увеличился в среднем на 1.02%~32.42%, 2.77%~113.61% по сравнению с монокультурой маша, соответственно. После периода ветвления толщина стебля увеличилась в среднем на 3,26% до 38,54% по сравнению с монокультурой маша. В целом, севооборот оказал наибольшее влияние на показатель площади листьев. В режиме монокультуры высота растений, толщина стебля и площадь листьев маша при каждой обработке удобрениями увеличивались в среднем на 2.02%~41.38%, 2.28%~55.90%, 12.45%~133.84% по сравнению с СК. Среди них OF оказывает большее влияние на высоту растения и толщину стебля, а NPO - на показатель площади листьев.

Из рис. 3 видно, что относительное содержание хлорофилла (SPAD) в татарской гречихе быстро снижается после периода бутонизации. SPAD севооборотной гречихи татарской в 2021 году была значительно выше, чем у гречихи татарской монокультуры в 2021 году в период созревания, увеличившись в среднем на 8,75%~34,18%. В 2021 и 2022 годах дозировка каждого удобрения для монокультуры гречихи татарской увеличилась в разной степени по сравнению с СК. OF и NPO оказывают наилучшее воздействие на весь период развития растения, в то время как NP воздействует только на ранний период.

SPAD при монокультуре маша постоянно снижалось, в то время как при севообороте маша наблюдалась тенденция сначала к повышению, а затем к снижению (рис. 4). Значения SPAD при монокультуре маша в 2021 и 2022 годах составили 31,4-48,52 и 27,63-47,1 соответственно. Каждая обработка удобрениями была улучшена в той или иной степени по сравнению с СК. SPAD в NPO и NP увеличилось в среднем на 5,66%~27,73% и 1.82%~5.41% (2021 г.), 7.74%~20.63% и 3,62%~8,13% (2022 г.) по сравнению с СК в течение всего репродуктивного периода, соответственно. Значения SPAD маша при севообороте в 2022 году составляет 29,3-49,13, в период цветения - стручкования, а также в период созревания

увеличилась на 1,06%~14,00% и 6,03%~32,71% по сравнению с монокультурой маша, соответственно.

Таблица 4

**Изменения агрономических характеристик маша при различных режимах посева и внесении удобрений в 2022 г.**

Период	Режим посева	Внесение удобрений	Высота растений (см)	Толщина стебля (мм)	Показатель площади листьев
Период ветвления	CG	СК	29.00±1.00e	4.40±0.26c	1.63±0.05g
		NP	36.00±1.00d	5.37±0.21ab	2.01±0.09e
		OF	41.00±1.00bc	5.37±0.15ab	2.06±0.06de
		NPO	39.00±2.00c	5.33±0.31ab	2.77±0.08b
	RG	СК	36.33±0.58d	4.90±0.17b	1.79±0.02f
		NP	47.67±1.53a	5.37±0.32ab	2.62±0.06c
		OF	42.00±1.00b	5.57±0.38a	2.14±0.05d
		NPO	41.33±1.15b	5.33±0.32ab	3.17±0.05a
<i>Продолжение таблицы 4</i>					
Период цветения стручкования	CG	СК	51.33±0.58d	3.97±0.12e	1.98±0.12f
		NP	59.33±1.53b	6.10±0.10c	2.86±0.09e
		OF	64.67±0.58a	6.17±0.35bc	3.69±0.06d
		NPO	61.00±1.00b	6.07±0.31c	4.63±0.17c
	RG	СК	57.00±1.73c	5.50±0.36d	2.71±0.14e
		NP	64.67±1.53a	6.80±0.10a	5.34±0.04a
		OF	65.33±1.15a	6.57±0.15ab	3.79±0.12d
		NPO	66.00±1.00a	6.30±0.10bc	4.96±0.02b
Период наполнения зерном	CG	СК	55.87±1.3d	6.13±0.15c	2.94±0.13g
		NP	57.00±0.53d	6.27±0.25c	3.43±0.09f
		OF	60.87±0.76c	6.83±0.21b	5.88±0.12d
		NPO	60.60±0.72c	6.43±0.15c	5.06±0.11e
	RG	СК	56.53±1.14d	6.33±0.42c	6.28±0.12c
		NP	65.47±0.74a	7.93±0.25a	7.02±0.09b
		OF	62.57±0.64b	7.17±0.06b	7.04±0.12b
		NPO	61.90±0.70bc	7.23±0.06b	8.07±0.19a
Период созревания	CG	СК	59.80±0.44c	5.83±0.35d	2.65±0.09h
		NP	64.33±2.15bc	6.67±0.50c	2.98±0.10g
		OF	66.27±3.5ab	7.00±0.26bc	4.01±0.17d
		NPO	66.80±2.26ab	6.43±0.15c	3.57±0.11e
	RG	СК	66.37±5.34ab	6.40±0.10cd	3.31±0.18f
		NP	67.37±1.88ab	7.90±0.46a	6.11±0.09b
		OF	68.13±1.07ab	7.33±0.29ab	4.43±0.03c
		NPO	69.97±1.16a	7.43±0.31ab	7.53±0.07a
Режим посева ( P )			**	**	**
Внесение удобрений ( F )			**	**	**
Режим посева×Внесение удобрений P×F			**	**	**

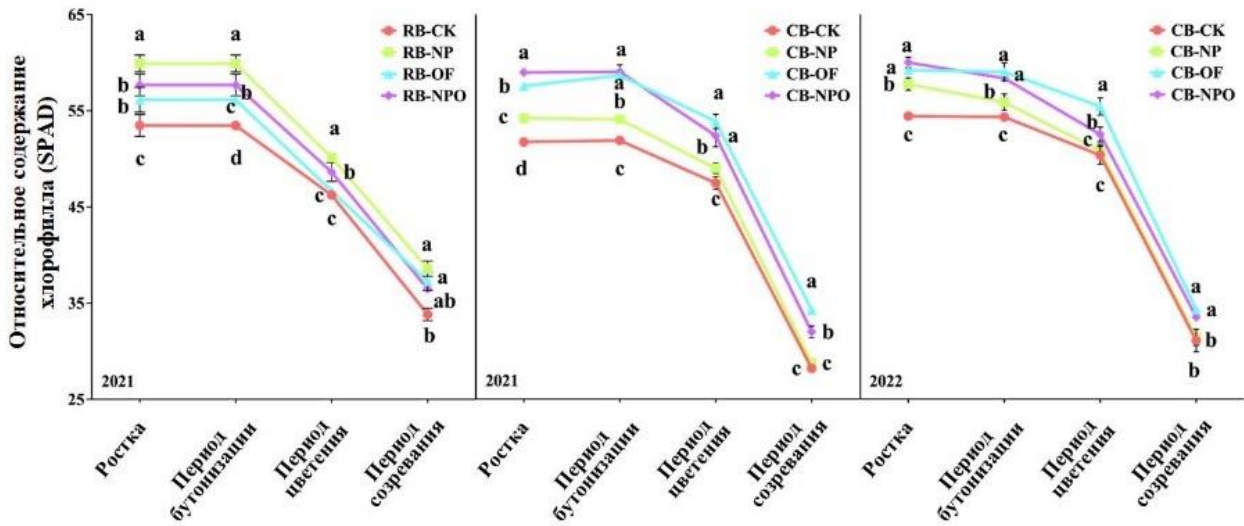


Рис. 3. Изменение относительного содержания хлорофилла (SPAD) в листьях татарской гречихи при различных режимах посева и внесении удобрений

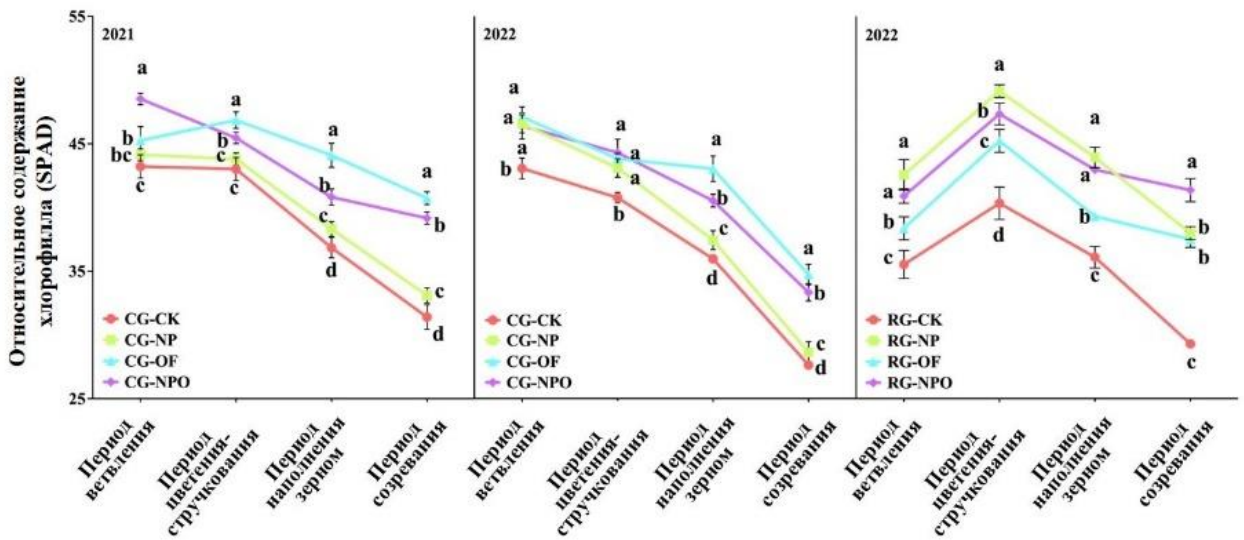


Рис. 4. Изменение относительного содержания хлорофилла (SPAD) в листьях маша при различных режимах посева и внесении удобрений

Тенденция изменения чистой продуктивности фотосинтеза ( $P_n$ ) гречихи татарской в течение репродуктивного периода при различных режимах посева и обработках удобрениями в основном одинакова: сначала повышается, а затем снижается, достигая своего максимального значения в период цветения (рис. 5). При монокультуре  $P_n$  гречихи татарской в 2021 и 2022 годах составит  $7,03-23,23 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  и  $7,36-29,2 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  соответственно. Обработка различными удобрениями улучшилась в разной степени по сравнению с СК. В том числе, внесение OF и NPO увеличилось в среднем на  $29,31\% \sim 115,18\%$ , а  $21,51\% \sim 35,71\%$  (2021 г.),  $29,97\% \sim 175,11\%$  и  $26,71\% \sim 168,78\%$  (2022 г.) по сравнению с СК, соответственно.

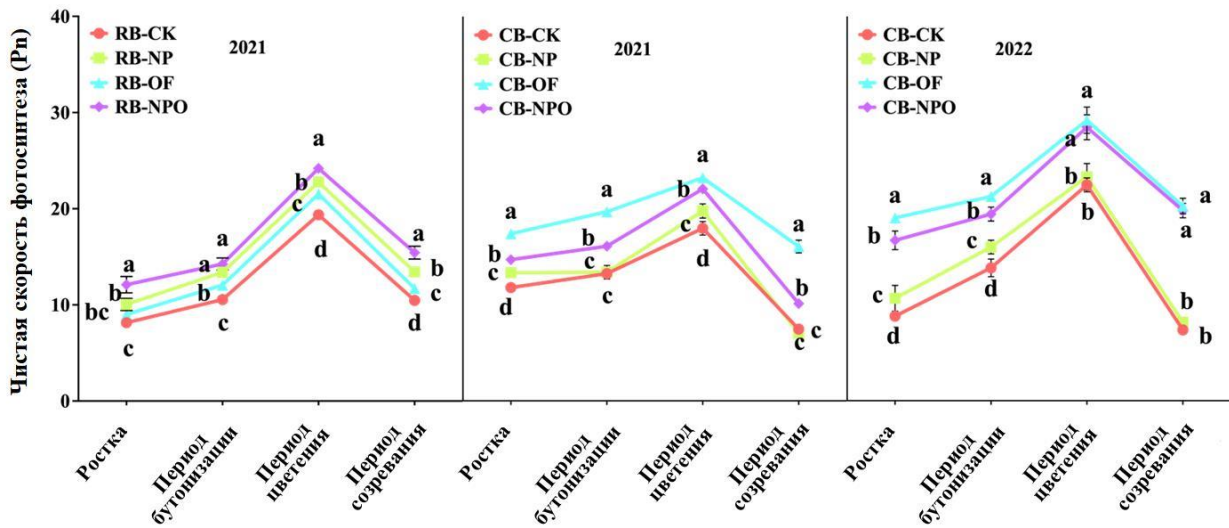


Рис. 5. Изменение чистой скорости фотосинтеза ( $P_n$ ) гречихи татарской при различных режимах посева и внесении удобрений

На рис. 6 показано, что  $P_n$  маша при различных режимах посева и различных обработках удобрениями демонстрирует разные тенденции. В 2021 году общая площадь монокультуры маша продолжит снижаться в течение репродуктивного периода. Монокультура маша в 2022 году и севооборот маша в 2022 году показали тенденцию сначала к росту, а затем к снижению. В 2021 году  $P_n$  маша во все периоды составляла  $OF > NPO > NP > CK$ , а внесение каждого удобрения увеличивалось в среднем на 30.89%~66.67%, 27.49%~65.07%, 7.84%~38.13% по сравнению с СК.  $P_n$  маша при севообороте в 2022 году составила  $9,1-30,17 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , а в период наполнения зерном увеличился в среднем на 6,90-65,45% по сравнению с монокультурой маша в 2022 году.

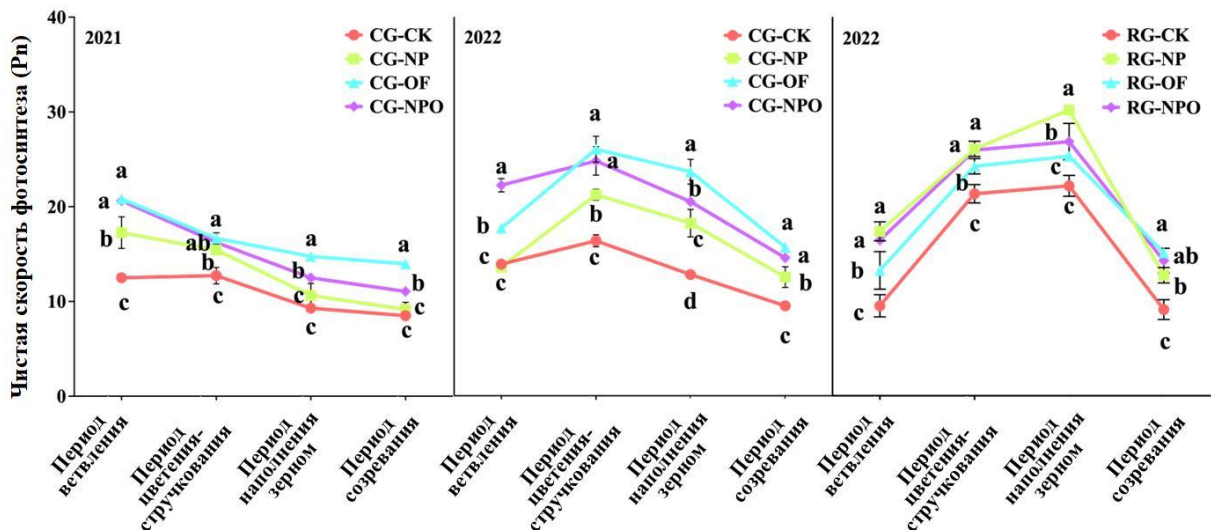


Рис. 6. Изменение чистой скорости фотосинтеза ( $P_n$ ) маша при различных режимах посева и внесении удобрений

### Заключение

Система севооборота гречихи татарской и маша и внесение органических удобрений позволили значительно увеличить высоту растений и толщину стеблей гречихи татарской и маша в период вегетации, увеличить показатель площади листьев и эффективно решить проблемы низкорослости растений и низкой эффективности фотосинтеза, вызванные непрерывным выращиванием. В то же время, относительное содержание хлорофилла и



чистая скорость фотосинтеза в листьях также увеличиваются, тем самым повышая урожайность.

Таким образом, чередование культур татарской гречихи и маша и внесение удобрений могут эффективно уменьшить неблагоприятное воздействие монокультуры на рост и фотосинтетические характеристики татарской гречихи и маша, повысить урожайность обеих культур и эффективно устранить препятствия для монокультуры.

#### **Литература/References**

1. Zhang H, Zhao Q, Wang Z, Wang L, Li X, Fan Z, Zhang Y, Li J, Gao X, Shi J. 2021. Effects of nitrogen fertilizer on photosynthetic characteristics, biomass, and yield of wheat under different shading conditions. *Agronomy*. 11(10): 1989-1996
2. Leegood R C, Long S P. 2013. Special Issue: Improving Photosynthesis Preface. *Journal of Experimental Botany*. 64(3): 707-708

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СЕВООБОРОТА И ВНЕСЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА АГРОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОСА

МЭН ВАН, магистрант, СИНЬСИНЬ ЦАО, магистрант  
БАЙЛИ ФЭН, профессор  
E-mail: 18545544953@163.com

СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СЕЛЬСКОГО И ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА,  
ПРОВИНЦИЯ ШЭНСИ, КНР

**Аннотация.** Севооборот и совместное внесение органических удобрений эффективно увеличивали высоту растений проса в каждый период роста, диаметр стебля растения в фазе колошения/налива зерна и функциональную площадь листьев в фазу вегетативного роста, что полезно для морфологического развития растений проса. В условиях непрерывного посева по сравнению с обработкой СК высота растений, диаметр стебля и функциональная площадь листьев проса под обработками OF и NPO достоверно увеличились на 2,37% и 15,17%, 0,27% и 10,66%, 19,05% и 56,37% соответственно; по сравнению с непрерывным возделыванием, модель севооборота способствовала увеличению высоты растений проса, диаметра стебля и площади флагового листа на 0,40%-6,74%, 0,66%-23,08% и 2,30%-54,11% соответственно. При этом сочетание внесения органических удобрений и севооборота также увеличивало накопление сухого вещества растениями проса в каждый период роста, а обработка NPO увеличивала на 61,24% в период налива зерна в условиях севооборота и органики. Внесение удобрений, по сравнению с обработкой СК, урожайность проса значительно увеличивалась на 8,74%-19,48%. Внесение органических удобрений улучшает росту растений, способствует накоплению сухого вещества, нормальному росту и развитию растений проса, влияет на урожайность сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** просо, севооборот, органические удобрения, физиологические характеристики.

**Для цитирования:** Мэн Ван, Синьсинь Цао, Байли Фэн. Исследование влияния севооборота и внесения органических удобрений на агрономические показатели проса. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3(51):138-149. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-138-149

## STUDY ON THE EFFECTS OF CROP ROTATION AND ORGANIC FERTILIZER APPLICATION ON THE AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF MILLET

Meng Wang, Xinxin Cao, Baili Feng

NORTHWEST A&F UNIVERSITY, SHAANXI PROVINCE, CHINA

**Abstract:** Crop rotation and combined application of organic fertilizers effectively increased the height of millet plants in each growth period, the stem diameter of the plant in the heading/grain filling phase, and the functional leaf area in the vegetative growth phase, which is beneficial for the morphological development of millet plants. Under continuous sowing conditions, compared with SK treatment, plant height, stem diameter and functional leaf area of millet under

*OF and NPO treatments significantly increased by 2.37% and 15.17%, 0.27% and 10.66%, 19.05% and 56.37%, respectively; compared with continuous cultivation, the crop rotation model increased the millet plant height, stem diameter and flag leaf area by 0.40%-6.74%, 0.66%-23.08% and 2.30%-54.11%, respectively. Moreover, the combination of organic fertilizer application and crop rotation also increased the accumulation of dry matter by millet plants in each growth period, and NPO treatment increased it by 61.24% during the grain filling period under crop rotation and organic conditions. The application of fertilizers, compared with the treatment with SK, significantly increased the yield of millet by 8.74%-19.48%. The application of organic fertilizers improves plant growth, promotes the accumulation of dry matter, promotes the normal growth and development of millet plants, and affects the yield of agricultural crops.*

**Keywords:** millet, crop rotation, organic fertilizers, physiological characteristics.

**Введение.** Являясь одной из важных зерновых культур в засушливых районах северного Китая, просо имеет долгую историю выращивания и высокую пищевую и экономическую ценность. В последние годы, в связи с сокращением объемов зерновых культур и посевных земель, площади под данными культурами постепенно сокращались, а проблема препятствий для непрерывного посева проса становится все более заметной и обостряющейся. Поэтому изучение разумных методов выращивания и методов внесения удобрений имеет решающее значение для устранения препятствий на пути непрерывного выращивания проса и обеспечения зеленого и устойчивого развития различных зерновых культур.

Система возделывания – это разумное сочетание способов посева культур и планирования структуры. Соответствующий режим посева может улучшить урожайность и качество полученной продукции. В последние годы, благодаря научному развитию и технологическим инновациям, способы посева сельскохозяйственных культур изменились. Системы одиночного земледелия и непрерывная посадка больше не подходят для модели развития современного сельского хозяйства. Из-за постоянного сокращения посевных площадей в различных регионах возникли серьезные препятствия для непрерывного выращивания многих культур (Чжан Минь и др., 2012). При непрерывном возделывании корни сельскохозяйственных культур в течение длительного времени поглощают питательные вещества из одного и того же слоя почвы, что приводит к их неравномерному распределению в почвенном слое, недостатку для роста растений, и изменению баланса питательных веществ в почве (Лю Шаньтин, 2020). Непрерывный посев одной и той же культуры на одном и том же поле потребляет много земельных ресурсов, а также приносит другие проблемы; неразумная система земледелия снижает эффективность использования питательных веществ почвы и снижает экономическую выгоду от поля. В условиях широкомасштабного выращивания крупных продовольственных культур сокращается площадь возделывания мелких продовольственных культур, и рациональное использование земли становится насущной проблемой, требующей решения. При существующих земельных ресурсах сплошная посадка стала нормой, а рациональное использование методов посадки – это проблема, которую мы должны решить.

В 1960-е и 1970-е годы продуктивность земель была низкой. Для решения проблемы с продовольствием и одеждой китайцев на сельскохозяйственные угодья вносилось большое количество химических удобрений и пестицидов. Со временем баланс питательных веществ на полях был нарушен. Использование пестицидов, химических удобрений, особенно азотных, стало серьезной проблемой в сельскохозяйственном производстве. За существенным увеличением производства стоит разрушение экосистем сельскохозяйственных угодий, что также вызвало ряд экологических проблем. В настоящее время в Китае насчитывается около 128 миллионов гектаров пахотных земель, для которых ежегодно требуется около 113 миллионов тонн удобрений, что делает его крупнейшим в мире импортером химических удобрений и потребителем удобрений, однако эффективность использования химических удобрений составляет всего около 40%, что приводит к большой

трате ресурсов, экологическим и природоохранным проблемам (Zhang Ran 2020). Население Китая велико, при этом площадь пахотных земель на душу населения незначительное и под длительным давлением расширяющегося промышленного землепользования непрерывная обработка земли стала наиболее распространенным методом возделывания в интенсивном современном сельскохозяйственном производстве. В основных положениях Тринадцатого пятилетнего плана национального экономического и социального развития (2016-2020 гг.) выдвигается национальная стратегическая установка «продовольствие в земле и продовольствие в технологии». С развитием сельского хозяйства и технического прогресса большинство ученых считают, что использование органических удобрений и севооборота может эффективно смягчить вред от химических удобрений, сократить использование азотных удобрений, а органические удобрения могут улучшить состояние плодородия почвы, не вызывая значительного снижения урожайности. Органические удобрения богаты органическими веществами, содержат комплексные питательные вещества, имеют длительный питательный эффект и содержат большое количество микроорганизмов, ферментов и т. д. Севооборот может значительно улучшить физико-химические свойства почвы, облегчить подкисление почвы, увеличить количество эффективных питательных веществ в почве и поддерживать баланс питательных веществ (Gong et al., 2019; Lin et al., 2019), а использование органических удобрений и режима севооборота может помочь сохранить воду и удобрения, а также улучшить буферную способность почвы. Режим севооборота и сочетание органических и неорганических удобрений могут значительно увеличить содержание органического вещества и питательных веществ в почве, что способствует снижению объемной плотности почвы и улучшению свойств почвы по удержанию воды и удобрений, повышению урожайности, улучшению качества урожая и облегчению проблем почвы, вызванных непрерывным земледелием, при условии снижения загрязнения окружающей среды (Zhang Feifei 2023), что имеет большое значение для устойчивого зеленого развития сельского хозяйства.

Поэтому в данных исследованиях в качестве экспериментального материала использовался сорт «Shaan Yu Valley No.3» в режиме непрерывного посева и севооборота проса и бобовых, а также были установлены различные методы внесения удобрений для изучения влияния севооборота и органических удобрений на качество проса.

#### **Условия и методика проведения исследований**

Эксперимент проводился на базе Яньаньского научно-исследовательского центра мелкозерновой промышленности Северо-Западного университета сельского и лесного хозяйства (NWAFSU). Экспериментальная площадка расположена недалеко от деревни Шацюань города Яньхэвань района Ансай города Яньань провинции Шэньси (109,36° з.д., 36,81). ° с.ш.), расположенный в лессе северо-запада внутри страны. Во внутренних районах плато и на краю котловины Ордос расположены лессовые холмы в форме Лянмао, а почва - лессовая. В этой области типичный умеренно-континентальный полузасушливый муссонный климат с выраженными сухими и влажными условиями, дождливым летом и осенью и суровой холодной и сухой зимой. Годовая продолжительность солнечного сияния 2415,5 ч, суммарная радиация 480,06 кДж/см<sup>2</sup>, безморозный период 160-180 сут, средняя температура 8,8 °С, активная суммарная температура ≥ 10 °С 3177,4 °С, годовая испаряемость составляет 1645,4 мм (Лю Мэньюнь и др., 2002; Хан Лэй и др., 2011). Основные физико-химические свойства почвы в окультуренном слое 0-20 см опытного участка в 2020 году составляют: содержание подвижного фосфора 4,66 мг/кг, содержание подвижного калия 95,00 мг/кг, содержание подвижного азота 35,67 мг/кг, общее содержание фосфора 0,43 г/кг, содержание калия общее – 16,80 г/кг, содержание общего азота – 0,43 г/кг, значение рН – 8,50, месячная сумма осадков и изменения температуры на полигоне с 2022 по 2023 гг. показаны на рисунке 1.

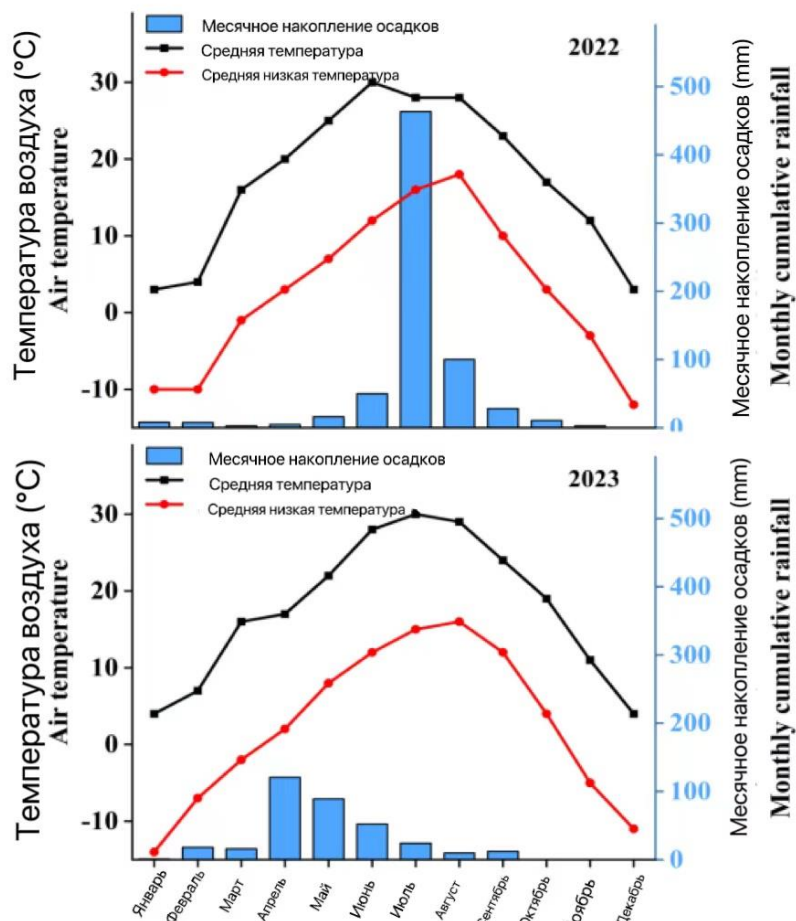


Рис. 1. Температура и количество осадков на испытательном полигоне в 2022 – 2023 годах

Этот опыт представляет собой долгосрочный эксперимент по испытаниям, которые начались в 2020 году. Объектами исследований были: сорт проса — Shaanxi Yu Valley 3 и сорт маша севооборота — West Green 1. В этом эксперименте анализируются и данные, собранные с полей проса в условиях непрерывного возделывания и севооборота с органическими удобрениями в 2022-2023 годах; полей проса непрерывного выращивания и севооборота в 2022 году в 3-й год, а зерновые непрерывного выращивания и севооборота в 2023 году в 4-й год. Модель севооборота проса и маша представляет собой межгодовой севооборот (то есть просо сеют в первый год, а маш сеют во второй год). Убирают урожай один раз в год, а остальное время оставляют под паром. После сбора урожая каждый год солому проса и остатки на поле убирают полностью и не возвращают на поле для использования. Агронамические мероприятия проводятся в соответствии с местными условиями выращивания.

В эксперименте применялся разделенный план посева. Основной участок представлял собой посев с двумя режимами сева: сплошной посев проса и севооборот проса и маша. Подучасток представлял собой способ внесения удобрений с 4 обработками, а именно без внесения удобрений (СК) и обычных азотно-фосфорных удобрений (NP), однократное внесение органических удобрений (OF), снижение обычных азотных и фосфорных удобрений на 30% и внесение органических удобрений (NPO). Каждую обработку проводили в 3 повторностях, всего 24 делянки, площадь каждой делянки составила 30 м<sup>2</sup> (5м×6м). Каждый участок имел 15 рядков, междурядья 33,33 см и расстоянием между растениями 6 см. Плотность посадки составляет около 510 000 растений/га. Срок посева проса в 2022 году – 23 мая, дата сбора урожая – 5 октября; срок посева проса в 2023 году – 18 мая, дата сбора урожая – 15 октября.

В качестве удобрений использовались: мочевина (содержит 46,00% чистого азота), суперфосфат кальция (содержит 12,00% фосфора), органические удобрения (содержание органического вещества 70,00%, чистого азота 1,12%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1,10%, K<sub>2</sub>O 3,20%, pH 7,90; производитель - Anhui Anxin Pasture Industry Development Co.). Удобрения были внесены в качестве основного удобрения перед посевом, дополнительные удобрения не вносились. Просо: чистый азот 150 кг/гм<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 105 кг/гм<sup>2</sup>.

Конкретное количество удобрений, внесенных на испытательном участке, приведено в таблице 1, а схема посева в полевых условиях приведена на рисунке 2.

Таблица 1

**Количество удобрений, внесенных за одну обработку**

Культура	Вариант	Азот N (кг/м <sup>2</sup> )	Фосфор P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (кг/м <sup>2</sup> )	Органические удобрения (кг/м <sup>2</sup> )
Просо	СК	0	0	0
	NP	150	105	0
	OF	0	0	13393
	NPO	105	73.5	4017

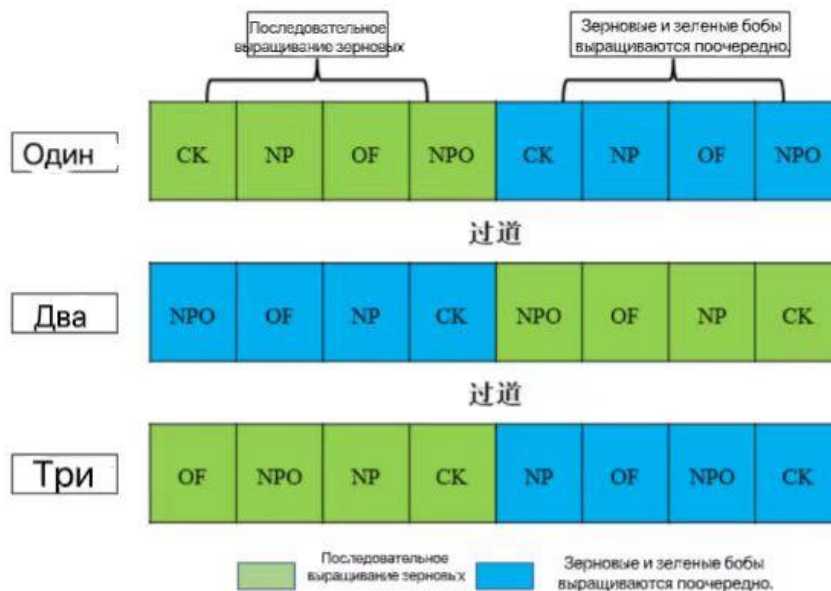


Рис. 2. Схема опыта

Пять репрезентативных и здоровых растений с одинаковыми условиями роста были случайным образом отобраны и пронумерованы на каждой делянке на стадиях кущения, выметывания, цветения и полной спелости, на которых производился замер высоты растений, толщины стебля, длину и ширину листьев проса при каждой обработке измеряли отдельно в течение каждого репродуктивного периода. Площадь функциональных листьев выражалась как «длина функционального листа × ширина функционального листа × 0,75».

Накопление сухого вещества в растениях измеряли методом сушки и взвешивания. Растения проса, отобранные в течение каждого репродуктивного периода, разделяли на три части - стебли, листья и репродуктивные органы, и помещали в пакет из крафт-бумаги. После 30-минутной стерилизации при температуре 105°C в духовке их высушивали при температуре 80°C до получения постоянного веса. Использовали электронные весы (точность 0,001 г) для взвешивания полученного материала.

После того, как просо достигало стадии зрелости, для каждой обработки отбирали по 5 растений и измеряли такие показатели, как длина метелки проса, толщина и вес одного соцветия; затем все метелки на каждом участке обработки собирали вручную, а после сушки

и при обмолоте в естественных условиях измеряли массу тысячи зерен и рассчитывали фактический урожай зерна при каждой обработке.

### Результаты и их обсуждение

В таблице 2 представлены изменения морфо-физиологических показателей проса непрерывного выращивания и севооборота в каждый период роста при различных сочетаниях удобрений в 2022 году.

Таблица 2

### Изменение агротехнических показателей проса при севообороте и внесении органических удобрений в 2022 г.

Фаза развития	Режим сева	Внесение удобрений	Высота растений, см	Толщина стеблей, мм	Площадь листьев, см <sup>2</sup>
Фаза кущения	СМ	СК	89.00±1.00e	8.83±0.40c	86.75±4.31e
		NP	94.33±1.53bcd	10.27±0.31ab	110.55±8.32bc
		OF	90.67±1.53de	8.57±1.07c	102.03±6.28cd
		NPO	97.67±2.31ab	10.40±0.53ab	123.98±6.53a
	RM	СК	93.33±3.06cd	10.6±1.20ab	92.05±5.78de
		NP	96.67±2.31bc	11.13±0.57a	117.50±6.38ab
		OF	93.33±3.06cd	9.50±0.46bc	100.65±6.16cd
		NPO	101.00±1.73a	11.00±0.53a	119.65±5.50ab
Фаза выметывания	СМ	СК	93.67±1.53e	8.07±0.06e	63.58±2.14f
		NP	114.67±3.51c	8.63±0.25c	77.03±0.93d
		OF	94.67±1.15e	8.33±0.15e	91.23±1.13b
		NPO	127.67±5.13a	10.20±0.10b	97.63±0.42a
	RM	СК	99.00±1.00de	9.03±0.06c	87.75±1.30c
		NP	116.67±2.52bc	10.20±0.10b	92.45±1.21b
		OF	104.33±4.04d	10.17±0.15b	69.21±1.77e
		NPO	121.33±3.51b	10.63±0.31a	93.73±2.25b
		СК	121.10±0.70e	10.43±1.04ab	54.37±9.50bc
		NP	132.87±1.63c	9.50±3.10ab	65.23±8.87bc
		OF	136.03±0.38ab	9.73±1.86ab	47.61±11.68c
		NPO	134.73±1.40bc	8.67±1.40ab	66.33±9.04bc
	RM	СК	123.53±0.15e	7.63±0.60b	72.14±8.67b
		NP	134.60±1.87bc	11.27±0.80a	100.53±14.02a
		OF	128.57±1.25d	9.13±1.32ab	58.88±11.07bc
		NPO	137.67±1.20a	10.67±1.50ab	67.85±19.57bc
Фаза полной спелости	СМ	СК	122.53±1.15c	9.27±0.29d	49.94±2.66e
		NP	133.20±3.25b	10.67±0.21ab	111.12±3.73a
		OF	121.17±4.12c	10.07±0.42bc	62.29±4.43d
		NPO	137.83±4.45b	11.23±0.25a	110.25±3.43a
	RM	СК	126.83±3.49c	9.77±0.15cd	57.21±2.87d
		NP	133.73±4.70b	11.30±0.95a	99.28±6.74b
		OF	125.23±1.95c	10.13±0.06bc	78.61±2.57c
		NPO	147.13±2.61a	10.53±0.35abc	105.55±4.94ab
Режим сева (P)			0.277 <sup>ns</sup>	7.544 <sup>**</sup>	2.217 <sup>ns</sup>
Внесение удобрений (F)			4.922 <sup>**</sup>	7.760 <sup>**</sup>	12.981 <sup>**</sup>
Режим сева× Внесение удобрений (P×F)			0.007 <sup>ns</sup>	1.020 <sup>ns</sup>	1.040 <sup>ns</sup>

Как видно из таблицы, различные схемы посева могут существенно влиять на диаметр стебля растений проса ( $P < 0,05$ ), но не оказывают существенного влияния на высоту растения и площадь флагового листа, влияние состава удобрений на высоту растений,

толщину стебля и площадь флагового листа зерновых растений было высоко значимым ( $P < 0,01$ ). С наступлением репродуктивного периода высота и толщина растений проса при каждой обработке постепенно увеличивались. По сравнению с режимом непрерывного выращивания, в режиме севооборота все морфо-физиологические характеристики проса лучше, что позволяет увеличить высоту растений проса, диаметр стебля и площадь флагового листа на 0,40–6,74%, 0,66%-23,08% и 2,30%-54,11%. На ранней стадии роста проса севооборот может увеличить высоту растений проса на 2,08%-6,65% и диаметр стебля на 5,00%-16,39%, что влияет на рост и урожайность, развитие растений проса в течении вегетативного роста. При непрерывном режиме сева общая высота растений проса составляет  $NPO > NP > OF > СК$ . А обработка  $NP$  и  $NPO$  в период плодоношения на 5% выше, чем при обработке  $СК$ , соответственно 27%-22.41% и 10.74%-36.30%, причем наибольшее увеличение произошло в период налива зерна. За исключением стадии зрелости, площадь флагового листа показала лучшие результаты при обработке  $NPO$ . В режиме севооборота высота растений проса была лучшей при обработке  $NPO$  в период роста, что позволило увеличить растения проса на 15,60%. По сравнению с обработкой  $СК$  диаметр стебля проса в период налива увеличился на 47,71% и 19,66% при каждой обработке комбинацией удобрений 38,84%, а диаметр стебля проса, обработанного  $NPO$  и  $NP$ , достигал максимального значения на стадии налива зерна, а площадь флагового листа была оптимальной для обработки  $NPO$  на стадии вегетативного роста, а обработка  $NP$  была оптимальна на этапе репродуктивного роста. Из таблицы 2 видно, что разные схемы сева и способы внесения удобрений по-разному влияют на показатели проса: высота растения, диаметр стебля и площадь флагового листа проса на каждой стадии роста в 2022 году будут иметь большее значение. Различия при разных условиях внесения удобрений, что указывает на то, что разные способы внесения удобрений оказывают более существенное влияние на агротехнические признаки проса.

Данные в таблице представляют собой среднее значение  $\pm$  стандартное отклонение ( $n=3$ ); разные строчные буквы указывают на значительные различия на уровне 5% между различными обработками в течение одного и того же репродуктивного периода.  $RM$ : сплошной посев проса;  $RM$ : севооборот проса;  $CM$ : без внесения удобрений;  $NP$ : исключительное внесение азотных и фосфорных удобрений;  $NPO$ : 30% сокращение обычных азотных и фосфорных удобрений; органические удобрения. \*\*Разница достоверна на уровне 0,01, нс. Разница недостоверна.

В таблице 3 показаны изменения признаков в различные периоды плодоношения при использовании различных составов удобрений в 2023 году на зерновых культурах сплошного посева. Из таблицы видно, что органические удобрения очень сильно ( $P < 0,01$ ) повлияли на толщину стебля и площадь флаговых листьев растений злаков, в то время как на высоту растений они не оказали существенного влияния. По мере продвижения репродуктивного периода высота растений и толщина стебля демонстрировали непрерывную тенденцию к увеличению, в то время как площадь флаговых листьев сначала увеличивалась, а затем уменьшалась, что в основном соответствовало 2022 году. При непрерывном режиме возделывания удобрения увеличили высоту растений зерновых на 12,12%-27,10%, 1,07%-14,95% и 12,32%-36,60% по сравнению с обработкой  $CM$ , при этом обработка  $NP$  показала наибольшее увеличение на стадии налива, а обработка  $NPO$  - на стадии колошения. Толщина стебля зерна при обработке  $NPO > NP > OF > CM$  значительно увеличилась на 21,42%, 6,34% и 23,23% по сравнению с обработкой  $CM$  в репродуктивный период; площадь листьев флага при каждой обработке была максимальной на стадии роста, лучшей на стадии завязывания метелки при обработке  $NPO$ , и лучшей на стадии прорастания и созревания при обработке  $NP$ , что указывает на то, что применение органических удобрений может способствовать развитию листовых пластинок на стадии интенсивного роста проса.



Таблица 3

**Изменение агротехнических показателей проса сплошного посева при внесении органических удобрений в 2023 г.**

Фаза развития	Режим сева	Внесение удобрений	Высота растений, (см)	Толщина стеблей, мм	Площадь листьев флага (см <sup>2</sup> )
Фаза кущения	СМ	СК	66.00±3.08b	7.53±0.21c	68.30±5.29b
		NP	74.20±1.71a	8.10±0.10a	91.26±6.33a
		OF	64.20±1.71b	7.63±0.06bc	93.25±5.94a
		NPO	74.13±1.68a	7.80±0.10b	98.75±0.99a
Фаза выметывания	СМ	СК	92.90±1.49c	9.53±0.15b	84.89±3.71b
		NP	113.40±2.71b	10.67±0.21a	95.46±3.71a
		OF	93.27±1.07c	9.57±0.25b	65.61±4.79c
		NPO	126.93±4.05a	10.77±0.15a	93.98±1.10a
Фаза налива зерна	СМ	СК	107.10±1.84c	8.03±0.38c	45.11±4.87c
		NP	136.00±2.33a	11.30±0.36a	101.29±21.27a
		OF	123.93±4.18b	10.07±0.49b	66.28±19.68bc
		NPO	135.93±1.36a	11.03±0.32a	81.85±7.14ab
Фаза полной спелости	СМ	СК	111.80±1.68c	8.50±0.53bc	60.91±2.77b
		NP	139.67±2.63a	9.43±0.50ab	95.67±5.98a
		OF	116.70±1.42b	8.07±0.25c	51.92±3.83b
		NPO	135.50±3.47a	10.40±0.78a	87.42±9.66a
Внесение удобрений (F)			2.747 <sup>ns</sup>	5.349 <sup>**</sup>	15.163 <sup>**</sup>

На рисунке 3 показаны изменения накопления сухого вещества растениями проса при различных режимах посева и применении органических удобрений (2022 г.). В период роста накопление сухого вещества растениями проса постепенно увеличивается. Результаты полевых экспериментов показывают, что севооборот позволяет увеличить накопление сухого вещества растениями в каждый период роста проса (за исключением стадии севооборота проса) значительно увеличивает накопление сухого вещества растениями на 8,40%-30,86% по сравнению с сплошным посевом проса. Частичное накопление сухого вещества показало наиболее очевидный эффект улучшения от обработки NP и NPO. При различных способах внесения удобрений обработка NPO имела самое высокое накопление сухого вещества в каждый период роста, а производительность режимов непрерывного посева и севооборота была стабильной. При непрерывном режиме посева накопление сухого вещества проса на стадии зрелости при каждом внесении удобрений увеличивалось на 65,41%, 4,92% и 70,97% соответственно по сравнению с режимом севооборота, накопление сухого вещества проса при севообороте. Каждая обработка увеличилась на 85,62% по сравнению с обработкой СМ 44,79%, 76,28%. На стадии выметывания надземная биомасса проса значительно увеличивалась и достигала пика в стадии зрелости, в течение каждого периода роста общее накопление сухого вещества растения имело следующую закономерность: NPO/NP>OF>СК, что указывает, на что сокращение применения химических удобрений не повлияло на надземный рост растения. Накопление сухого вещества в сухой части проса при сплошном режиме посева не выявило очевидной разницы при однократном внесении органических удобрений (OF); обработка и отсутствие внесения удобрений (обработка СК) на стадиях кущения и колошения проса, обработки NP и NPO показали очевидные различия на стадии налива зерна, обработка NPO может значительно увеличить количество накопленного сухого вещества в период налива зерна на 61,24%.

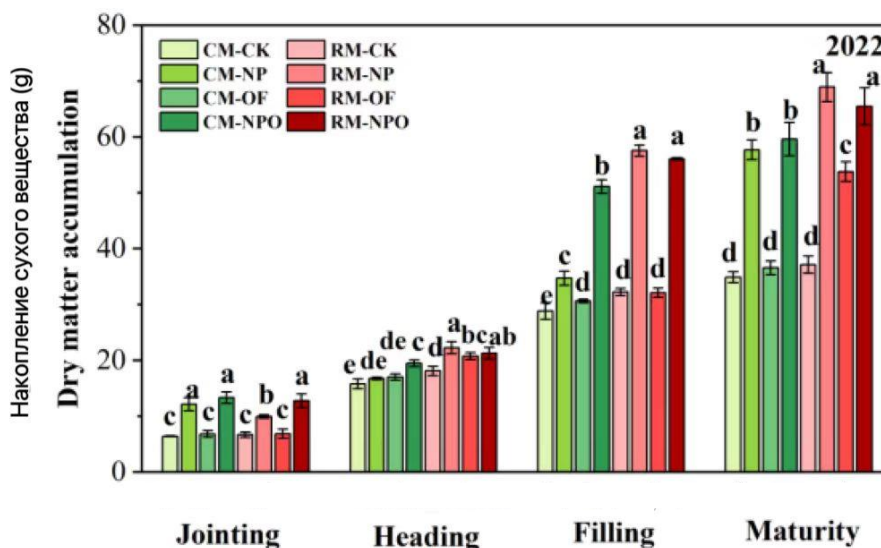


Рис. 3. Изменения в накоплении сухих веществ при севообороте и применении органических удобрений в 2022 году

На рисунке 4 показаны изменения в накоплении сухого вещества растениями проса при непрерывном режиме выращивания при сочетании органических и минеральных удобрений (2023 г.). Из рисунка видно, что по мере развития идет процесс роста накопление сухого вещества проса постепенно увеличивается. При внесении различных удобрений накопление сухого вещества проса в каждый период роста оно имеет существенные различия ( $P < 0,05$ ). Общие показатели  $NPO/NP > OF > CK$ , имеют ту же тенденцию, что и в 2022 год. По сравнению с обработкой  $CM-CK$  накопление сухого вещества при обработке  $CM-NPO$  значительно увеличивалось на 175,14%, 38,21%, 44,85% и 43,47% в каждый период роста, при этом наибольшее увеличение наблюдалось на стадии соединения по сравнению с обычным способом. Внесение удобрений (обработка  $CM-NP$ ), внесение только органических удобрений (обработка  $CM-OF$ ) уменьшало накопление сухого вещества в надземной части растения в диапазоне 16,73–28,97 % в сочетании со снижением содержания азота. Органические удобрения ( $CM-NPO$ ) могут увеличить накопление сухого вещества на 2,22%, общая производительность является лучшей обработкой  $NPO$ .

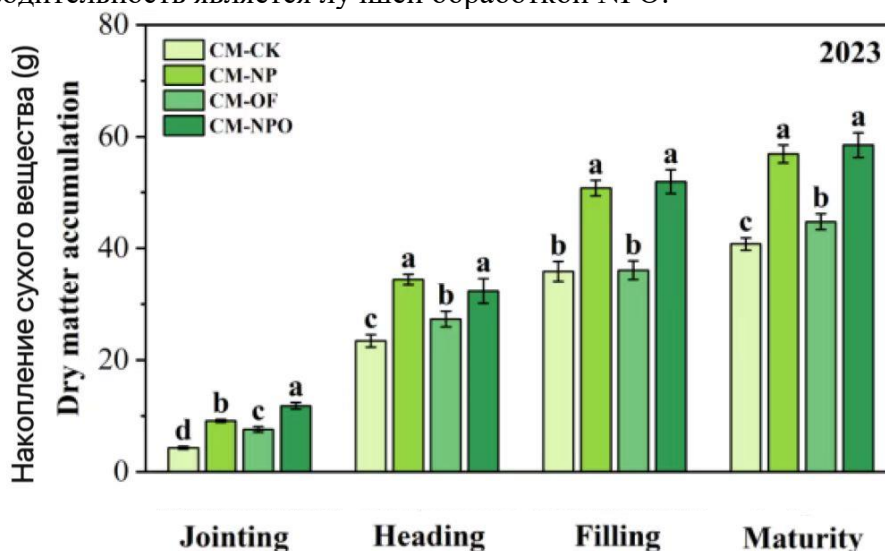


Рис. 4 Изменения в накоплении сухого вещества проса при применении органических удобрений в 2023 году

На рис. 5-6 показано, изменение массы тысячи зерен, массы колосовидной метелки с растения проса при различных режимах посева и внесении органических удобрений. Из рисунка видно, что масса 1000 семян проса сплошного посева в 2022 и 2023 годах составляет

2,62-3,39 г и 2,46-4,22 г соответственно. По сравнению с обработкой СК каждая обработка удобрениями существенно увеличивалась на 31,05%, 6,17% и 49,84%. Масса 1000 семян проса в севообороте в 2022 году составила 2,82-3,52 г. По сравнению с обработкой СК, обработка NPO значительно увеличила данный показатель на 24,93% по сравнению с режимом сплошного посева, а в севообороте увеличилось на 3,99%-13,24%.

Масса одной метелки проса сплошного посева в 2022 и 2023 гг. составляет 19,86-41,97 г и 13,27-30,88 г. По сравнению с вариантами СК, варианты NP, OF и NPO увеличились на 111,35%, 16,27%, 106,98% (2022 г.), и 97,34% соответственно 39,84%, 132,73% (2023 г.) при режиме севооборота при каждой обработке удобрениями увеличивалась на 13,86%-126,49% по сравнению с обработкой СК. Производительность проса непрерывного посева в 2022 году равна NPO>NP>OF>СК, а производительность в 2023 году в основном такая же, как и в 2022 году. Каждая обработка удобрения увеличилась на 38,96%, 16,89% и 62,99% по сравнению с СК. Обработки в 2022 г. все с существенными различиями. Урожайность проса составила 3372,24-4766,69 кг/м<sup>2</sup>, при обработке NPO увеличилась на 41,35% по сравнению с обработкой СК. По сравнению с режимом непрерывного земледелия севооборот позволяет значительно увеличить массу метелки и урожайность проса с растения, с увеличением на 2,74%-14,19% и 8,74%-19,48%, причем обработка NPO лучше, чем обработка NP. Из этого видно, что при сплошном режиме посева комбинированное применение органических удобрений позволяет существенно увеличить массу тысячи зерен, массу метелки с растения и урожайность проса. По сравнению с моделью непрерывного земледелия севооборот в разной степени повысил урожайность проса и компонентов, а также в большей степени улучшил вес метелки и урожайность одного растения.

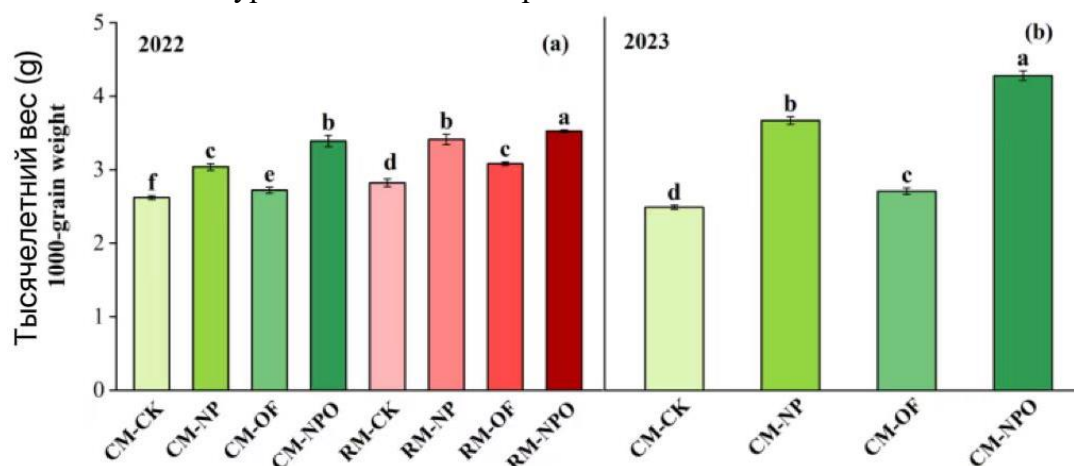


Рис. 5. Изменение массы зерна при севообороте и применении органических удобрений

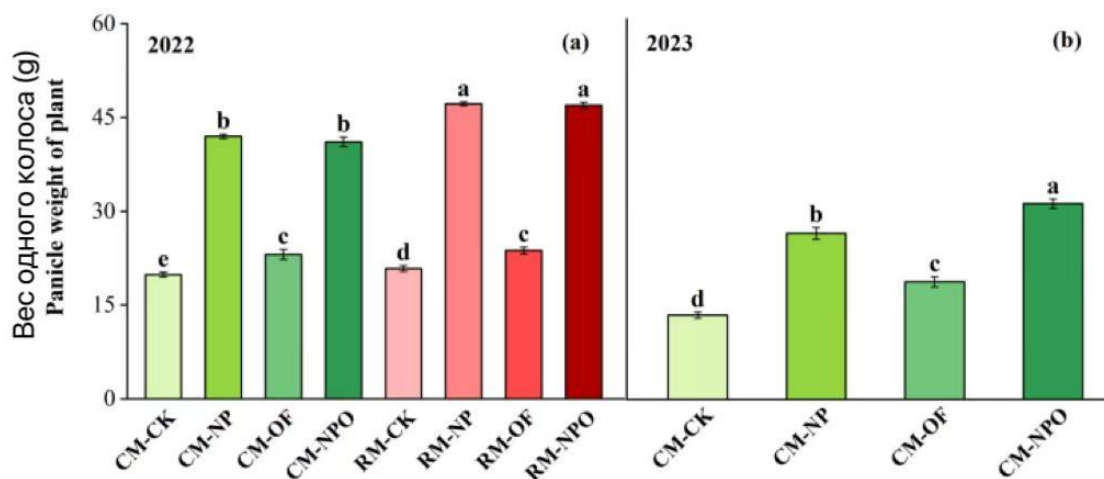


Рис. 6. Изменение веса отдельных колосьев при севообороте и применении органических удобрений

Результаты двухлетних полевых испытаний показывают, что севооборот и комбинированное внесение органических удобрений в разной степени влияют на агрономические показатели, накопление сухого вещества, показатели урожайности и состава проса на каждой стадии роста при модели непрерывного посева, комбинированном внесении органические удобрения эти показатели значительно улучшаются. Изменялись высота растений, диаметр стебля, площадь флагового листа и накопление сухого вещества в каждый период роста проса. Наибольшее увеличение высоты растений происходило в период налива зерна, что способствовало накоплению сухого вещества в более поздний период роста проса. При каждой обработке удобрениями обработка NPO оказала наиболее существенное влияние на улучшение комплексных показателей. Кроме того, внесение органических удобрений позволяет значительно увеличить массу тысячи зерен, массу метелки с растения и урожайность непрерывного посева проса, причем прирост при обработке NPO больше, чем при обработке NP. По сравнению с моделью непрерывного земледелия севооборот может в разной степени увеличить накопление сухого вещества проса, высоту растения, диаметр стебля и площадь флагового листа, что в конечном итоге повышает урожайность проса при севообороте.

Роста надземных частей сельскохозяйственных культур в каждый период вегетации может интуитивно показывать степень роста и развития сельскохозяйственных культур под влиянием света, температуры, воды, питательных веществ и других факторов посредством измерения агрономических характеристик, таких как высота растений проса и диаметр стебля отражает состояние роста и развития проса под влиянием различных схем сева и способов внесения удобрений. Предыдущие исследования показали, что органические удобрения содержат комплекс питательных веществ, могут сбалансировать питательные вещества в почве, улучшить физические и химические свойства почвы, медленно и непрерывно высвобождать питательные вещества, а также способствовать росту и развитию сельскохозяйственных культур на протяжении всего периода роста (Wu et al. 2019; Zhou et. др. 2023). В целях обеспечения нормального роста, развития и урожайности сельскохозяйственных культур сокращение количества вносимых химических удобрений и применение органических удобрений стало одним из важных путей решения проблемы препятствий сплошному посеву проса. Лу Хэюань и др. (2021) в ходе трехлетнего эксперимента по внесению удобрений обнаружили, что по сравнению с отсутствием внесения удобрений комбинированное применение органических удобрений может увеличить количество и вес коробочек хлопчатника, увеличить накопление сухого вещества в растениях хлопчатника и т. д. В то же время увеличение содержания хлорофилла и продуктивности сокращением азота не повлияло на чистую скорость фотосинтеза и накопление сухого вещества хлопка, а урожайность существенно не изменилась в течение 3 лет. В ходе двухлетних полевых экспериментов Гао и др. (2020) обнаружили, что применение биоорганических удобрений может увеличить высоту растений, площадь листьев, количество листьев на растение кукурузы, а также увеличить количество зерен за колосовидной метелке и массу 1000 семян кукурузы, тем самым увеличивая урожайность. Как модель посадки, которая эффективно использует ресурсы, является экологически чистой. Севооборот может эффективно способствовать росту и развитию сельскохозяйственных культур (Noque et al. 2023) и решить такие проблемы, препятствия для непрерывного выращивания сельскохозяйственных культур. В данном исследовании совместное применение органических удобрений и севооборота позволяет существенно повлиять на агротехнические показатели проса сплошного посева, увеличивая высоту растений, диаметр стебля и накопление сухого вещества проса в каждый период роста одновременно; Внесение органических удобрений значительно увеличивает период налива зерна. Стебли растений проса толстые, и существует значительная разница в накоплении сухого вещества в период налива зерна между азотсодержащими удобрениями, в сочетании с органическими удобрениями и только химическими удобрениями. Обработка NP позволяет значительно увеличить накопление сухого вещества в этот период. Количество накопления в фазе

вегетативного роста проса, совместное внесение органических удобрений и севооборота позволяет значительно увеличить листовую площадь функциональные листья (флаговые листья), способствуют росту листьев проса, а также обеспечивают поддержку питательными веществами и важную гарантию развития колосков проса (Сунь Цянь и др., 2020; Хоу Сицин и др., 2023). Совместное применение органических удобрений и севооборота позволяют значительно повысить массу 1000 семян и урожайность проса, что согласуется с результатами исследований Хари и др. (2022) в двухлетнем полевом опыте в условиях непрерывного посева, разница в массе тысяч зерен и урожайности проса не была очевидной. Это может быть связано с влажностью семян в условиях хранения, влага в семенах снижается после обмолота проса. Масса 1000 семян и урожайность проса могут существенно не измениться в течение двух лет, и разница незначительна. В том же году при различных схемах посева и условиях применения органических удобрений, не влияет на урожайность сельскохозяйственных культур, обычное снижение азота и фосфора на 30% в сочетании с органическими удобрениями (обработка НРО) показало более высокую продуктивность и лучший общий эффект. Таким образом, севооборот и применение органических удобрений могут значительно улучшить рост и развитие проса в каждый период роста. Влияя на рост функциональных листьев, увеличивается накопление питательных веществ растением, тем самым влияя на стадии репродуктивного роста проса и увеличивая урожайность.

#### **Заключение**

Севооборот и внесение органических удобрений эффективно увеличивали высоту растений проса в каждый период роста, диаметр стебля растения на стадии выметывания/налива зерна и функциональную площадь листьев на стадии вегетативного роста, что благоприятно сказывалось на морфологических показателях. В то же время совместное применение органических удобрений и севооборота также увеличивают накопление сухого вещества растениями проса в каждый период роста, тем самым влияя на урожайность и компоненты культур, способствуя высоким урожаям и устраняя препятствия для непрерывного выращивания проса.

#### **Литература/References**

1. Zhang Min, Tan Xianhe, Zhang Yu, Huang Xiaofen. 2012. Continuous cropping obstacles in traditional Chinese medicine [J]. *Modern Chinese Medicine Research and Practice*, 26 (01): 83-85
2. Liu Shanting. 2020. Effects of cassava continuous cropping and rotation on soil physicochemical properties, microbial communities, and yield [D] Guangxi Zhuang Autonomous Region: Guangxi University
3. Zhang Ran. 2020. Effects of combined application of organic and inorganic fertilizers on yield, quality, and soil physicochemical properties of winter wheat in arid areas [D] Yang Ling: Northwest A&F University
4. Chen H, Liang L, Dong J, Liang Z, Zhao L. 2019. Alteration of crop rotation in continuous *Pinellia ternate* cropping soils profiled via fungal ITS amplicon sequencing [J]. *Letters in Applied Microbiology*, 68(6): 522-529.
5. Zhang Feifei. 2023. Study on the effect of buckwheat mung bean rotation and fertilizer application on alleviating continuous cropping obstacles [D] Yang Ling: Northwest A&F University He Z,

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИЛУЧШЕГО ПЕРИОДА СБОРА УРОЖАЯ ЯБЛОК ЦИНЬ ЦУЙ И АЖЭНЬ ФУДЗИ

ЛИ ЧЖАОТИН, аспирант  
ДИН ЮДУАНЬ, доцент  
E-mail: lizhaoing@nwafu.edu.cn

СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СЕЛЬСКОГО И ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА,  
ПРОВИНЦИЯ ШЭНЬСИ, КНР

**Аннотация.** Используя яблоки Цинь Цуй и Ажен Фудзи в качестве тестовых материалов, мы выяснили эффективный метод определения периода их сбора и определили наилучший период сбора урожая. Результаты показали что: яблоки Цинь Цуй, 17-25 сентября – период быстрого разложения крахмала, степень окрашивания крахмалом 4-5, твердость плодов снижается, содержание растворимых твердых веществ увеличивается, плоды, пригодные для длительного хранения, можно собирать на этой стадии; 2 октября, когда степень окрашивания крахмалом составит 6 степень гидролиза крахмала высока, и плоды пригодны для употребления в свежем виде; 7-12 октября степень окрашивания крахмала составляет 7-8, крахмал в основном гидролизуеться и плоды достигают зрелости. Яблоко Ажен Фудзи, крахмал быстро разлагается с 27 сентября по 4 октября, окрашивается крахмалом 4-5 степени, на этом этапе можно собирать плоды, пригодные для длительного хранения; при окрашивании крахмалом 6 степени 11 октября степень гидролиза крахмала высокая и плоды пригодны для употребления в свежем виде как пищевые продукты; 16-23 октября крахмал окрашивается 7-8-й степени, крахмал, в основном, гидролизуеться и плоды достигают зрелости.

**Ключевые слова:** яблоко Цинь Цуй; яблоко Ажэнь Фудзи; период сбора урожая; качество плодов.

**Для цитирования:** Ли Чжаотин, Дин Юдуань Определение наилучшего периода сбора урожая яблок Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3 (51): 150-159. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-150-159

## DETERMINING THE BEST HARVEST PERIOD FOR QIN CUI AND AZHEN FUJI APPLES

Li Zhaoting, Ding Yudian  
E-mail: lizhaoting@nwafu.edu.cn

NORTHWEST A&F UNIVERSITY, SHAANXI PROVINCE, CHINA

**Abstract:** Using Qin cui and Aifei Fuji apples as test materials, the effective determination method of their harvest period is clarified, and the best harvest period is determined. The results showed that: Qin cui apples, September 17-25 is the period of rapid starch degradation, starch staining grade 4~5, fruit hardness decreases, soluble solids content increases, fruits suitable for long-term storage can be harvested at this stage; on October 2, when the starch staining grade is 6, the degree of starch hydrolysis is high, and the fruit is suitable for fresh food; on October 7-12, the starch staining grade is 7~8, the starch is basically hydrolyzed, and the fruit reaches maturity. Aifei

*Fuji Apple, starch degrades rapidly from September 27 to October 4, starch staining grade 4~5, fruits suitable for long-term storage can be harvested at this stage; when starch staining grade 6 is on October 11, the degree of starch hydrolysis is high, and the fruit is suitable for fresh food; October 16-23, starch staining grade 7~8, starch is basically hydrolyzed, and the fruit reaches maturity.*

**Keywords:** Qin cui apple; Azhen Fuji apple; Harvest period; Fruit quality.

**Введение.** Цинь Цуй – позднеспелый сорт яблок, выведенный в результате гибридизации Чанфу № 2 и Ми цуй. Он был одобрен и назван Комитетом по оценке сортов плодовых деревьев провинции Шэньси в 2016 году. По объему и весу плоды значительно превосходят родительский сорт. Поверхность плодов в красную полоску, с фруктовым воском, яркого цвета, мякоть нежная, хрустящая и сочная, кисло-сладкая, приятная на вкус, а степень хрусткости значительно выше, чем у исходного сорта.

**Ажэнь Фудзи** (*Malus domestica* Borkh.cv.Aztec Fuji) – это сорт яблок, который был выведен в Нельсоне, Новая Зеландия, в 1996 году из сорта Фуджи густо-красного. Его характеристики роста и срок созревания схожи с другими сортами Фуджи. Плоды короткие, конической формы, прямостоячие и округлые, высокие. Независимо от того, являются ли фрукты неупакованными или упакованными в пакеты, их легко окрашивать, а поверхность плодов в пакетированных фруктах густо-красная, слоисто-красная, а площадь окрашивания может достигать более 90%.

Сбор плодов является завершающим звеном в процессе выращивания и начальным этапом коммерциализации. Важно определить подходящий период сбора урожая. В реальном производстве производители часто не имеют четкого метода определения наилучшего периода сбора урожая и больше полагаются на субъективный опыт или стадную психологию. В этом эксперименте изучалось влияние различных сроков сбора урожая на внешний вид и внутренние качества яблок Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи и его цель - дать теоретические рекомендации по правильному сбору урожая и поддержанию наилучшего качества.

#### Материалы и методы

**Испытательные материалы.** Испытательный полигон находится на комплексной испытательной станции Сяньян Национальной технологической системы производства яблок в городе Тайцунь, уезд Сюньи, провинция Шэньси. Здесь умеренно-континентальный муссонный климат, высота над уровнем моря составляет 1276 метров. Здесь четыре разных сезона, одинаковый период дождей и жары, а также продолжительные морозы - зимний период. Средняя температура за эти годы составляет 5 ~ 16°C, общая годовая радиация - 120 kJ/cm<sup>2</sup>, а годовое количество осадков – 5859 mm. Для отбора проб были отобраны 5 деревьев Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи с одинаковым потенциалом и уровнем управления.

**Экспериментальный проект.** Начиная с августа 2022 года, образцы отбирались за месяц до теоретической зрелости плодов Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи (таблица 1), измерялись соответствующие физиологические показатели и проводились тесты atlas на окрашивание крахмала. Собирали по 12 плодов утром, после того как высохнет роса, выбирая плоды в одном направлении и в одной и той же части и собирали с интервалом 4-10 дней (определяется в зависимости от степени окрашивания крахмалом), пока фруктовый крахмал полностью не разложится.

Таблица 1

Сроки сбора плодов двух участвующих сортов

	Различные периоды сбора урожая/месяц-день									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Цинь Цуй	8-21	8-28	9-04	9-11	9-17	9-25	10-02	10-07	10-12	10-19
Ажэнь Фудзи	9-06	9-13	9-20	9-27	10-4	10-11	10-16	10-23		

**Показатели и методы измерения. 1. Качество одного плода.** Использовали электронные весы (точность 0,01), чтобы определить вес свежих фруктов и получить среднее значение.

**2. Продольный и горизонтальный диаметры.** Использовали штангенциркуль для измерения и получения среднего значения.

**3. Твердость.** Твердость плодов измеряли с помощью прибора для измерения твердости плодов GY-3, при этом стороны каждого плода были протестированы один раз и было получено среднее значение.

**4. Содержание растворимых твердых веществ.** Его измеряли с помощью японского измерителя брикса с цифровым дисплеем Atago PAL-1, при этом по одному разу проверяли иньскую и яньскую стороны плода и рассчитывали среднее значение.

**5. Содержание кислоты для титрования.** Её измеряли с помощью универсальной сахарокислотной машины, для каждого яблока отмеряли 3 балла и рассчитывали среднее значение.

**6. Скорость выделения фруктового этилена.** Случайным образом выбирается 3 фрукта из 1 группы и проводится измерение с помощью газового хроматографа (Shimadzu GC-14A). Хроматографические условия: колонка GDX-502 газ-носитель - азот (99,999%), температура колонки – 70°C, температура на входе – 100°C, температура в помещении для определения – 110°C.

**7. Приготовление красящего спектра порошка фруктового крахмала по методу Хе Ванру и др. (2018).** Взвешивали на весах 8.8 г йодида калия и растворяли его в 30 мл дистиллированной воды (дистиллированную воду можно подогреть соответствующим образом); взвешивали 2.2 г кристаллов йода, добавляли в растворенный раствор йодида калия, используя дистиллированную воду для объема 1000 мл, хранится в темном месте для резервного копирования. Разрезаются яблоки разной степени зрелости поперек серединки плода, погружаются срезом в раствор йода-йодида калия на глубину 5-7 мм на 2 минуты, делаются снимки после извлечения и оценивается степень окрашивания крахмала.

В зависимости от степени окрашивания поперечного сечения плода его делят на сорта от 1 до 8 - от глубокого до мелкого, а диапазон окрашивания - от крупного до мелкого, и определяют период сбора урожая, соответствующий 8 сортам крахмала. Программное обеспечение PS использовалось для составления карт окрашивания крахмалом двух разновидностей. Формула для расчета индекса крахмала выглядит следующим образом :

Индекс крахмала=Σ (серия окрашивания крахмалом × количество плодов данного уровня) /общее количество плодов

### Результаты и анализ

Изменения качества отдельных плодов в процессе их созревания показаны на рисунке 1.

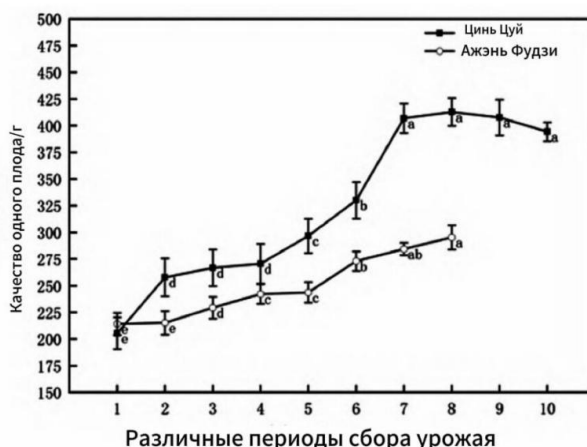


Рис. 1. Изменения в качестве отдельных плодов разных степеней зрелости сортов Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи



С переносом периода сбора урожая качество отдельных плодов Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи значительно возросло. Амплитуда изменения качества отдельных плодов Цинь Цуй превышает Ажэнь Фудзи и она всегда больше Ажэнь Фудзи.

Качество плодов Цинь Цуй, собранных до 2 октября, значительно возросло, составив в общей сложности 201.55 г; качество плодов Ажэнь Фудзи, собранных до 23 октября, значительно возросло, составив в общей сложности 81.18 г.

**Изменение вертикального и горизонтального диаметров в процессе созревания плодов.**

**Изменение продольного диаметра.** Как показано на рисунке 2, с переносом периода сбора урожая продольные диаметры плодов Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи значительно увеличились. Продольные диаметры плодов Цинь Цуй изменились с большим отрывом, а продольные диаметры плодов Ажэнь Фудзи изменились с небольшим отрывом. Продольный диаметр плодов Цинь Цуй, собранных до 19 октября, значительно увеличился, составив в общей сложности 21.3 мм; продольный диаметр плодов Ажэнь Фудзи, собранных до 23 октября, значительно увеличился, составив в общей сложности 6.43 мм.

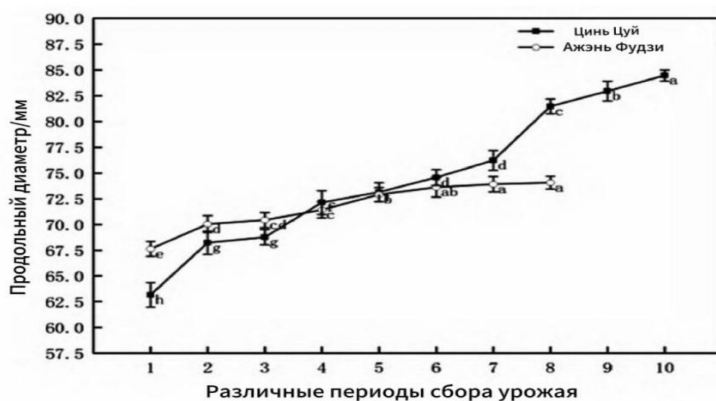


Рис. 2. Изменение продольного диаметра плодов разных степеней зрелости сортов Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи

**Изменение горизонтального диаметра.** Как показано на рисунке 3, с переносом периода сбора урожая горизонтальный диаметр плодов Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи значительно увеличился, причем горизонтальный диаметр Цинь Цуй изменился больше, чем у Ажэнь Фудзи. Горизонтальный диаметр Цинь Цуй, собранного до 12 октября, значительно увеличился, составив в общей сложности 17.14 мм; горизонтальный диаметр Ажэнь Фудзи, собранного до 23 октября, значительно увеличился, составив в общей сложности 9.49 мм.

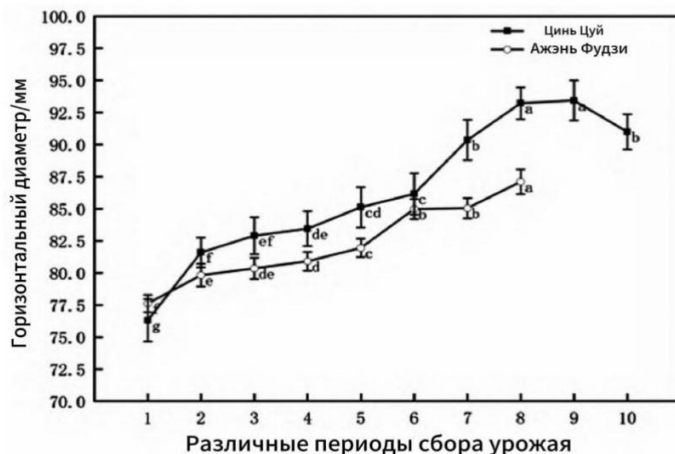


Рис. 3. Изменение горизонтального диаметра плодов разных степеней зрелости Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи

**Изменение твердости плодов** Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи в процессе созревания показано на рисунке 4. С переносом периода сбора урожая твердость плодов Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи имеет тенденцию к снижению, но твердость плодов Ажэнь Фудзи всегда выше, чем у Цинь Цуй. С 21 августа по 17 сентября твердость плодов Цинь Цуй быстро снижалась. После 17 сентября твердость медленно снижалась, а к 19 октября она снизилась в общей сложности на 7.37 кг/см<sup>2</sup>; твердость плодов Ажэнь Фудзи снижалась относительно быстро в течение всего процесса созревания, а твердость плодов, собранных до октября, была более высокой и на 23-й день снизилась в общей сложности на 7.08 кг/см<sup>2</sup>.

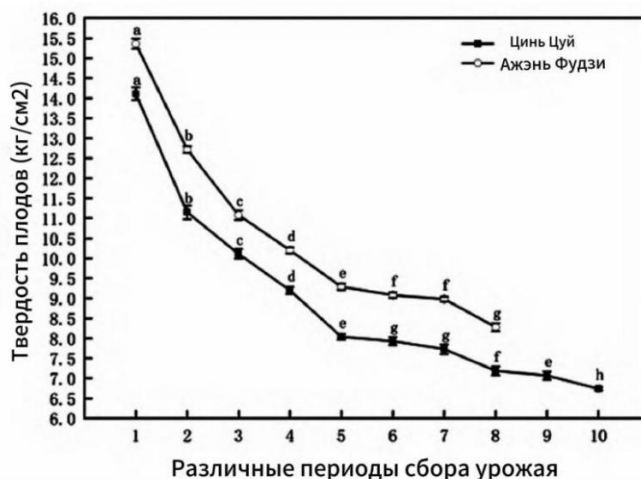


Рис. 4. Изменение твердости плодов разных степеней зрелости Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи

Изменения содержания растворимых сухих веществ в процессе созревания плодов Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи показаны на рисунке 5. С переносом периода сбора урожая содержание растворимых сухих веществ в плодах Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи растет и содержание в Ажэнь Фудзи всегда выше, чем в плодах Цинь Цуй. Содержание растворимых сухих веществ в Цинь Цуй продолжало увеличиваться с 21 августа по 2 октября, а после 2 октября этот рост замедлился. К 19 октября оно увеличилось на 3,78%; содержание растворимых сухих веществ, собранных Ажэнь Фудзи до 11 октября, увеличилось на 2,99%.

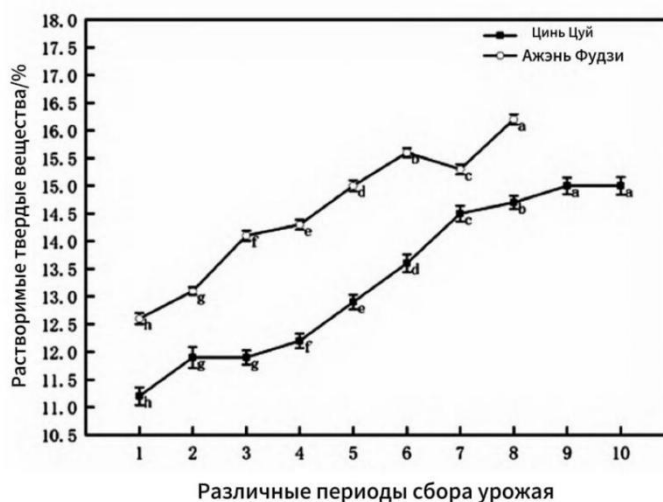


Рис. 5. Изменение содержания растворимых твердых веществ разных степеней зрелости Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи

Изменения в содержании титруемой кислоты в плодах Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи в процессе созревания показаны на рисунке 6. С переносом периода сбора урожая содержание титруемой кислоты в плодах Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи имело тенденцию к снижению, а

содержание титруемой кислоты в плодах Цинь Цуй было больше, чем обычно. изменение содержания кислоты в Ажэнь Фудзи больше. Содержание титруемой кислоты в Цинь Цуй снизилось на 0.27% с 21 августа по 19 октября; содержание титруемой кислоты у Ажэнь Фудзи снизилось на 0.15% с 6 сентября по 23 октября.



Рис. 6. Изменение содержания титруемой кислоты разных степеней зрелости Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи

Изменения скорости выделения этилена из яблок Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи в процессе созревания показаны на рисунке 7. Скорость выделения этилена из Цинь Цуй резко возросла после 25 сентября, а 2 октября скорость выделения этилена достигла своего пика. Скорость выделения этилена из Ажэнь Фудзи резко возросла после 25 сентября и 4 октября уровень выброса этилена достиг своего пика 11 октября.

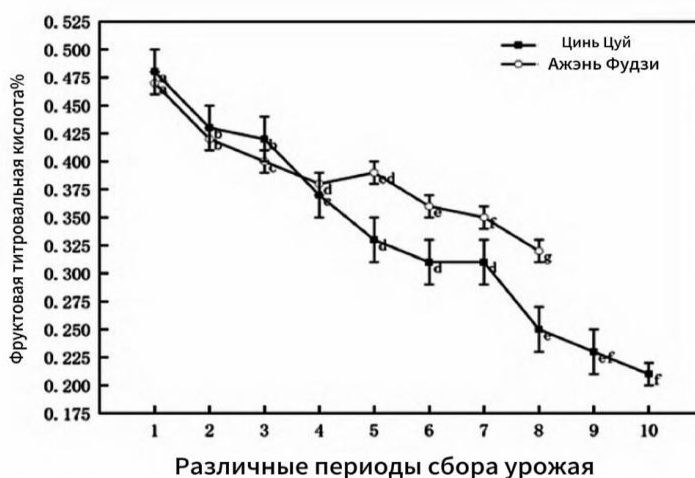


Рис. 7. Изменение содержания этилена разных степеней зрелости Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи

Индекс крахмала и профили окрашивания крахмалом плодов Цинь Цуй и Ажэнь Фудзи можно увидеть в таблице 2. С 17 по 25 сентября в яблоках Цинь Цуй крахмал разлагался быстрее и уровень окрашивания крахмалом составлял 4-5. В это время твердость плодов начала снижаться, а качество плодов увеличилось за счёт увеличения содержания растворимых сухих веществ. Плоды, предназначенные для длительного хранения, могут быть использованы для сбора урожая на данном этапе. Когда 2 октября уровень окрашивания крахмалом достиг 6-го уровня, степень гидролиза крахмала была выше и плоды достигли более зрелой стадии, которая была пригодна для употребления в свежем виде. С 7 по 12 октября, когда степень окрашивания крахмала составляла от 7 до 8, крахмал был в основном гидролизован и плоды достигли полной спелости.

Как видно из таблицы 3, в Ажэнь Фудзи крахмал разлагался быстрее с 27 сентября по 4 октября, а степень окрашивания крахмалом составляла от 4 до 5. В это время твердость плодов начала снижаться, а содержание растворимых сухих веществ увеличивалось. Плоды для длительного хранения можно рассматривать как сбор урожая на данном этапе. Когда 11 октября уровень окрашивания крахмалом достиг 6-го уровня, степень гидролиза крахмала была выше и плоды достигли более зрелой стадии, которая была пригодна для употребления в свежем виде. С 16 по 23 октября степень окрашивания крахмала составляла от 7 до 8, крахмал в основном гидролизировался, и плоды достигли полной спелости.

Таблица 2. Карта окрашивания крахмалом хрустящего яблока Цинь Цуй



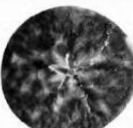
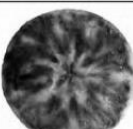
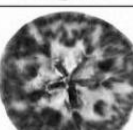
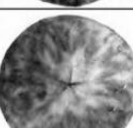
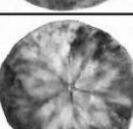



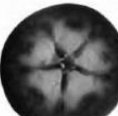
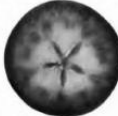




Время сбора урожая	Количество дней после цветения/d	Карта окрашивания	Эффективность окрашивания	Индекс крахмала	Степень окрашивания
2022-08-28	127		Сердце плода: 100% мякоть : 100%	1	1
2022-09-04	134		Сердце плода: 50% мякоть : 90%	1.8	2
2022-09-11	141		Сердце плода: 0% мякоть : 80%	3	3
2022-09-17	147		Сердце плода : 0% мякоть : 60%	3.7	4
2022-09-25	155		Сердце плода : 0% мякоть : 40%	4.6	5
2022-10-02	162		Сердце плода : 0% мякоть : 20%	5.5	6
2022-10-07	167		Сердце плода : 0% мякоть : 10%	7	7
2022-10-12	172		Сердце плода : 0% мякоть : 0%	8	8

Таблица 3. Карта окрашивания крахмалом хрустящего яблока Ажэнь Фудзи

Время сбора урожая	Количество дней после цветения	Карта окрашивания	Эффективность окрашивания	Индекс крахмала	Степень окрашивания
2022-09-06	140		Сердце плода : 100% мякоть : 100%	1	1
2022-09-13	147		Сердце плода : 50% мякоть : 90%	1.8	2
2022-09-20	154		Сердце плода : 0% мякоть : 80%	3	3
2022-09-27	167		Сердце плода : 0% мякоть : 60%	3.7	4
2022-10-04	168		Сердце плода : 0% мякоть : 40%	5	5
2022-10-11	175		Сердце плода : 0% мякоть : 20%	5.5	6
2022-10-16	180		Сердце плода : 0% мякоть : 10%	7	7
2022-10-23	187		Сердце плода : 0% мякоть : 0%	8	8

### Обсуждение

Период сбора урожая яблок напрямую влияет на их урожайность, качество и последующее хранение. Если собрать урожай слишком рано, плоды не успеют полностью развиваться, что скажется на их товарных свойствах. Плоды, собранные рано, часто бывают слишком светлыми, их внешний вид и цвет не могут достичь наилучшего состояния, а содержание сахара в плодах относительно низкое, что не только влияет на вкус, но и может привести к ухудшению качества, что оказывают неблагоприятное влияние на свойства при последующем хранении. Правильная задержка периода сбора урожая может эффективно увеличить урожайность и содержание сахара в плодах, придать им более яркую окраску и, таким образом, улучшить их общее качество. При слишком позднем сборе урожая, хотя съедобные качества плодов могут быть в определенной степени улучшены, это также может привести к размягчению мякоти, увеличению риска растрескивания плодов и ускорению их созревания и потемнения. Поэтому, чтобы обеспечить наилучшие пищевые качества и длительный срок хранения яблок, а также добиться высокой экономической выгоды, необходимо точно соблюдать сроки сбора урожая.

В производственной практике определение наиболее подходящего периода сбора урожая обычно основывается на конкретном назначении плодов. Однако из-за разнообразия климатических условий, методов выращивания и условий обработки почвы рост и зрелость

плодов значительно различаются. Для того, чтобы гарантировать соответствие собранных плодов требованиям к качеству, в дополнение к конечному использованию плодов (например, для употребления в свежем виде, переработки и хранения), необходимо также учитывать другие показатели, такие как твердость, цвет, содержание сахара и текстура мякоти, для вынесения всестороннего суждения. Ли Янь изучал период сбора плодов яблок Нью Ред Стар, роуз Ред и Ред Стар и заметил, что по мере того, как период сбора урожая затягивался, содержание крахмала в плодах постепенно снижалось, в то время как другие включения постепенно увеличивались; особенно при приближении к оптимальному периоду сбора урожая скорость снижения содержания крахмала значительно ускорялась, а качество отдельных плодов и содержание антоцианов также быстро повышались. Напротив, увеличение содержания растворимых сухих веществ и общего содержания сахара было относительно стабильным. Исследование Ван Гуйпина, посвященное периоду сбора урожая фруктов New Red General и Hanfu, показало, что с переносом периода сбора урожая показатели качества и окраски отдельных плодов New Red General постепенно повышались, в то время как показатели формы плодов и содержание растворимых твердых веществ сначала увеличивались, а затем снижались, при этом его твердость постепенно снижается. Что касается яблок Hanfu, то качество их отдельных плодов также повышается с переносом периода сбора урожая. Показатели формы плодов, окраски и содержания растворимых твердых веществ сначала увеличиваются, а затем снижаются, а показатели вкуса и твердости снижаются постепенно.

Метод крахмального окрашивания atlas отличается простотой и эффективностью, что делает его идеальным методом определения периода сбора урожая яблок. Davis (1936) и другие впервые подготовили стандартный эталонный спектр яблок McIntosh. Чэнь Цисю (1996) использовал метод окрашивания крахмалом и йодом для определения подходящего периода сбора урожая яблок для сортов Синьхунсин, Голден Краун и Сюй Фрутс. Ван Жуэцин (2006) составил карты окрашивания крахмалом для сортов Гала, Цинь Гуань и Яблоки Фудзи и определил подходящие сроки их сбора. Когда крахмальный индекс яблока Gala достигает 5, его плодовая зрелость соответствует требованиям стандарта для сбора урожая. Крахмальный индекс яблока Цинь Гуань достигает 7, что является лучшим периодом сбора урожая, в то время как Фудзи нужно собирать, когда крахмальный индекс достигнет 8. Исследование Ван Чжао Цяня (2011) показывает, что когда индекс окрашивания яблок pink lady в крахмал достигает 5, это дает надежную основу для оценки периода сбора урожая. Содержание крахмала в разных сортах яблок отражает разные стадии зрелости. Эту характеристику можно определить, наблюдая за окрашиванием крахмалом поперечного сечения плода после его разрезания.

### Заключение

В период с 17 по 25 сентября крахмал Цинь Цуй разлагался быстрее и степень окрашивания крахмала составляла от 4 до 5. В это время масса одного плода составляла 296.64-330.04 г, твердость – 8.04-7.93 кг/см<sup>2</sup>, содержание растворимых сухих веществ - 12.88~13.57%, а плотность – 100 г/см<sup>2</sup>, содержание титруемой кислоты составило 0.33%~0.31%. Плоды, используемые для длительного хранения, могут быть использованы для сбора урожая на данном этапе, если 2 октября степень окрашивания крахмалом достигает 6-го уровня, степень гидролиза крахмала выше, в это время масса одного плода составляет 406.95 г, то твердость составляет 7.73 кг/см<sup>2</sup>, содержание растворимых сухих веществ – 14.5%, а содержание титруемой кислоты – 0.31%. Плоды достигли более зрелой стадии и пригодны для употребления в пищу в свежем виде. 7-12 октября степень окрашивания крахмалом составляет 7-8, а содержание крахмала в плодах в основном гидролизуются. В это время вес одного плода составляет 412.81~ 407.62 г, твердость – 7.19~7.07 кг/см<sup>2</sup>, а содержание растворимых твердых веществ – 14.71%~15.02%, содержание титруемой кислоты – 0.25%~0.23%, а плод достигает полностью созревшее состояние.

В период с 27 сентября по 4 октября в Ажэнь Фудзи быстро разлагался крахмал, а степень окрашивания крахмала составляла от 4 до 5. В это время вес одного плода составлял

242.19-243.64 г, твердость – 10.3-9.29 кг/см<sup>2</sup>, содержание растворимых твердых веществ – 14,28~15,01%, содержание сахара – 14.28~15.01%, содержание титруемой кислоты – 0.38~0.39%. Плоды, предназначенные для длительного хранения, можно использовать для сбора урожая на данном этапе. 11 октября, когда степень окрашивания крахмала была на уровне 6, степень гидролиза крахмала была выше. В это время масса одного фрукта составляло 273.01г, твердость – 9.08 кг/см<sup>2</sup>, содержание растворимых твердых веществ – 15.56%, а содержание кислоты, поддающейся титрованию – 0.36%. Плоды достигли более зрелой стадии и были пригодны для употребления в свежем виде. С 16 по 23 октября степень окрашивания крахмала составляла 7~8, а фруктовый крахмал в основном подвергался гидролизу. В это время масса одного фрукта составляло 284.44~ 295.37 г, твердость 8.98~ 8.28 кг/см<sup>2</sup>, содержание растворимых твердых веществ – 15.28%~16.23%, а содержание титруемой кислоты составляло 0.35-0.32% и плоды достигали зрелости.

#### Литература

1. Цзоу Янцзюнь, Ма Фэнван, Фу Сюаньчан и др. Новый сорт яблок позднего срока созревания Цинь Цуй [J]. Журнал садоводства. – 2019. – № 46(05):1 011-1 012.
2. Хо Юкун. Изучение особенностей роста и культивирования яблок сорта Цинь Цуй Исследование [D]. Шэньси Ян Лин: Северо-Западный университет, 2023.
3. Мэн Юнь, Ван Цзинцзин, Тянь Хуэйхуэй и др. Яблоко Ажэнь Фудзи в Цяньяне, Шэньси Производительность введения [J]. Лиственные фруктовые деревья. – 2020. – № 52(01):30-32+3.
4. Хэ Ваньру, Ван Цзюньфэн, Ли Цзингао и др. Крахмал в процессе созревания яблок разных сортов Создание атласа окрашивания [J]. Северное садоводство. – 2018. – (02):52-58.
5. Ван Гуйпин, Сюэ Сяоминь, Лу Чао и др. Период сбора урожая приходится на период производства яблок Gala и Fuji Исследование влияния качества [J]. Лиственные фруктовые деревья. – 2016. – №48(01):9-11.

#### References

1. Tszou Yantszyun', Ma Fenvan, Fu Syuan'chan et al. New variety of late ripening apples Qin cui [J]. *Journal of Horticulture*, 2019, 46(05):1 011-1 012.
2. Kho Yukun Study of growth and cultivation features of Qin cui apple variety. Research [D]. Shen'si Yan Lin: Northwest A&F University, 2023.
3. Men Yun', Van Tszintszin, Tyan' Khueikhuei et al. Azhen Fuji apple in Qianyang, Shaanxi Introduction Performance [J]. *Deciduous fruit trees*, 2020, 52(01):30-32+3.
4. Khe Van'ru, Van Tszyun'fen, Li Tszingao et al. Starch in the ripening process of apples of different varieties Creation of an atlas of coloration [J]. *Northern horticulture*, 2018(02):52-58.
5. Van Guipin, Syue Syaomin', Lu Chao et al. The harvest period falls in the production period of Gala and Fuji apples A study on the effect of quality [J]. *Deciduous fruit trees*, 2016,48(01):9-11.

## **ПРИМЕНЕНИЕ СТИМУЛИРУЮЩИХ СУБСИДИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

**Н.В. КИРЕЕНКО**, доктор экономических наук,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9781-5780>, [natallia\\_kireenko@mail.ru](mailto:natallia_kireenko@mail.ru)

**И.А. ВОЙТКО**, кандидат экономических наук,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8627-0559>, [kozakevich@mail.ru](mailto:kozakevich@mail.ru)

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», МИНСК, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

***Аннотация.** В статье определена роль зерновых культур как важнейшей в хозяйственной деятельности человека группы возделываемых растений, дающих зерно, основной продукт питания человека (крупя), а также сырье для различных отраслей промышленности и корма для сельскохозяйственных животных. В данном контексте выявлены основные тенденции развития зерновой отрасли республики Беларусь с учетом глобальных изменений. Установлено, что в последние годы наблюдается увеличение валовых сборов зерновых культур, в основном, за счет роста их урожайности. Наиболее эффективно функционирующими являются Брестская, Минская и Гродненская области. При уровне товарности зерна в среднем 50% в сельскохозяйственных организациях реализация этого вида продукции является рентабельной. Наряду с этим, обосновано практическое применение стимулирующих субсидий в сельском хозяйстве республики Беларусь с целью повышения эффективности производства и переработки продукции. В настоящее время для отдельных видов зерновых культур (просо, ячмень, гречиха) применяются субсидии на единицу реализованной и (или) направленной в обработку (переработку) продукции, а также действуют фиксированные цены на продукцию, закупаемую для республиканских государственных нужд. В то же время определено, что производство зерновых культур имеет резервы роста эффективности, в том числе за применения стимулирующих рост урожайности субсидий. Выполненные расчеты прогнозов развития растениеводства республики Беларусь при применении таких субсидий показали, что в результате создаются условия для повышения эффективности как реализации зерновых культур, так и деятельности сельского хозяйства в целом.*

***Ключевые слова:** сельское хозяйство, зерновые культуры, субсидии, стимулирование, урожайность, государственная поддержка.*

***Для цитирования:** Киреенко Н.В., Войтко И.А. Применение стимулирующих субсидий в сельском хозяйстве республики Беларусь как фактор повышения эффективности производства и переработки зерновых культур. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3(51):160-170. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-160-170*

## **THE USE OF INCENTIVE SUBSIDIES IN AGRICULTURE OF THE REPUBLIC OF BELARUS AS A FACTOR IN INCREASING THE EFFICIENCY OF PRODUCTION AND PROCESSING OF GRAIN CROPS**

**N.V. Kireenko, I.A. Voitko**

EDUCATIONAL INSTITUTION «BELARUSIAN STATE AGRARIAN TECHNICAL UNIVERSITY», MINSK, REPUBLIC OF BELARUS



**Abstract:** *The article defines the role of grain crops as the most important group of cultivated plants in human economic activity, yielding grain, the main human food product (cereals), as well as raw materials for various industries and feed for farm animals. In this context, the main trends in the development of the grain industry of the Republic of Belarus are identified, taking into account global changes. It has been established that in recent years there has been an increase in gross harvests of grain crops, mainly due to the growth of their productivity. The most effectively functioning are the Brest, Minsk and Grodno regions. With an average grain marketability level of 50% in agricultural organizations, the sale of this type of product is profitable. Along with this, the practical application of incentive subsidies in agriculture of the Republic of Belarus is substantiated in order to increase the efficiency of production and processing of products. Currently, for certain types of grain crops (millet, barley, buckwheat), subsidies are applied per unit of sold and (or) sent for processing (processing) products, and fixed prices are also in effect for products purchased for national state needs. At the same time, it has been determined that grain crop production has reserves for efficiency growth, including through the use of subsidies that stimulate yield growth. The calculations of the forecasts for the development of crop production in the Republic of Belarus with the use of such subsidies have shown that as a result, conditions are created for increasing the efficiency of both the sale of grain crops and agricultural activities in general.*

**Keywords:** agriculture, grain crops, subsidies, incentives, yield, state support.

**Введение.** Наличие развитого и устойчивого сельскохозяйственного производства дает каждой стране уверенность в возможности обеспечить национальную продовольственную безопасность за счет собственных источников и противостоять внешним вызовам и угрозам [1, 2, 3, 4]. В то же время, учитывая то, что сельское хозяйство остается менее, по сравнению с промышленностью, привлекательным местом приложения труда, то подавляющее большинство государств стремятся поддержать отечественного производителя продукции, оказывая соответствующие меры государственной поддержки. Как показывает практика, последние могут быть направлены на стимулирование деловой активности и поддержание доходности – от льгот в области налогообложения до субсидирования надбавок к ценам на реализуемую сельскохозяйственную продукцию [5, 6, 7].

Изучение зарубежного опыта показало, что одной из действенных мер государственной поддержки может стать применение стимулирующих рост урожайности субсидий, которая направлена на компенсацию части затрат на производство дополнительного (прироста) объема продукции с единицы посевной площади. Апробация выработанных методических подходов на примере развития зерновой отрасли показала, что выделение стимулирующих субсидий создает условия для наращивания объемов производства продукции, что для рентабельных ее видов становится еще и дополнительным фактором роста эффективности деятельности организации в целом.

### **Материал и методы исследований**

Научные исследования базировались на фактических данных Министерства сельского хозяйства и продовольствия республики Беларусь, Национального статистического комитета республики Беларусь. В ходе исследования изучены международные и национальные нормативные правовые акты в сфере развития государственной аграрной политики. Используются монографический, методы системного и сравнительного анализа, расчетно-конструктивный.

### **Результаты и их обсуждение**

Производство зерновых культур является традиционным для республики Беларусь. Во-первых, это обусловлено, тем, что зерновая продукция является сырьем для производства основных продуктов питания для населения – хлеба и хлебобулочных изделий; во-вторых, зерно формирует основу кормового рациона для сельскохозяйственных животных; в-третьих, природно-климатические условия в нашей стране позволяют практически повсеместно выращивать зерновые культуры.

В структуре товарной продукции сельскохозяйственных организаций республики

Беларусь зерновые культуры занимают порядка 10% (рис. 1). При этом уровень товарности находится на уровне 50%, что говорит об использовании половины полученного зерна на нужды организации (корма для животных, семена для посева и пр.).

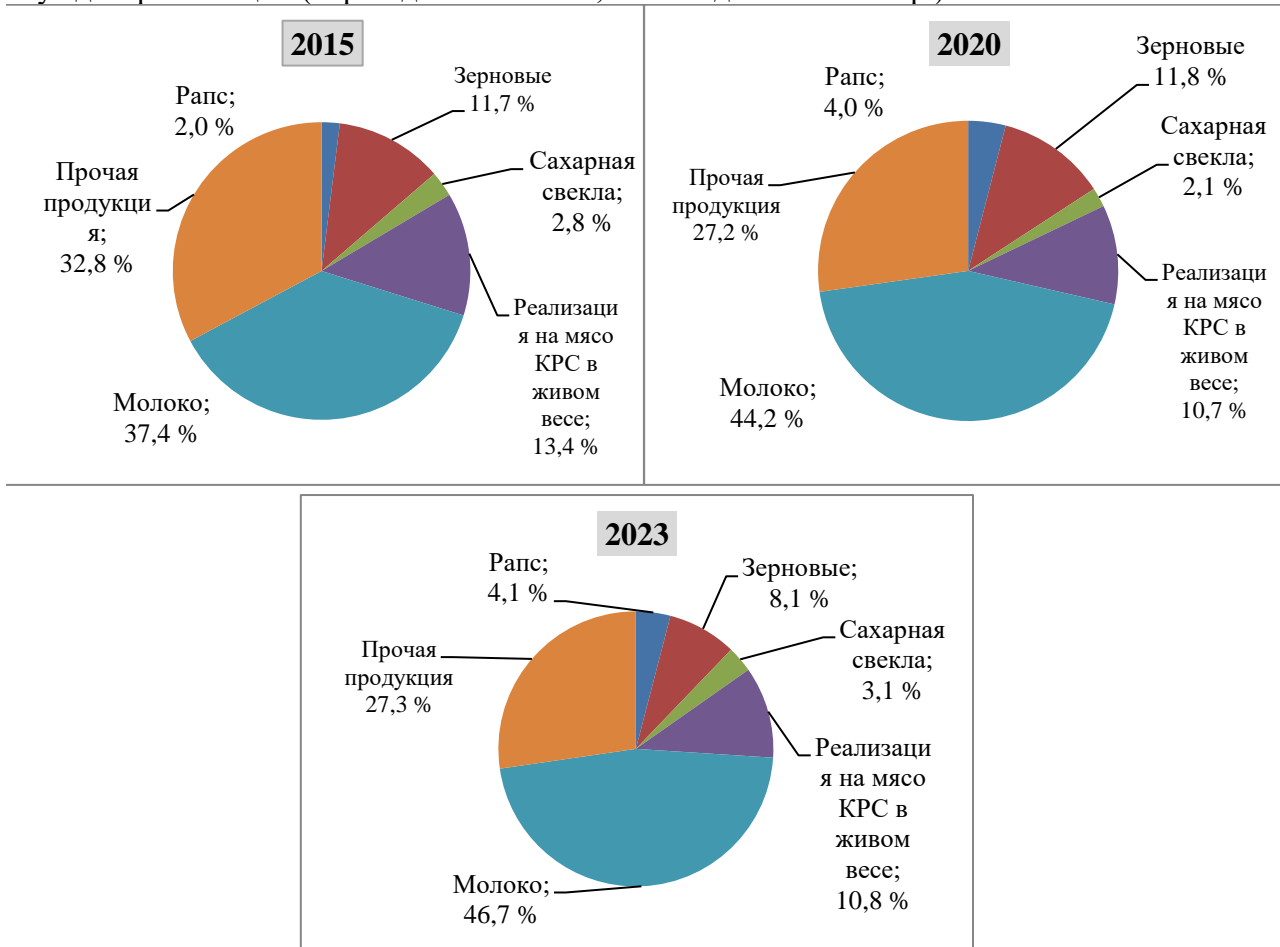


Рис. 1. Структура товарной продукции в сельскохозяйственных организациях Министерства сельского хозяйства и продовольствия республики Беларусь, 2015-2023 гг., %<sup>1</sup>

В Беларуси выращиванием зерновых и зернобобовых культур занимаются все сельскохозяйственные организации. Исследования показывают, что в динамике валовые сборы по республике варьируют, но имеют тенденцию к росту (рис. 2).

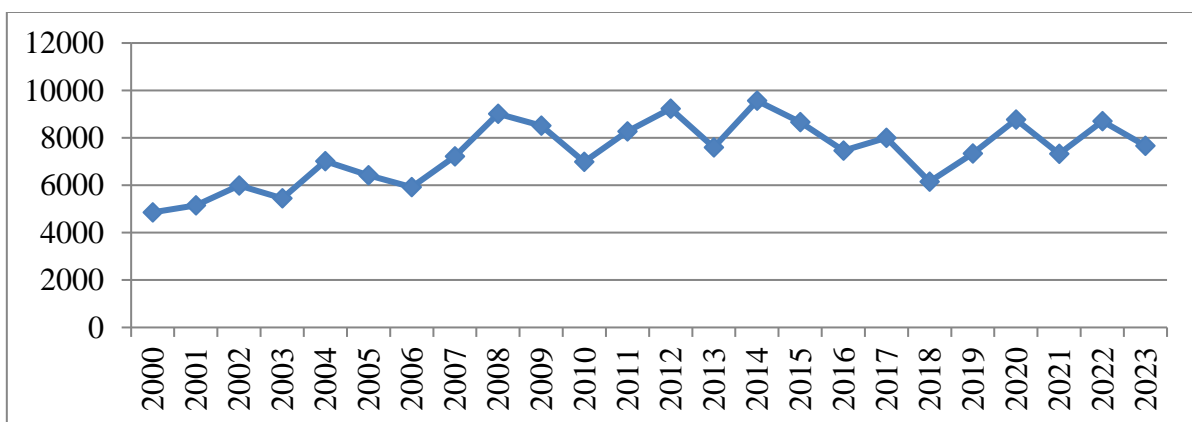


Рис. 2. Динамика валовых сборов зерновых и зернобобовых в хозяйствах всех категорий республики Беларусь, 2000-2023 гг., тыс. т<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Данные Министерства сельского хозяйства и продовольствия республики Беларусь.

<sup>2</sup> Рисунки 2-3 выполнены по данным Национального статистического комитета республики Беларусь.

Выполненный нами анализ показал, что за последние пять лет 2020 и 2022 годы оказались наиболее урожайными (справочно: валовой сбор зерновых в хозяйствах всех категорий составил 8770 и 8701 тыс. т соответственно). В целом, за период с 2000 по 2023 гг. сбор зерновых культур увеличился на 39,3 % и составил 7665 тыс. т (в хозяйствах всех категорий). В разрезе регионов наибольший удельный вес занимают Минская и Гродненская области (в 2023 г. – 24,6 и 22,3 % от общего валового сбора по республике соответственно) (рис. 3).

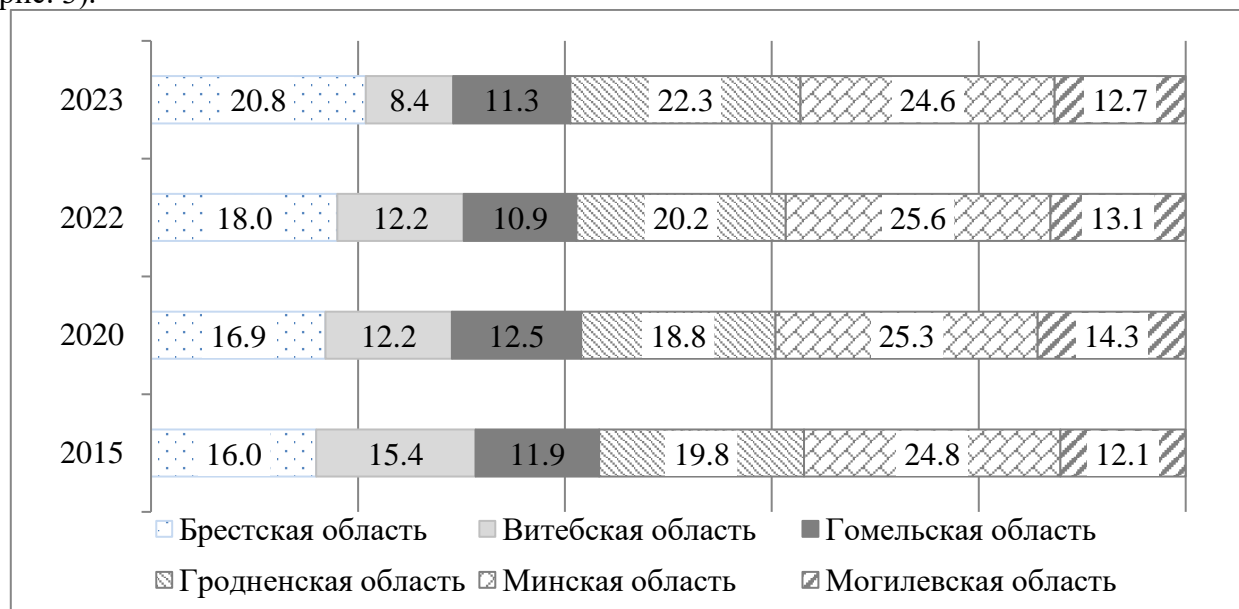


Рис. 3. Структура валового сбора зерновых в разрезе областей республики Беларусь за 2015-2023 гг., %

В разрезе регионов сложилась следующая ситуация. Так, в динамике наблюдается снижение доли Витебской области в валовом производстве зерновых и зернобобовых, что обусловлено уменьшением посевных площадей под зерновыми культурами (табл. 1). Кроме того, в данной области традиционно и меньшая урожайность зерновых культур, по сравнению с другими областями.

Таблица 1

**Посевная площадь под зерновыми и зернобобовыми культурами в хозяйствах всех категорий в разрезе областей республики Беларусь, 2015-2023 гг., тыс/га<sup>3</sup>**

Область	Год								
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Республика Беларусь	2383	2359	2400	2316	2416	2499	2490	2533	2345
Брестская	363	380	383	378	387	392	408	414	402
Витебская	400	332	335	328	357	377	342	380	292
Гомельская	366	396	418	380	391	406	405	411	357
Гродненская	358	348	357	351	367	365	378	374	376
Минская	556	558	553	534	566	567	562	552	533
Могилевская	340	346	354	344	350	393	396	403	385

Анализ показывает, что посевные площади под зерновыми культурами в целом по республике характеризуются небольшой вариацией, но остаются стабильными. Наряду со снижением площадей посева зерновых в Витебской области, наблюдается их увеличение в Брестском регионе. Это позволяет сделать вывод о том, что рост объемов валового производства проявляется за счет роста урожайности (табл. 2).

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 18.07.2024.

<sup>3</sup> Таблицы 1-2 составлены по данным Национального статистического комитета республики Беларусь. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 18.07.2024.

Таблица 2

**Урожайность зерновых и зернобобовых культур в хозяйствах всех категорий в разрезе областей Республики Беларусь, 2015–2023 гг., ц/га**

Область	Год									2023 г. в % к 2015 г.
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
Республика Беларусь	37	32	33	27	30	35	30	35	33	89,1
Брестская	38	34	35	29	34	38	35	38	40	105,3
Витебская	33	24	28	23	27	28	24	28	23	69,7
Гомельская	28	30	28	24	24	27	23	23	25	89,3
Гродненская	48	35	40	30	37	45	36	47	46	95,8
Минская	38	33	35	28	33	39	34	41	36	94,7
Могилевская	32	31	33	25	26	32	26	28	26	81,3

По республике за период с 2015 г. по 2023 г. урожайность зерновых снизилась на 10,9 %. Наибольший прирост отмечался в Брестской области (на 5,3%). Так, если в 2015 г. урожайность была на уровне 37 ц/га, то к 2023 г. ее уровень составил 40 ц/га. При этом доля этого региона в совокупных по республике посевах зерновых по годам возрастает. Отрицательным фактом выявлено снижение в динамике урожайности в других областях.

В целом эффективность производства и реализация зерновых и зернобобовых находится на относительно высоком уровне. На общем фоне этот вид продукции по уровню рентабельности уступает только молоку и рапсу (табл.3). Наибольшие убытки приносит реализация

Таблица 3

**Рентабельность продукции, реализованной сельскохозяйственными организациями Республики Беларусь, 2015–2023 гг., %<sup>4</sup>**

Продукция	Год								
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
По продукции растениеводства и животноводства	0,1	2,0	8,3	4,3	4,6	5,9	6,0	10,3	6,4
Продукция растениеводства	6,7	14,0	20,3	14,3	17,3	19,9	19,6	21,1	15,7
<b>Зерновые культуры</b>	<b>8,7</b>	<b>10,1</b>	<b>16,2</b>	<b>15,1</b>	<b>19,7</b>	<b>22,8</b>	<b>15,3</b>	<b>19,4</b>	<b>11,6</b>
Картофель	2,2	-24,7	0,1	-0,2	-1,2	5,6	21,2	10,9	-22,1
Льнотреста	-34,2	-43,0	-44,3	-44,4	-45,4	-44,6	-15,9	-27,1	-29,1
Рапс	6,9	18,5	33,5	17,1	22,1	38,4	47,0	44,9	28,2
Продукция животноводства	-1,6	-0,9	5,3	2,1	1,6	2,6	3,0	7,9	4,5
Реализация на мясо КРС в живом весе	-33,1	-36,0	-35,3	-37,5	-42,5	-43,3	-43,2	-40,8	-43,5
Молоко	15,0	18,7	28,4	26,2	27,7	31,8	30,9	38,3	32,2

Учитывая сложившуюся ситуацию, Правительством республики Беларусь предпринимаются меры по созданию благоприятных условий для развития отрасли. Так, ежегодно постановлениями Совета Министров республики Беларусь устанавливается размер субсидий на единицу реализованной и (или) направленной в обработку (переработку) сельскохозяйственной продукции, и в перечень такой продукции включены отдельные виды зерновых культур (просо, ячмень и гречиха) (табл. 4).

<sup>4</sup> Данные Министерства сельского хозяйства и продовольствия республики Беларусь.

Таблица 4

**Размер субсидий на единицу реализованной и (или) направленной в обработку (переработку) продукции зерновых культур, 2022–2024 гг.<sup>5, 6, 7</sup>**

Вид продукции	Надбавки за 1 т (без учета НДС), руб. <sup>8</sup>			Целевое использование средств (рекомендация)
	2022	2023	2024	
Просо (классы 1, 2)	129,7	141,9	152,0	– для приобретения энергоресурсов, минеральных удобрений, горюче-смазочных материалов, семян, средств защиты растений, ветеринарных препаратов, белкового сырья, зерна, комбикормов, запасных частей для сельскохозяйственной техники и др.
Ячмень (класс 1)	178,0	194,7	208,5	
Гречиха	105,1	115,0	123,2	

Кроме того, постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь № 26 от 26.03.2024 г. установлен фиксированный уровень цен на сельскохозяйственную продукцию (растениеводства) урожая 2024 г, закупаемую для республиканских государственных нужд (табл. 5). При установлении цен учитывались как качество поставляемой в переработку продукции, так и сезонность поставок.

Таблица 5

**Фиксированный уровень цен на продукцию зерновых культур урожая 2024 г., закупаемую для республиканских государственных нужд<sup>9</sup>**

Наименование сельскохозяйственной продукции	Фиксированная цена за 1 тонну <sup>10</sup> , руб.
Ячмень пивоваренный (ТУ ВУ 90239501.773-2010 с изменениями № 1 ВУ, 2 ВУ, 3 ВУ)	478,35
Ячмень пивоваренный второго класса (ТУ ВУ 200075434.007-2016 с изменениями № 1 ВУ, 2 ВУ)	478,35
Ячмень (ГОСТ 28672-90 с изменениями № 1 ВУ, 2 ВУ), поставляемый для продовольственных целей (класс 1)	289,18
Рожь (ГОСТ 16990-88 с изменениями № 1, 2 РБ, 3 ВУ, 4 ВУ, классы 1–3 или группа А), поставляемая для переработки в муку	370,04
Пшеница (ГОСТ 9353-90 с изменениями № 1 ВУ, 2 ВУ) озимая и яровая мягкая с массовой долей клейковины:	
не менее 28 процентов (класс 2)	523,36
не менее 23 процентов (класс 3)	478,35
не менее 18 процентов (класс 4)	419,12
Овес (ГОСТ 28673-90 с изменениями № 1, 2 ВУ, 3 ВУ), поставляемый для продовольственных целей:	
класс 1	385,83
класс 2	363,52
класс 3	291,07
Гречиха (ГОСТ 19092-92), поставляемая для переработки в крупу:	
класс 1	903,23
класс 2	840,63
класс 3	747,50
Просо (ГОСТ 22983-2016):	
класс 1	293,98
класс 2	269,32

<sup>5</sup> По данным источника [8].

<sup>6</sup> По данным источника [9].

<sup>7</sup> По данным источника [10].

<sup>8</sup> По данным Национального банка республики Беларусь на 1 августа 2024 г курс российского рубля составлял: 100 российских рублей = 3,6 белорусских рубля.

<sup>9</sup> По данным источника [11].

<sup>10</sup> Без налога на добавленную стоимость, на условиях франкоорганизация, осуществляющая производство сельскохозяйственной продукции.

В то же время средние цены производителей сельскохозяйственной продукции на зерновые культуры демонстрируют стабильную положительную динамику как в среднем по зерновым, так и в разрезе видов продукции (табл. 6).

Таблица 6

**Средние цены производителей на отдельные виды зерновой продукции,  
2015-2023 гг., руб./т<sup>11</sup>**

Виды сельскохозяйственной продукции	Год									2023 г. в % к 2016 г.	Средне- годовой темп роста
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
Культуры зерновые	199	237	276	328	345	366	384	468	490	246,0	1,12
Пшеница	206	252	285	322	345	363	382	464	473	229,6	1,11
Ячмень	202	205	268	293	331	357	386	470	503	249,0	1,12
Рожь	136	171	192	209	245	261	267	355	378	277,9	1,14
Овес	150	150	171	203	223	258	283	342	382	254,7	1,12
Гречиха	333	433	505	542	481	522	578	739	824	247,4	1,12
Просо	105	222	275	310	282	292	365	314	360	342,9	1,17

Как видно, наибольший прирост показали цены на просо, овес и рожь, а в меньшей степени выросли – на пшеницу и гречиху. Кроме того, сравнение фиксированных цен на продукцию урожая 2024 г., закупаемую для республиканских государственных нужд, показало, что установление таких цен базируется на средне сложившемся уровне цен производителей сельскохозяйственной продукции и планируемого уровня инфляции.

Несмотря на полученные неплохие результаты производства и реализации зерновых, следует отметить, что низкая эффективность в сельском хозяйстве в целом остается комплексной, затрагивающей, как весь технологический процесс, специфику его реализации, а также происходящие макроэкономические процессы и природно-климатические условия. В этой связи решение данной ситуации следует осуществлять по множеству направлений, в том числе тем, которые на первый взгляд дают незначительный экономический эффект, но в перспективе могут оказать положительное влияние на результативность аграрной сферы в целом.

Выполненные исследования свидетельствуют о том, что для урегулирования проблемы невысокой эффективности и роста долгов в сельском хозяйстве может применяться стимулирование за счет выделения специальной бюджетной субсидии роста объемов производства интенсивными методами (роста урожайности). Это обусловлено следующим:

– урожайность зерновых культур в целом и по отдельным их видам показывает, что ее увеличение все еще возможно за счет совершенствования применяемых технологий и строгого их соблюдения. Так, по информации, приведенной в источнике (Войтко, Киреенко, 2023), урожайность в 100 сельскохозяйственных организациях, показывающих наибольший ее уровень, превышает среднереспубликанскую в 1,9 раза. Это дает основание полагать, что при строгом соблюдении технологий производства и их совершенствовании в природно-климатических условиях республики Беларусь возможен рост урожайности зерновых культур;

– рентабельность реализации зерновых культур является положительной и находится на уровне от 10 до 20%. Это означает, что увеличение объемов производства продукции приведет к возможности реализации рентабельного вида продукции и росту размера получаемой прибыли;

– до 50% произведенного зерна используется в сельскохозяйственных организациях на собственные нужды, в том числе на корма для животных. Поэтому увеличение объемов производства зерновых культур позволяет улучшить кормовую базу для

<sup>11</sup> Данные Министерства сельского хозяйства и продовольствия республики Беларусь.

сельскохозяйственных животных, что также положительно скажется на их продуктивности.

Таким образом, стимулирование роста объемов производства и реализации продукции, а также повышение доходности субъектов направлено на формирование условий для стабильного развития аграрного бизнеса и сельских территорий как места для проживания и работы сельских жителей.

Для обоснования целесообразности применения предлагаемых методических подходов нами проведены варианты расчетов прогнозов развития сельского хозяйства республики Беларусь при условии выделения стимулирующих рост урожайности зерновых культур субсидий. Прогнозы строились исходя из выделения субсидий в размере, необходимом для компенсации части затрат на производство дополнительной продукции с гектара посевов. Кроме того, проводились расчеты с использованием прогнозируемого ежегодного уровня инфляции в республике Беларусь в размере 7,5%.

На первом этапе был определен необходимый размер субсидии, а также объективно необходимых затрат на производство дополнительного объема продукции с единицы площади, что и положено в основу расчета стимулирующей субсидии. Особенностью предлагаемых подходов является деление затрат на постоянные и переменные. Постоянные затраты не зависят от объема выпуска и реализации продукции. Увеличение объемов производства приводит к уменьшению переменных расходов, приходящихся на единицу продукции, что повышает прибыль с единицы продукции за счет положительного эффекта масштаба. В рамках имеющейся информации при проведении расчетов с определенной степенью условности к переменным затратам при производстве зерновых нами были отнесены затраты на семена, удобрения и средства защиты растений, стоимость ГСМ на технологические цели, стоимость энергоресурсов на технологические цели.

В целом, по республике расчетный размер стимулирующей субсидии на зерновые культуры определялся исходя из размера переменных затрат на производство 1 ц продукции. Такой уровень прироста принят условно для примера с целью обоснования возможных прогнозов. При этом предполагается, что субсидия будет покрывать не все затраты, а только 25%. По данным 2023 г., исходя из вышеприведенных методических подходов, стимулирующая субсидия составит 6,0 руб./т (табл. 7).

Таблица 7

**Расчет размера стимулирующей субсидии на зерновые по сельскохозяйственным организациям Минсельхозпрода, 2023 г.**

Показатель	Значение
Фактически убранная площадь, га	1488364
Валовой сбор, т	4435525
Урожайность, ц/га	29,8
Продано всего в зачетном весе, т	2403511
Выручка от реализации продукции, тыс. руб.	1094104
Реализационная цена, руб./т	455
Полная себестоимость реализованной продукции, тыс. руб.	980130
Прибыль от реализации продукции, тыс. руб.	113974
<b>Стимулирующая субсидия, руб./т (определяется исходя из 25 % размера переменных затрат на производство 100 кг)</b>	<b>6,0</b>

В таблице 8 приведен прогноз развития зерновой отрасли в системе Министерства сельского хозяйства и продовольствия республики Беларусь с учетом применения стимулирующей субсидии на период до 2030 г.

Таблица 8

**Прогноз развития производства зерновых в сельскохозяйственных организациях  
Минсельхозпрода республики Беларусь при условии применения эффективных  
субсидий с учетом прогнозируемого ежегодного уровня инфляции 7,5%, 2024-2030 гг.**

Показатели	Год							
	2023 (факт)	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Фактически убранная площадь, тыс. га	1488,4	1488,4	1488,4	1488,4	1488,4	1488,4	1488,4	1488,4
Валовой сбор, тыс. т	4435,5	4584,2	4733,0	4881,8	5030,7	5179,5	5328,3	5477,2
Прирост валового сбора за счет роста урожайности, тыс. т	-	149	149	149	149	149	149	149
Урожайность, ц/га	29,8	30,8	31,8	32,8	33,8	34,8	35,8	36,8
Продано всего в зачетном весе, тыс. т	2403,5	2484,1	2564,7	2645,4	2726,0	2806,7	2887,3	2968,0
Выручка от реализации продукции, млн руб.	1094,1	1215,6	1349,2	1496,0	1657,2	1834,2	2028,4	2241,5
Реализационная цена, руб./т	455	489	526	566	608	654	703	755
Полная себестоимость реализованной продукции, млн. руб.	980,1	1053,6	1132,6	1217,6	1308,9	1407,0	1512,6	1626,0
Прибыль от реализации продукции, млн руб.	113,974	162	217	278	348	427	516	615
Себестоимость единицы реализованной продукции, руб./т	408	424	442	460	480	501	524	548
Эффективная субсидия, руб./га	6,0	6,2	6,5	6,8	7,0	7,4	7,7	8,0
Всего необходимо субсидий, млн руб.	8,9	9,3	9,6	10,1	10,5	10,9	11,4	12,0
Получено добавленной стоимости при производстве продукции на каждый рубль выделенных бюджетных средств эффективной субсидии, руб.	58,3	64,5	71,0	77,7	84,8	92,1	99,7	107,6
Получено прибыли от реализации продукции на каждый рубль выделенных бюджетных средств эффективной субсидии, руб.	12,80	17,49	22,45	27,70	33,22	39,02	45,09	51,44
Рентабельность реализации продукции, %	11,6	15,4	19,1	22,9	26,6	30,4	34,1	37,8

Приведенные в таблице данные свидетельствуют, что стимулирование роста урожайности зерновых показывает положительные результаты. Так, размер получаемой прибыли на каждый рубль выделенных субсидий увеличится к 2030 г. до 51,44 руб., добавленной стоимости – до 107,6 руб. При этом создаются условия для роста рентабельности реализации зерновых культур. При неизменных прочих условиях этот показатель к 2030 г. может достичь 37,8%.

**Заключение**

Одним из направлений повышения эффективности деятельности субъектов аграрного бизнеса нами рассматривается применение эффективных субсидий, выделение которых увязано с ростом урожайности сельскохозяйственных культур. Представленные авторские



методические подходы по увязке размера надбавок с величиной урожайности зерновых культур позволяют создать дополнительные экономические условия для стимулирования интенсивного развития сельскохозяйственного производства.

Обоснованы прогнозы развития сельского хозяйства республики Беларусь с учетом применения эффективных субсидий, рассчитанные на основании объективно необходимых переменных затрат на производство дополнительной продукции. Это показало превышение прироста производства и реализации продукции над приростом размера выделяемых субсидий, что дает основание рассматривать данный вид субсидии, как эффективную.

*Исследование выполнено в рамках Государственной программы научных исследований «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность» на 2021–2025 годы, подпрограммы 9.7 «Экономика АПК».*

### Литература

1. Киреенко Н.В. Новая конфигурация глобальных производственно-сбытовых цепочек на агропродовольственном рынке // Белорус. экон. журн. – 2022. – № 1. – С. 62–78.
2. Киселев С.В. Агропродовольственный экспорт России в условиях пандемического шока // Науч. исслед. экон. фак. Электрон. журн. – 2021. – Т. 13, № 3. – С. 46–56.
3. Турбан Г.В. Мировая торговля и торговые ограничения в условиях COVID-19 в соответствии с правилами ВТО // Oikonomos: J. Soc. Market Econ. – 2020. – № 2 (17). – P. 27–38.
4. Serova, E.V. Challenges for the development of the Russian agricultural sector in the mid-term // Russ. J. Econ. – 2020. – Vol. 6, № 1. – P. 1–5.
5. Бельский В.И. Экономический механизм государственного регулирования сельскохозяйственного производства: теория, методология, практика. – Минск : Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси. - 2018. – 265 с.
6. Войтко И.А. Прямое бюджетное субсидирование как фактор устойчивого развития сельскохозяйственного производства республики Беларусь. // Вести Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. – 2023. – № 2. – С. 95–108.
7. Войтко И.А., Киреенко Н. В. Рекомендации по формированию методологических подходов по совершенствованию системы государственной поддержки сельского хозяйства с учетом оценки эффективности ее применения – Минск : БГАТУ, 2023. – 152 с.
8. О выплатах в виде субсидий на единицу реализованной и (или) направленной в обработку (переработку) сельскохозяйственной продукции: Пост. Совета Министров респ. Беларусь от 27 января 2022 г. № 47 / Нац. реестр правовых актов респ. Беларусь от 29 января 2022 г. № 5/49893 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://mshp.gov.by/documents/plant/POST27012022\\_47.pdf](https://mshp.gov.by/documents/plant/POST27012022_47.pdf). – Дата доступа: 15.07.2024.
9. О выплатах в виде субсидий на единицу реализованной и (или) направленной в обработку (переработку) сельскохозяйственной продукции: Пост. Совета Министров респ. Беларусь 11 января 2023 г. № 24 / Нац. реестр правовых актов респ. Беларусь от 13 января 2023 г. № 5/51255 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mshp.gov.by/documents/plant/postanov24.pdf>. – Дата доступа: 16.07.2024.
10. О выплатах в виде субсидий на единицу реализованной и (или) направленной в обработку (переработку) сельскохозяйственной продукции: Пост. Совета Министров респ. Беларусь от 17 января 2024 г. № 44 / Нац. реестр правовых актов респ. Беларусь от 20 января 2024 г. № 5/52724 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mshp.gov.by/ru/credit-ru/view/razmery-nadbavok-za-realizovannuju-i-ili-napravlennuju-v-obrabotku-pererabotku-selskoxozjajstvennuju-9283/f>. – Дата доступа: 17.07.2024.
11. Об установлении фиксированных цен на сельскохозяйственную продукцию (растениеводства) урожая 2024 года, закупаемую для республиканских государственных нужд: Постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия республики Беларусь, 26 марта 2024 г. № 26 [Электронный ресурс]. – Режим доступа :

<https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=W22441309>. – Дата доступа : 23.07.2024.

### References

1. Kireyenka N.V. New configuration of global production and supply chains in the agri-food market. – *Belorus. ekon. Zhurn*, 2022, no. 1, pp. 62–78. (in Russian)
2. Kiselev S. V. Agricultural exports of Russia in conditions of pandemic shock. – *Nauch. issled. ekon. fak. Elektron. Zhurn*, 2021, T. 13, no. 3, pp. 46–56. (in Russian).
3. Turban G. V. World trade and trade restrictions in the context of COVID-19 in accordance with WTO rules. *Oikonomos: J. Soc. Market Econ*, 2020, no. 2 (17), pp. 27–38. (in Russian)
4. Serova E. V. Challenges for the development of the Russian agricultural sector in the mid-term/ *Russ. J. Econ.*, 2020, vol. 6, no. 1, pp. 1–5.
5. Belsky V. I. Economic mechanism of state regulation of agricultural production: theory, methodology, practice. – Minsk: Institute of Systems. research in Agroindustrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus, 2018. – 265 p. (in Russian)
6. Vaitko I. A. Direct budget subsidies as a factor in the sustainable development of agricultural production in the Republic of Belarus. – *Vesti Natsional'noy akademii nauk Belarusi. Seriya agrarnykh nauk*, 2023, no. 2, pp. 95–108. (in Russian)
7. Vaitko I. A., Kireyenka N. V. Recommendations for the formation of methodological approaches to improve the system of state support for agriculture, taking into account the assessment of the effectiveness of its application. – Minsk: BGATU, 2023. – 152 p. (in Russian)
8. On payments in the form of subsidies per unit of agricultural products sold and (or) sent for processing (refining): Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus of January 27, 2022 no. 47 / National Register of Legal Acts of the Republic of Belarus of January 29, 2022 no. 5/49893 [Electronic resource]. - Access mode: [https://mshp.gov.by/documents/plant/POST27012022\\_47.pdf](https://mshp.gov.by/documents/plant/POST27012022_47.pdf). - Access date: 07/15/2024. (in Russian)
9. On payments in the form of subsidies per unit of agricultural products sold and (or) sent for processing (refining): Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus of January 11, 2023 no. 24 / National Register of Legal Acts of the Republic of Belarus of January 13, 2023 no. 5/51255 [Electronic resource]. - Access mode: <https://mshp.gov.by/documents/plant/postanov24.pdf>. - Access date: 07/16/2024. (in Russian)
10. On payments in the form of subsidies per unit of agricultural products sold and (or) sent for processing (refining): Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus of January 17, 2024 no. 44 / National Register of Legal Acts of the Republic of Belarus of January 20, 2024 no. 5/52724 [Electronic resource]. - Access mode: <https://mshp.gov.by/ru/credit-ru/view/razmery-nadbavok-za-realizovannuju-i-ili-napravlenuju-v-obrabotku-pererabotku-selskoxozjajstvennuju-9283/f>. - Access date: 17.07.2024. (in Russian)
11. On the establishment of fixed prices for agricultural products (plant growing) of the 2024 harvest purchased for republican state needs: Resolution of the Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus, March 26, 2024 no. 26 [Electronic resource]. - Access mode: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=W22441309>. - Access date: 07/23/2024.(in Russian)

## **ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ В КОНСТРУКЦИЯХ ШТАНГОВЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

**И.С. КРУК**, кандидат технических наук, доцент, E-mail: kruk\_igar@mail.ru  
**О.В. ГОРДЕЕНКО\***, кандидат технических наук, доцент E-mail: docent70@mail.ru  
**ФЕН БАЙЛИ\*\***, доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
**А.А. АНИЩЕНКО**

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ,  
МИНСК, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

\* БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,  
ГОРКИ, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

\*\*СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СЕЛЬСКОГО И ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА,  
ЯНЛИН, КИТАЙ

***Аннотация.** Изучению потерь рабочих растворов пестицидов из-за сноса ветром и обоснованию направлений их уменьшения в настоящее время уделяется большое внимание. Ведущими предприятиями-изготовителями сельскохозяйственных машин для внесения средств защиты растений разработаны рекомендации по их настройке и работе в ветреную погоду. Для штанговых опрыскивателей разрабатываются дополнительное оборудование и системы, позволяющие снизить воздействие ветра на факел распыла или обеспечить транспортировку капель рабочих растворов пестицидов к обрабатываемым поверхностям. Данные разработки, наряду с несомненными достоинствами, имеют и ряд недостатков, снижающих качество проводимых технологических операций и повышающих их энергоемкость и себестоимость.*

*В статье выполнен анализ ветрозащитных устройств, обоснованы требования к их конструкциям и определены условия использования в полевых опрыскивателях при обработке зерновых культур. Предложены конструкции ветрозащитных устройств, позволяющие использовать энергию ветра для повышения качества выполняемых технологических операций.*

*Проведены лабораторные исследования по изучению влияния ветрозащитных устройств на изменение коэффициента целевого использования рабочей жидкости и дальности сноса ее капель. В результате установлено, что наибольшее влияние на величину сноса капель оказывают дисперсность распыла, параметры установки распылителей, скорость и направление ветра. Использование ветрозащитных устройств позволяет увеличить коэффициент целевого использования жидкости на 18-39% при исследуемых скоростях ветра от 1 до 7 м/сек. Это позволит повысить качество химической защиты растений и снизить потери препаратов из-за сноса при обработках в ветреную погоду.*

**Ключевые слова:** опрыскивание, снос, потери, капля, ветрозащитные устройства, пестициды, скорость.

**Для цитирования:** Крук И.С., Гордеенко О.В., Фен Байли Особенности использования ветрозащитных устройств в конструкциях штанговых опрыскивателей при обработке зерновых культур. Зернобобовые и крупяные культуры. 2024; 3(51):171-180. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-171-180

## **PECULIARITIES OF USING WIND PROTECTION DEVICES IN THE DESIGNS OF BOOM SPRAYERS WHEN TREATING GRAIN CROPS**

**I.S. Kruk, O.V. Hardeenka\*, Fen Bayli\*\*, A.A. Anishchanka**

BELARUSIAN STATE AGRARIAN TECHNICAL UNIVERSITY, REPUBLIC OF BELARUS

\*BELARUSIAN STATE AGRICULTURAL AKADEMY, REPUBLIC OF BELARUS

\*\*NORTHWESTERN UNIVERSITY OF AGRICULTURE AND FORESTRY, CHINA

**Abstract:** *Much attention is currently paid to the study of losses of pesticide working solutions due to wind drift and substantiation of directions for their reduction. Leading manufacturers of agricultural machinery for crop protection agent application have developed recommendations on their adjustment and operation in windy weather. Additional equipment and systems are being developed for boom sprayers to reduce the impact of wind on the spraying torch or to provide transportation of drops of pesticide working solutions to the treated surfaces. These developments, along with undoubted advantages, have a number of disadvantages that reduce the quality of technological operations and increase their energy consumption and cost.*

*The article analyzes wind protection devices, substantiates the requirements to their designs and determines the conditions of use in field sprayers for grain crops processing. Designs of wind deflectors that allow to use wind energy to improve the quality of technological operations are proposed.*

*The laboratory researches on studying the influence of wind protection devices on the change of the coefficient of target utilization of working liquid and the range of its droplets drifting have been carried out. As a result, it was found that the greatest influence on the value of droplet drift has a dispersity of atomization, sprayer installation parameters, wind speed and direction. The use of wind protection devices allows to increase the coefficient of target liquid utilization by 18-39 % at the studied wind speeds from 1 to 7 m/s. This will improve the quality of chemical plant protection and reduce losses of preparations due to drift during treatments in windy weather.*

**Keywords:** spraying, drift, loss, drop, windbreaks, pesticides, rate.

**Введение.** Спрос на продукцию растениеводства и ожидание максимальной урожайности приводят к более интенсивным методам ведения сельского хозяйства во всем мире. Наращивание производства продукции растениеводства при снижении удельных затрат является важным условием повышения экономической эффективности аграрной отрасли. Получение стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур достигается соблюдением технологической дисциплины при возделывании (своевременным и качественным проведением операций, внесении необходимых доз удобрений и средств защиты растений), высевам качественных семян. На протяжении всего периода роста культурные растения подвергаются воздействию вредителей и болезней, потери из-за которых составляют около 35% на поле и 14% при хранении. Генетически и биологически сорняки легко адаптируются к различным условиям возделывания, вторгаются в посевы и конкурируют с ними, оказывая при этом еще и содействие в быстром распространении болезней и вредителей сельскохозяйственных культур. Потенциальные потери урожая только от 40 наиболее вредоносных сорняков могут составлять 30% и более [1, 2]. Поэтому в современных технологиях возделывания особое внимание уделяется интегрированной системе защиты посевов от болезней, вредителей и сорняков, значительный прогресс в борьбе с которыми был достигнут с появлением синтетических пестицидов. Это привело к значительному усовершенствованию сельскохозяйственных технологий и повышению эффективности растениеводства. Однако нерациональное и необоснованное использование пестицидов оказывает существенное отрицательное воздействие на экологию окружающей среды. Это в первую очередь характеризуется качеством выполнения операций химической защиты растений, дозами и объемами внесения, а также потерями вследствие воздействия факторов окружающей среды, наиболее значимыми из которых являются температура, скорость и направление ветра. Существенное влияние на процесс внесения средств защиты растений оказывает ветер, приводящий к сносу капель рабочего раствора во время опрыскивания в сторону от объекта обработки или выносу за пределы обрабатываемого участка. При этом наносится ущерб окружающей среде, происходит угнетение других

растений на соседних полях, загрязнение грунтовых вод, гибель пчел и других насекомых-опылителей. Снос на сегодняшний день остается единственным, наиболее ограничивающим, фактором безопасного применения пестицидов.

Величина потерь из-за сноса характеризуется экономическими и технологическими показателями, определяемыми эффективностью выполнения технологических операций, необходимостью повторного их проведения, качеством и количеством полученного урожая.

В процессе исследований определяются потенциальные и абсолютные потери из-за сноса. К потенциальным потерям относится часть жидкости, которая остается во взвешенном состоянии в воздухе после прохода опрыскивателя и может быть снесена на большие расстояния, к абсолютным – часть жидкости, которая выносится из зоны обработки под действием воздушных потоков и осаждается вне целевого объекта обработки. При этом как потенциальные, так и абсолютные потери препаратов из-за сноса могут нанести значительный вред экологии окружающей среды. В результате многих исследований отмечено, что около 20% первоначального количества сноса оседает на поверхность в интервале 100 м от опрыскивателя. При изучении путей возможного загрязнения поверхностных вод при обработке сельскохозяйственных культур и виноградников в Швейцарии [3] было установлено, что при опрыскивании важно соблюдать санитарно-защитную зону не только между обрабатываемыми объектами и водоемам, но и между обрабатываемыми объектами и примыкающими к ним дорогам (рис. 1). Было отмечено, что большинство дорог, примыкающих к сельскохозяйственным угодьям и виноградникам оснащены ливневыми каналами, соединенными с водоемами. В зависимости от региона площадь данных дорог превышает площадь открытых водоемов в 2,7-7 раз. Исследованиями отмечено, что даже при наличии защитных зон объем пестицидов, осевших на дорогах при последующем смыве атмосферными осадками в ливневые каналы превышает непосредственный снос в открытые водоемы в 4,5-18 раз для пахотных земель и 35-140 раз – для виноградников [3].

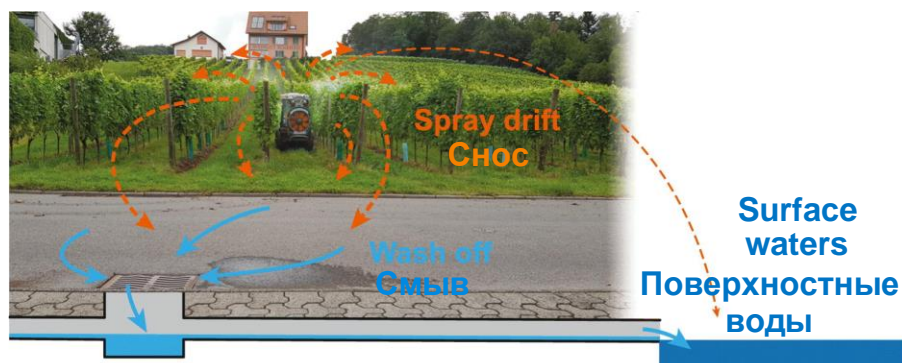


Рис. 1. Пути возможного загрязнения поверхностных вод при внесении пестицидов [3]

Анализ многих литературных источников и проведенные исследования подтверждают сделанные выводы о невозможности полного исключения потерь пестицидов вследствие сноса (выноса) капель рабочего раствора при использовании полевых наземных и надземных опрыскивателей в технологиях возделывания зерновых культур. При этом возможно их снижение до минимума при соблюдении определенных требований, а также использовании различных дополнительных приспособлений и систем.

**Цель работы** – обосновать возможности использования различных ветрозащитных устройств факелов распыла при опрыскивании зерновых культур в ветреную погоду полевыми опрыскивателями.

#### **Материалы и методы исследований**

В зависимости от поставленных целей исследований используются различные установки для определения сноса рабочих растворов пестицидов в лабораторных и полевых условиях [2, 4, 5]. Для измерения абсолютного сноса используются устройства, установленные на поверхности поля и улавливающие капли пестицидов в момент их

осаждения. По объему осажженной на их поверхности жидкости или количеству капель определенного диаметра дают количественную оценку величине абсолютных потерь рабочих растворов пестицидов. При определении потенциальных потерь из-за сноса оценка дается по каплям небольшого диаметра, которые витают в воздухе в течение более длительных периодов времени, когда они могут переноситься ветром или термическими потоками и турбулентностью а также испаряться [6]. Их величину определяют с помощью специальных, улавливающих дрейфующие капли вертикальных экранов или анализаторов, определяющих изменение параметров воздуха.

При исследованиях потерь рабочих растворов из-за сноса в качестве целевой функции принимаются дальность осаждения капель от объекта обработки или степень их сноса (объем снесенной или осевшей на целевом объекте обработки жидкости, объем осевшей жидкости за пределами целевого объекта обработки на различных расстояниях). Степень сноса может характеризоваться коэффициентом целевого использования жидкости (КЦИЖ), определяемым отношением объема (массы) жидкости, осевшей на обрабатываемых поверхностях, к объему (массе) жидкости, прошедшей через распылитель за определенный промежуток времени (определяется в долях или процентах). Экспериментальные исследования зачастую проводятся в лабораторных условиях на установках открытого или закрытого (аэродинамическая труба) типов. Они позволяют моделировать процесс сноса в условиях, максимально приближенных к реальным и, в отличие от полевых, позволяют исключить влияние случайных факторов и вероятность непреднамеренного изменения параметров регулируемых.

Для исследований изменения закономерностей движения и визуального наблюдения потока ветра при использовании различных ветрозащитных устройств в лабораторных условиях использовался генератор дыма.

#### **Результаты исследований**

Закономерности движения капель в факеле распыла определяются функциями баланса двух видов энергии. Первый (энергия капли) определяется размером и кинематическими параметрами движения капли, связанными с состоянием окружающей среды (температура и влажность), начальными условиями их вылета из сопла распылителя. Образовывающиеся при распаде пленки рабочего раствора пестицидов более крупные и тяжелые капли обладают большим запасом энергии, меньше подвергаются сносу и осаждаются на целевом объекте за меньший интервал времени. Однако, крупные капли, как правило более 500 мкм скатываются с обрабатываемых поверхностей растений и осаждаются на почве, не обеспечивая ожидаемого результата обработки. Второй (энергия смещения) определяется аэродинамическими параметрами относительного движения окружающей среды (воздуха) и скоростью движения опрыскивателя. При большей скорости ветра и скорости движения агрегата, высокой степени турбулентности окружающая среда обладает большей энергией для сноса капель. Исследованиями доказано, что в зависимости от условий опрыскивания снос препаратов может достигать 90%, что приводит к уменьшению эффективности проводимых мероприятий на 35-55% [1, 2, 7, 8, 9, 10].

При работе опрыскивателей величина сноса определяется не только размером капель, скоростью и направлением ветра, но и параметрами установки (высота и угол) распылителей над обрабатываемым объектом. Они определяют расстояние до обрабатываемого объекта, которое необходимо преодолеть каплям для полного осаждения на обрабатываемой поверхности. Чем больше данное расстояние, тем больший интервал времени на капли будет действовать ветер и тем дальше они будут сноситься. Поэтому важными факторами снижения сноса в данных условиях является применение инжекторных распылителей, генерирующих капли больших размеров, уменьшение высоты установки штанги (если это обеспечивается технологическими параметрами распылителей) и ограждение факелов распыла от прямого воздействия ветра.

Одной из наиболее быстро развивающихся новых сельскохозяйственных технологий являются дроны-опрыскиватели, которые имеют объем технологической емкости до 40 л,

что позволяет обработать относительно большую площадь за один полет. Сторонники их использования ссылаются на возможность обрабатывать участки полей и целые поля (крутые склоны, заболоченные участки и др.), не доступные для использования наземных опрыскивателей. До 30% сельскохозяйственных площадей Южной Кореи обрабатывается при помощи дронов. Поскольку их полезная нагрузка относительно невелика (около 5–40 л в зависимости от модели), то и нормы внесения рабочих растворов пестицидов должны быть от 18 до 36 л/га. При этом рекомендуется применять локальное опрыскивание рабочими растворами пестицидов только участков поля, пораженных болезнями, вредителями и сорняками. Для увеличения производительности дронов будет тенденция либо к увеличению рабочего объема, либо снижению нормы. Соответственно единственным способом обеспечения требуемого качества внесения является мелкое распыление. При исследовании сноса капель рабочей жидкости при использовании распылителей, используемых в сельскохозяйственных дронах [11], отмечено, что тип распылителя оказывает существенное влияние на качество выполняемого технологического процесса и потери рабочего раствора пестицидов.

Для снижения степени воздействия на факел распыла ветра в конструкциях полевых опрыскивателей применяются различные ветрозащитные устройства и приспособления (рис. 2) [1, 2, 9, 10]. Их работа основана на использовании высокоскоростной струи сжатого воздуха (рис. 2, а) или электростатической зарядки раствора (рис. 2, б) для транспортировки генерируемых распылителями капель к обрабатываемой поверхности, а также применении различных экранов щитков и кожухов для защиты факела распыла от воздействия ветра (рис. 2, в, г) [9, 10].



*Рис. 2. Системы, снижающие снос рабочих растворов при опрыскивании:*

*а – принудительное воздушное осаждение капель; б – электростатическая зарядка рабочего раствора; в, г – ветрозащитные устройства*

Имеются два конструктивных исполнения опрыскивателей с распределяющими устройствами воздушного потока: при первом капли рабочего раствора вносятся в направленную воздушную струю (рис. 3, а), при втором – воздушные струи находятся симметрично относительно факела распыла и не воздействуют на капли (рис. 3, б) [2, 9, 10]. Важным условием эффективного использования создаваемых направленных воздушных струй является рациональное относительное расположение воздушной и воздушно-капельной струй. Их технологические параметры существенным образом оказывают влияние не только на уменьшение величины потерь препаратов из-за сноса, но и качество распределения пестицидов по обрабатываемым поверхностям при различных скоростях

ветра. Их использование позволяет проводить обработку растений даже при скоростях ветра, превышающих агротехнически допустимые величины [2, 12]. Однако, в результате проведенных полевых экспериментов было установлено, что при использовании в сухую погоду опрыскивателей с системой принудительного осаждения капель воздушной струей, направленный воздушный поток подхватывает с поверхности почвы пыль, создавая пылевую завесу, с которой смешиваются капли рабочего раствора [10, 13]. В результате пылью покрываются обрабатываемые поверхности растений, что снижает эффективность препаратов, а при смешивании с ней рабочей жидкости образуются комочки грязи, которые оседают на растения или почву. Отраженный от поверхности поля воздушный поток выносит вверх не осевшие на обрабатываемых поверхностях растений мелкие капли, которые затем витают в воздухе и сносятся. Поэтому особое внимание при разработке объемных опрыскивателей уделяется исследованиям параметров и способов взаимного расположения воздухораспределительной и жидкостной систем, а также условиям их эксплуатации.

Поэтому важным направлением в решении проблемы сноса рабочих растворов пестицидов является разработка технических средств, снижающих или исключаящих воздействие ветра на факел распыла. Использование дополнительных кожухов и щитков, полностью защищающих факел распыла в технологиях возделывания зерновых культур возможно при довсходовых обработках. При послевсходовых – возникает вероятность повреждения растений вследствие вхождения дополнительных устройств, расположенных на штанге опрыскивателя, в растительные покровы при ее колебаниях. Кроме того, расположенные с одной стороны факела распыла поверхности ветрозащитного устройства не обеспечивают его защиту при направлении ветра с других сторон. Также может возникнуть вариант, когда рабочая жидкость сносится на поверхность ветрозащитного устройства и затем, стекая с него, оседает на почву.



Рис. 3. Способы снижения сноса капель жидкости при использовании воздушных струй [2, 10]: а – схема осаждения капель воздушной струей, б – схема применения воздухоструйных защитных экранов

Поэтому при разработке ветрозащитных устройств следует учитывать следующие условия:

- установка дополнительного оборудования на несущую конструкцию штанг приводит к увеличению их массы, возрастанию инерционных сил, что в конечном итоге приведет к ее колебаниям в вертикальной плоскости и вероятности повреждения растений при вхождении элементов ветрозащитных устройств в растительные покровы;
- рабочие поверхности ветрозащитных устройств воспринимают ветровую нагрузку и увеличивают аэродинамическое сопротивление, что может привести к возникновению колебаний штанги в горизонтальной плоскости, имеющих большую амплитуду и критическую частоту;
- увеличение массы несущей конструкции штанги опрыскивателя может повлечь за собой корректировку систем ее стабилизации и гашения колебаний;
- параметры установки ветрозащитных устройств должны полностью исключить вероятность осаждения капель рабочих растворов пестицидов на их поверхностях для предотвращения загрязнения почв вследствие их стекания или смывания;



– не допускается осаждение капель рабочих растворов пестицидов на рабочие поверхности ветрозащитных устройств для предотвращения стекания их на почву в виде капель больших размеров, либо струек;

– установка ветрозащитных устройств на дронах приводит к изменению аэродинамических характеристик последних и может изменить закономерности их полета.

Учитывая данные требования, были разработаны ветрозащитные устройства факелов распыла (рис. 4-7) [1, 2, 14-18]. Они позволяют использовать энергию ветра для транспортировки капель рабочего раствора к обрабатываемым поверхностям, обеспечивая при этом необходимый технологический зазор между нижними сторонами рабочих поверхностей и обрабатываемыми растениями.

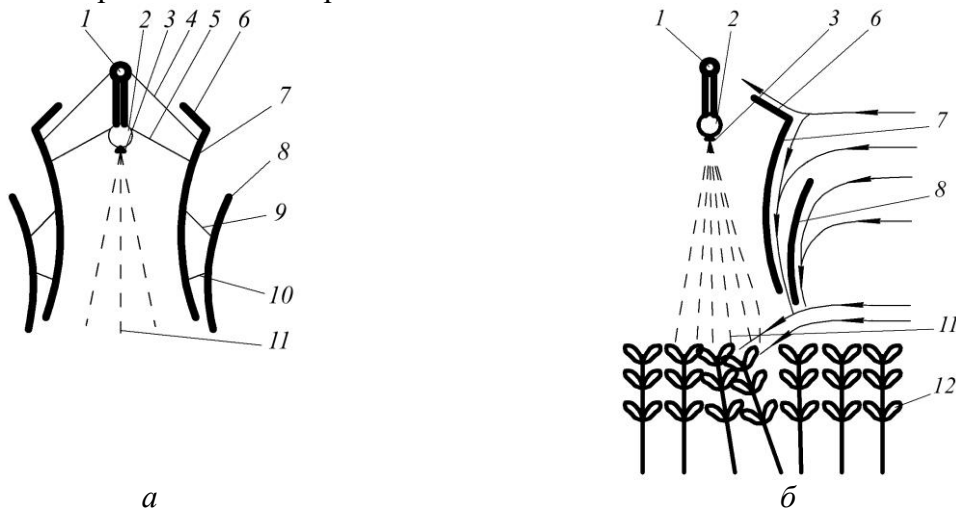


Рис. 4. Ветрозащитное устройство комбинированного действия [2, 14]: а – схема; б – рабочий процесс; 1 – несущая конструкция; 2 – распределительная штанга; 3 – распылитель; 4, 5, 9, 10 – кронштейны; 6 – козырьки; 7 – внутренние щитки; 8 – наружные щитки; 11 – факел распыла; 12 – посевы сельскохозяйственной культуры

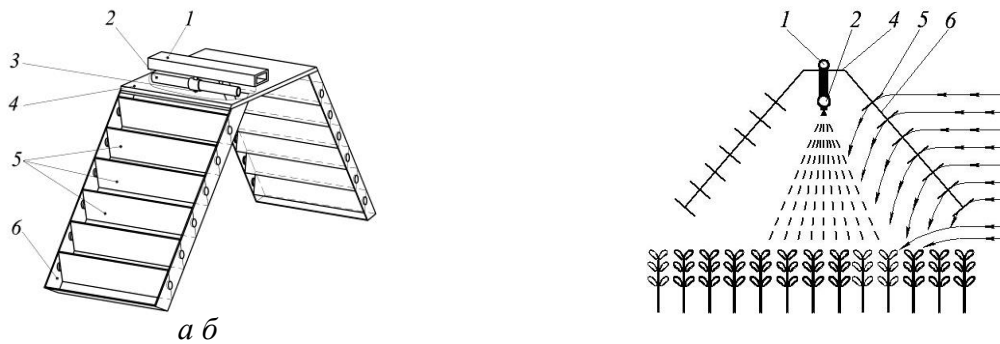


Рис. 5. Ветрозащитное устройство комбинированного действия [2, 15]: а – схема; б – рабочий процесс; 1 – несущая конструкция; 2 – распределительная штанга; 3 – распылитель; 4 – кронштейн; 5 – прямоугольные пластины (жалюзи); 6 – рамка

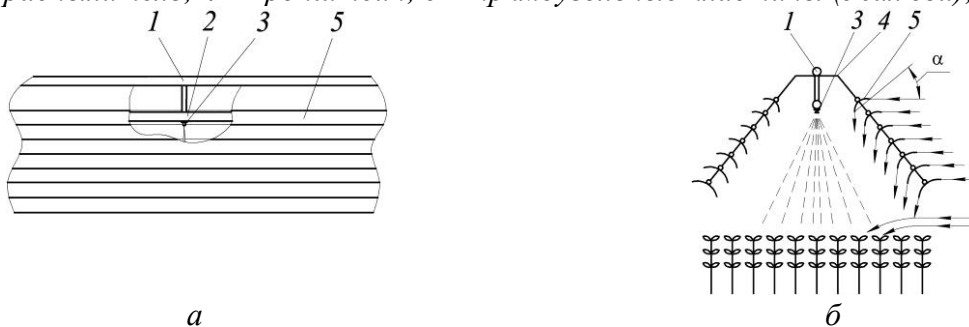


Рис. 6. Ветрозащитное устройство комбинированного действия [2, 16]: а – схема (вид спереди), б – рабочий процесс; 1 – несущая конструкция; 2 – распределительная штанга; 3 – распылитель; 4 – боковая рамка; 5 – изогнутая пластина (часть цилиндрической трубы)

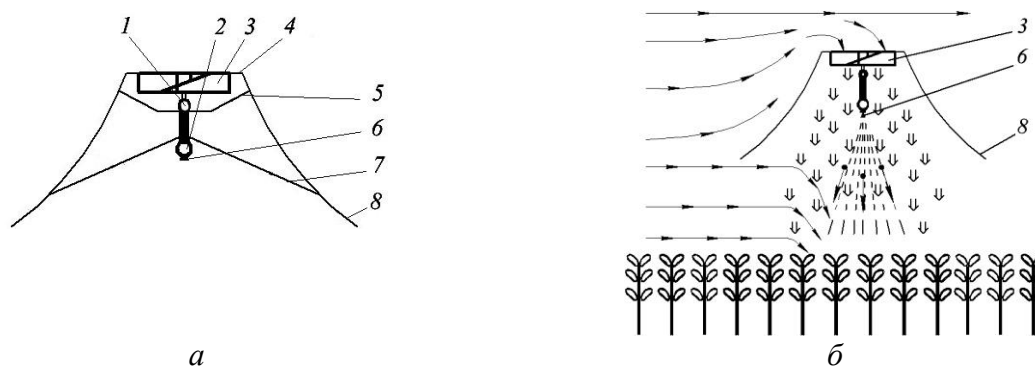


Рис. 7. Ветрозащитное устройство комбинированного действия [2, 17]: а, б – схемы; в – рабочий процесс; 1 – несущая конструкция; 2 – распределительная штанга; 3 – вентиляторы; 4 – козырек; 5, 7 – кронштейны; 6 – распылитель; 8 – ветрозащитные устройства (щитки)

Создаваемый ветром воздушный поток, взаимодействуя с поверхностями щитков ветрозащитных устройств, скользит по ним вниз и, сходя с их нижнего края, воздействует с движущимся внизу прямым воздушным потоком ветра, снижает его скорость и перенаправляет в сторону обрабатываемых поверхностей. При этом перенаправленный поток ветра доставляет капли рабочего раствора пестицидов к обрабатываемым поверхностям растений, что снижает потери пестицидов из-за сноса, увеличивает равномерность распределения его по обрабатываемой поверхности, следовательно, повышается качество внесения пестицидов. Перенаправленный поток ветра, входя под углом в растительный слой, обеспечивает проникновение капель внутрь растительного слоя и обработку нижней части листьев растений, что способствует повышению равномерности распределения пестицидов по объему растения, следовательно, повышается не только качество внесения пестицидов, но и эффективность химической защиты растений. Защита факела распыла при помощи перенаправленных струй воздушного потока позволяет увеличить высоту установки ветрозащитных устройств над обрабатываемым объектом и избежать их взаимодействия с растениями при колебаниях штанги.

В результате проведенных исследований в лабораторных условиях закономерностей распределения пестицидов отмечено, что факторами, влияющими на величину сноса, являются: дисперсность факела распыла (диаметр капель), параметры установки распылителей (высота и угол), скорость и направление ветра. Были обоснованы технологические и конструктивные параметры ветрозащитных устройств, позволяющих уменьшить величину сноса капель рабочего раствора пестицидов при обработках в ветреную погоду. В зависимости от конструкции ветрозащитного устройства коэффициент целевого использования жидкости увеличивался на 18-39% при исследуемых скоростях ветра от 1 до 6 м/сек. Установлено, что использование данных ветрозащитных устройств обеспечивает проникновение капель внутрь растительного слоя, что повышает эффективность химической защиты вследствие улучшения объемной обработки растений.

### Заключение

В результате проведенного анализа результатов исследований и эксплуатации полевых опрыскивателей обоснованы требования к конструкциям ветрозащитных устройств факелов распыла и обоснованы варианты их использования в полевых штанговых опрыскивателях. Результатами лабораторных исследований подтверждена эффективность использования ветрозащитных устройств, обоснованы их конструктивные и технологические параметры. Установлено, что применение ветрозащитных устройств позволяет увеличить коэффициент целевого использования жидкости на 18-39% при исследуемых скоростях ветра от 1 до 7 м/сек.

### Литература

1. Клочков А.В., Новицкий П.М., Маркевич А.Е. Снижение потерь пестицидов при опрыскивании: монография / – Горки: БГСХА, – 2017. – 230 с.

2. Крук И.С., Кот Т.П., Гордеенко О.В. Способы и технические средства защиты факела распыла от прямого воздействия ветра в конструкциях полевых опрыскивателей: монография /. – Минск: БГАТУ, – 2015. – 284 с.
3. Schöenberger, Urs T. Janine Simon, Christian Stamm Are spray drift losses to agricultural roads more important for surface water contamination than direct drift to surface waters? // *Science of the Total Environment*. – 2022. – № 809. – С. 1 – 12.
4. Evaporation drift of pesticides active ingredients / M. De Schampheleire [et al.] // *Communications in agricultural and applied biological sciences*. – № 73 (4). – 2008. – p. 739–742.
5. Обоснование выбора методики исследований закономерностей сноса капель рабочего раствора пестицидов ветром / И.С. Крук [и др.] // *Агропанорама*. – 2024. – № 1 (161). – С. 17 – 22.
6. Wolf, Tom. Fundamentals of Spray Drift. [Электронный ресурс] / *Sprayers101* // <https://sprayers101.com/fundamentals-of-spray-drift/> (дата обращения: 18.04.2024).
7. Spray drift and pest control from aerial applications on soybeans / P.A. João [et al.] // *Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering*. – vol. 37. – № 3. – 2017. – p. 493-501.
8. Evaluation of Drift-Reducing Nozzles for Pesticide Application in Hazelnut (*Corylus avellana* L.) / Biocca Marcello [et al.] // *AgriEngineering* – vol. 3. – № 2. – p. 230–239.
9. Способы и устройства защиты факела распыла при внесении пестицидов в ветреную погоду / И.С. Крук [и др.] // *Механизация и электрификация: Межведомственный тематический сб. / НППЦ НАН Беларуси по механиз. сел. хоз-ва / ред. колл. В.Н. Дашков [и др.]*. – Минск, 2007. – С. 106–113.
10. Направления повышения качества внесения пестицидов в ветреную погоду / И.С. Крук [и др.] // *Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук*. – 2022. – Т. 60, No 3. – С. 320–331.
11. Effect of injection angle on drift potential reduction in pesticide injection nozzle spray applied in domestic agricultural drones / Seung-Hwa Yu [and oth.] // *Journal of Biosystems Engineering*. – № 189. – 2021. – С. 129–138.
12. Кот Т.П. Повышение эффективности обработки вегетирующих культур обоснованием параметров воздухораспределительной и гидравлической систем штанговых опрыскивателей: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / – Минск, – 2006. – 152 с.
13. Lechler. Теория и практика опрыскивания 2010. – 2010. – 19 с.
14. Штанга опрыскивателя с ветрозащитными устройствами: пат. 3928 Респ. Беларусь, МПК А 01М 7/00 / И.С. Крук, А.В. Маркевич, О.В. Гордеенко, А.И. Гайдуковский, М.И. Назарова, Е.В. Послед; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u 20070215; заявл. 26.03.2007; опубл. 30.10.2007 // *Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці*. – 2007. – № 5 (58). – С. 163.
15. Штанга опрыскивателя с ветрозащитными устройствами: пат. 6648 Респ. Беларусь, МПК А 01М 7/00 / И.С. Крук, О.В. Гордеенко, Е.В. Послед, А.И. Гайдуковский, Г.Ф. Назарова, А.А. Новиков, П.Э. Гринкевич; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u 20100267; заявл. 18.03.2010; опубл. 30.10.2010 // *Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці*. – 2010. – № 5 (76). – С. 161.
16. Штанга опрыскивателя с ветрозащитными устройствами: пат. 16589 Респ. Беларусь, МПК А 01М 7/00 / И.С. Крук, Е.В. Послед, О.В. Гордеенко, С.В. Якубовский, П.Э. Гринкевич, Г.Ф. Назарова; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u 20100608; заявл. 08.06.2010; опубл. 30.12.2012 // *Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці*. – 2012. – № 6 (89). – С. 62.
17. Штанга опрыскивателя с ветрозащитными устройствами: пат. 9714 Респ. Беларусь, МПК А 01М 7/00 / И.С. Крук, В.А. Агейчик, Д.Р. Мальцев, О.В. Гордеенко; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u 20130442; заявл. 28.05.2013; опубл. 30.12.2013 // *Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці*. – 2013. – № 6 (95). – С. 171.
18. Shields to Reduce Spray Drift / H.E. Ozkan [et al.] // *Journal of Agricultural engineering Research*. – 1997. – № 67(4). – p. 311–322.

### References

1. Klochkov A. V., Novitskii P. M., Markevich A. E. Reduction of pesticide losses during spraying: a monograph - Gorki: BGSKhA, 2017. -230 p.
2. Kruk I. S., Kot T. P., Gordeenko O. V. Methods and technical means of protection of atomizing torch from direct wind impact in constructions of field sprayers: monograph - Minsk : BGATU, 2015. - 284 p.
3. Schönenberger Urs T. Are spray drift losses to agricultural roads more important for surface water contamination than direct drift to surface waters? / Urs T. Schönenberger, Janine Simon, Christian Stamm // *Science of the Total Environment*. - 2022. -no. 809. - Pp. 1 - 12.
4. Evaporation drift of pesticides active ingredients / M. De Schampheleire [et al.] // *Communications in agricultural and applied biological sciences*. - no. 73(4). - 2008. - Pp. 739-742.
5. I.S. Kruk [et al.] Obosnovanie vybora metodiki issledovaniia zakonornosti snosa kapel' rabocheho rastvora pestitsidov vetrom // *Agropanorama*. - 2024. - no. 1 (161). - Pp. 17 - 22.
6. Wolf, Tom. Fundamentals of Spray Drift. [Electronic resource] / Sprayers101 // <https://sprayers101.com/fundamentals-of-spray-drift/> (accessed: 18.04.2024).
7. Spray drift and pest control from aerial applications on soybeans / P.A. João [et al.] // *Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering*. - vol. 37. - no. 3. - 2017. - Pp. 493-501.
8. Evaluation of Drift-Reducing Nozzles for Pesticide Application in Hazelnut (*Corylus avellana* L.) / Biocca Marcello [et al.] // *AgriEngineering* - vol. 3. - no. 2. - p. 230-239.
9. I.S. Kruk [et al.] Methods and devices of spray torch protection when applying pesticides in windy weather // *Mechanization and electrification: Interdepartmental thematic collection. / NPTs NAN Belarusi po mekhaniz. sel. khoz-va / eds: V.N. Dashkov [et al.]*. - Minsk, 2007. - Pp. 106-113.
10. I.S. Kruk [et al.] Directions to improve the quality of pesticide application in windy conditions // *Ves. Nats. akad. navuk Belarusi. Ser. agrar. navuk*. - 2022. - V. 60, No 3. - Pp. 320-331.
11. Effect of injection angle on drift potential reduction in pesticide injection nozzle spray applied in domestic agricultural drones / Seung-Hwa Yu [and oth.] // *Journal of Biosystems Engineering*. - no. 189.- 2021. - Pp. 129-138.
12. Kot T.P. Increase of vegetating crops treatment efficiency by justification of parameters of air distribution and hydraulic systems of boom sprayers: diss. candidate techn. sci: 05.20.01 - Minsk, 2006. - 152 p.
13. Lechler. Theory and practice of spraying. 2010. - Lechler, 2010. - 19 p.
14. Kruk I.S. , Markevich A.V. , Gordeenko O.V., Gaidukovskii A.I., Nazarova M.I., Posled E.V. Sprayer boom with wind protection devices: patent 3928 of the Republic of Belarus, MPK A 01M 7/00 /, applicant Belarus. gos. agr. agr. tech. un. - no. u 20070215; appl. 26.03.2007; publ. 30.10.2007 // *Afityiny byul. / Nats. tsentr intelektual. ulasnasti*. - 2007.- no. 5 (58). - P. 163.
15. Kruk I.S. , Gordeenko O.V. , Posled E.V., Gaidukovskii A.I., Nazarova G.F., Novikov A.A., Grinkevich P.E. Sprayer boom with wind protection devices: patent 6648 of the Republic of Belarus., MPK A 01M 7/00 Applicant Belarusian State Agrarian Technical University. - no. u 20100267; appl. 18.03.2010; publ. 30.10.2010 // *Afityiny byul. / Nats. tsentr intelektual. ulasnasti*. - 2010. - no. 5 (76). - P. 161.
16. Kruk I.S. , Posled E.V. , Gordeenko O.V., Yakubovskii S.V., Grinkevich P.E., Nazarova G.F. Sprayer boom with wind protection devices: patent 16589 of the Republic of Belarus., MPK A 01M 7/00 /; applicant Belarus. gos. agr. agr. tech. un. - no. u 20100608; appl. 08.06.2010; publ. 30.12.2012 // *Afityiny byul. / Nats. tsentr intelektual. ulasnasti*. - 2012. - no. 6 (89). - P. 62.
17. Kruk I.S. , Ageichik V.A. , Mal'tsev D.R., Gordeenko O.V. Sprayer boom with wind protection devices: patent 9714 of the Republic of Belarus., MPK A 01M 7/00 ; Applicant Belarusian State Agrarian Technical University - no. u 20130442; appl. 28.05.2013; publ. 30.12.2013 // *Afityiny byul. / Nats. tsentr intelektual. ulasnasti*. - 2013. - no. 6 (95). - P. 171.
18. Shields to Reduce Spray Drift / H.E. Ozkan [et al.] // *Journal of Agricultural engineering Research*. - 1997. - no. 67(4). - Pp. 311-322.

**АДАПТАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОРТОВ ГОРОХА ПОСЕВНОГО С РАЗЛИЧНОЙ АРХИТЕКТОНИКОЙ ЛИСТОВОГО АППАРАТА. ПРИЕМЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ УЛУЧШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КУЛЬТУРЫ**

**В.М. КУХАРЧИК**, ученый секретарь, аспирант, E-mail: vik29toria@mail.ru

РЕСПУБЛИКАНСКОЕ УНИТАРНОЕ НАУЧНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ГРОДНЕНСКИЙ  
ЗОНАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ РАСТЕНИЕВОДСТВА  
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»

*Аннотация.* В статье представлены результаты исследований, проведенных в РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси», на основании которых дана оценка продуктивности и экономической эффективности производства сортов гороха посевного белорусской и иностранной селекции с различной архитектурой листового аппарата за 2021-2023 гг., проведена группировка сортов по адаптивным возможностям. Установлено, что к типу интенсивных сортов относятся Саламанка ( $K_a = 1,2$ ) и Астронавт ( $K_a = 1,3$ ); к типу потенциально продуктивных – сорта Тип ( $K_a = 1,1$ ), Эсо ( $K_a = 1,0$ ) и Миллениум ( $K_a = 0,9$ ). Сорта Фацет ( $K_a = 0,8$ ) и Презент ( $K_a = 0,7$ ) относятся к типу нейтральных. В рамках исследований обосновано влияние приемов, способствующих повышению технологичности сортов гороха посевного белорусской селекции за счет повышения устойчивости к полеганию и, как следствие, обеспечивающих рост продуктивности. Установлено, что улучшение технологичности гороха посевного обеспечивает проведение следующих мероприятий: прикатывание посевов в фазу 5-6 или 7-8 настоящих листьев; стартовое внесение минерального азота под культивацию в дозе 60 кг д.в./га + обработка посевов морфорегулятором Архитект (0,8-1,0 л/га) в фазу 3-4 пар настоящих листьев + проведение подкормки удобрением Терра-сорб Комплекс (1,5 л/га) в фазу бутонизации-начала цветения. Данные мероприятия позволяют увеличить и экономические показатели возделывания отечественных сортов, что позволяет им конкурировать с зарубежными сортами.

**Ключевые слова:** горох посевной, архитектура, прикатывание, полегание, технологичность посева, урожайность, адаптивность.

**Для цитирования:** Кухарчик В.М. Адаптационные возможности сортов гороха посевного с различной архитектурой листового аппарата. Приемы, обеспечивающие улучшение технологичности культуры. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3(51):181-189. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-181-189

**ADAPTATION CAPABILITIES OF PEA VARIETIES WITH DIFFERENT LEAF APPARATUS ARCHITECTONICS. METHODS OF INCREASING THE TECHNOLOGICAL EFFICIENCY OF THE CROP**

**V.M. Kukharchik**

REPUBLICAN UNITARY SCIENTIFIC ENTERPRISE «GRODNO ZONAL INSTITUTE OF PLANT GROWING NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS»

*Abstract:* The article presents the results of research conducted at the RUE Grodno Zonal Institute of Plant Growing of the National Academy of Sciences of Belarus, on the basis of which an assessment of the productivity and economic efficiency of production of pea varieties of Belarusian and foreign selection with different leaf apparatus architecture, and varieties were grouped

*according to their adaptive capabilities. It was found that Salamanca ( $Ka = 1.2$ ) and Astronaut ( $Ka = 1.3$ ) belong to the intensive type of varieties; the varieties Tip ( $Ka = 1.1$ ), Eso ( $Ka = 1.0$ ) and Millennium ( $Ka = 0.9$ ) belong to the potentially productive type. The varieties Facet ( $Ka = 0.8$ ) and Present ( $Ka = 0.7$ ) belong to the neutral type. The study substantiated the influence of techniques that contribute to improving the technological effectiveness of Belarusian pea varieties by increasing resistance to lodging and, as a result, ensuring increased productivity. It was found that the following measures improve the technological effectiveness of peas: rolling of crops in the phase of 5-6 or 7-8 true leaves; initial application of mineral nitrogen for cultivation at a dose of 60 kg active ingredient/ha + treatment of crops with the morphoregulator Architekt (0.8-1.0 l/ha) in the phase of 3-4 pairs of true leaves + fertilizing with Terra-sorb Complex fertilizer (1.5 l/ha) in the budding-beginning of flowering phase. These measures also increase the economic indicators of cultivation of domestic varieties, which allows them to compete with foreign varieties.*

**Keywords:** peas, architectonics, rolling, lodging, sowing technology, productivity, adaptability.

**Введение.** Ежегодный дефицит переваримого протеина для нужд животноводства Республики Беларусь составляет 20-25%, а в отдельные годы и более. Для решения данной задачи Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь и научными учреждениями рекомендовано усовершенствовать структуру зернофуражных культур, и прежде всего, за счет увеличения зернобобовых до 21% в группе зерновых, обеспечить урожайность этих культур не менее 25 ц/га [1].

На сегодняшний день в Государственный реестр сортов включено 26 сортов гороха посевного, из которых более 60% – белорусской селекции, но вместе с тем в последние годы их доля в структуре посевных площадей постоянно снижается и составляет чуть более 10%. Все большее распространение в производстве получают иностранные сорта, что связано с их технологичностью за счет архитектоники листового аппарата, так как все они представлены безлисточковым морфотипом. Однако, видоизменение листочков в усики не только способствовало решению проблемы устойчивости агроценоза к полеганию, но и существенно изменило физиологический статус растения [2].

Установлено, что только в благоприятных по гидротермическому режиму условиях усатые генотипы успешно реализуют свой биологический потенциал и превалируют над листочковыми, так как специфический комплекс показателей водного обмена делает их более уязвимыми к почвенной и воздушной засухе [3]. Следует отметить и тот факт, что листочковые сорта не утратили свою актуальность в сельскохозяйственном производстве, особенно, на фоне достаточно четкой тенденции глобального потепления. Поэтому, с учетом ежегодного разнообразия погодных условий безлисточковые и листочковые формы должны использоваться как сорта взаимострахователи по принципу различий адаптивных реакций [2, 4].

В связи с этим, актуальным является повышение технологичности возделывания белорусских сортов гороха посевного, что также способствует более полной реализации их генетического потенциала и, в свою очередь, позволяет защитить внутренние рынки страны, сократив импорт за счет обеспечения семенным материалом собственного производства.

**Цель исследований** – оценка адаптационных возможностей белорусских и иностранных сортов гороха. Обоснование приемов по снижению полегаемости, повышению урожайности и, как следствие, улучшению технологичности белорусских сортов с различной архитектоникой листового аппарата в условиях южной агроклиматической области Республики Беларусь.

#### **Материал и методы исследований**

Место проведения исследований – опытное поле РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси». Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая с глубины 0,7 м моренным суглинком. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы:  $pH_{KCl} = 5,3-5,5$ ; содержание  $P_2O_5 = 206-378$  мг/кг,  $K_2O =$

232-243 мг/кг почвы; гумуса – 1,10-1,38%. Предшественник – озимые зерновые культуры. Учетная площадь делянки – 25,0 м<sup>2</sup>. Повторность опыта – четырехкратная.

Изучение продуктивности гороха посевного проводилось в 2021-2023 гг. путем закладки мелкоделяночных полевых опытов, а также лабораторных исследований. Статистическая обработка полученных результатов выполнялась по Б.А. Доспехову (1985) с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа на компьютере [5].

Посев гороха посевного проводился в третьей декаде апреля. Норма высева – 1,2 млн. всх. семян на га. Уход за посевами включал химическую прополку гербицидом корум (1,5 л/га) + ПАВ Даш (1,0 л/га) в фазу 1-3 листа культуры. Во время вегетации осуществлялась защита против болезней и вредителей баковой смесью: пиктор актив (0,4 л/га) + данадим эксперт (1,0 л/га). Уборка – в фазу полной спелости при влажности зерна 18-20%.

Объектом исследований являлись: сорта гороха посевного с различной архитектоникой листового аппарата; сроки проведения прикатывания вегетирующих растений гороха посевного; дозы и сроки внесения азотного удобрения; органоминеральное удобрение Терра-сорб Комплекс (состав: свободные аминокислоты – 20%; азот – 5,5%; бор – 1,5%; железо – 1,0%; магний – 0,8%; марганец – 0,1%; цинк – 0,1%; молибден – 0,001%), регулятор роста Архитект (д.в.: 100 г/л пираклостробин, 25 г/л прогексадион-кальция, 150 г/л мепикватхлорид) и нормы его применения.

### Результаты и их обсуждение

В связи с глобальными климатическими изменениями последних лет остро стоит вопрос повышения адаптивного потенциала сельскохозяйственных культур, как в экологическом градиенте, так и способности формировать стабильный уровень урожайности, независимо от условий гидротермического режима.

С этой целью в РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси» проведено изучение адаптационных возможностей в зависимости от условий гидротермического режима сортов гороха посевного белорусской и иностранной селекции с различной архитектоникой листового аппарата. Для анализа выбраны сорта включенные в Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений и культивирующиеся в производстве республики Беларусь (табл. 1).

Таблица 1

#### Перечень сортов для оценки адаптационных возможностей

Сорт	Страна оригинатор	Год районирования	Архитектоника листового аппарата
Тип, контроль	Австрия	2019	усатый морфотип
Миллениум	РБ	2004	листочковый морфотип
Фацет	РБ	2009	листочковый морфотип
Презент	РБ	2019	усатый морфотип
Саламанка	Германия	2013	усатый морфотип
Астронавт	Германия	2016	усатый морфотип
Эсо	Австрия	2020	усатый морфотип

Для определения продуктивности и адаптивного потенциала сортов с учетом варьирования их урожая использовалось понятие «среднесортная урожайность года» – показатель общей видовой адаптивной реакции культуры на конкретные условия выращивания, которая является показателем нормы реакции определенной группы сортов на факторы внешней среды в конкретном году. Рассчитывали этот показатель путём деления суммы урожайностей сортов на их количество. Реакцию каждого из испытываемых сортов определяли на основании сопоставления его урожайности со среднесортной путем расчета коэффициента адаптивности (Ka) согласно методики Животкова Л.А. по формуле (1):

$$Ka = (X_i \times 100 : X) : 100, \text{ где} \quad (1)$$

Ka – коэффициент адаптивности;

X<sub>i</sub> – урожайность сорта в текущем году испытания;

X – среднесортная урожайность года.

Сорта, коэффициент адаптивности у которых значительно ниже единицы ( $K_a = \leq 0,8$ ), относятся к *нейтральному типу* (с низкими адаптивными возможностями). Они слабо отзываются на изменение факторов среды, в условиях интенсивного земледелия не могут достигать высоких результатов, но при плохих условиях у них меньше снижаются показатели в сравнении с сортами интенсивного типа.

Сорта, коэффициент адаптивности у которых значительно выше единицы ( $K_a = \geq 1,2$ ), относятся к *интенсивному типу*, они требуют хороших агроклиматических условий возделывания. В неблагоприятные по погодным условиям годы на низком агрофоне у этих сортов резко снижается продуктивность.

Сорта, коэффициент адаптивности у которых близок или равен единице ( $K_a = 0,9-1,1$ ) относятся к типу *потенциально продуктивных* (высокие адаптивные возможности).

Данная группировка позволит с учетом прогнозирования периодичности встречаемости засушливых условий вегетационных периодов подбирать для возделывания в условиях Республики Беларусь наиболее адаптивные сорта, что обеспечит снижение рисков необоснованных затрат на закупку импортных семян в неблагоприятные по гидротермическому режиму годы.

Анализ урожайных данных сортов гороха посевного отечественной и зарубежной селекции с различной архитектурой листового аппарата показал, что продуктивность колебалась от 24,7 до 41,7 ц/га (рис. 1).

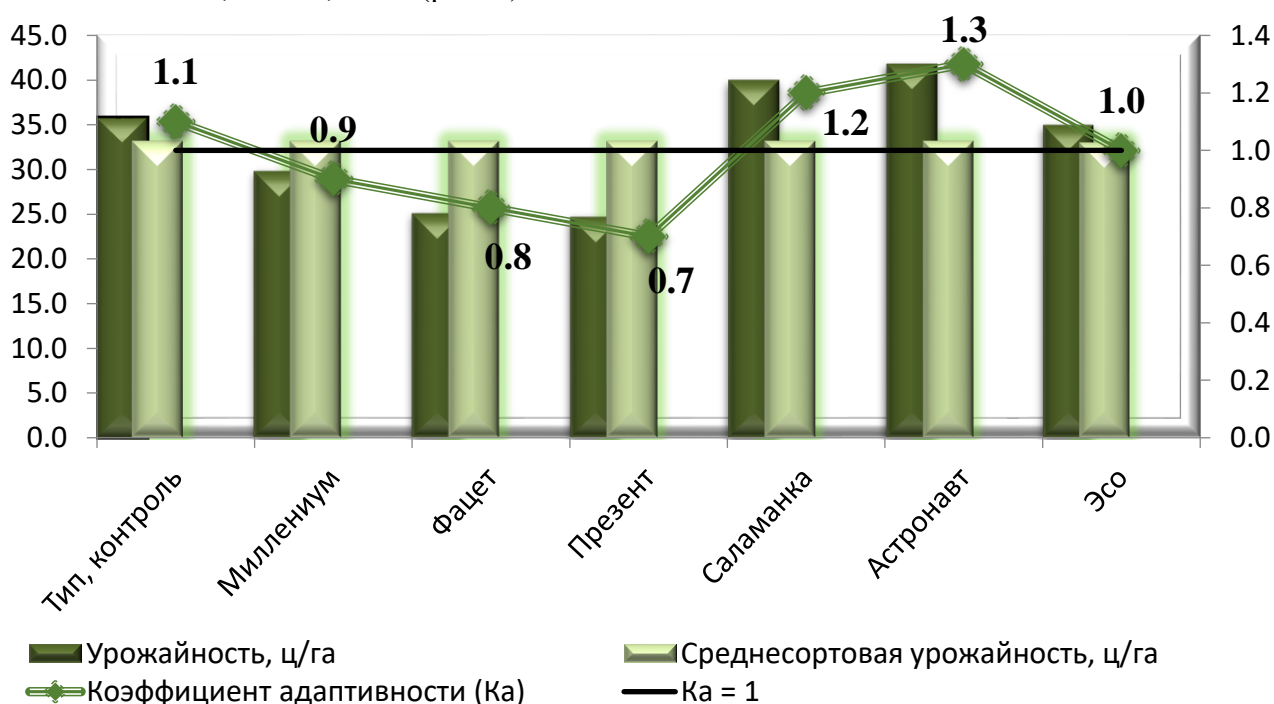


Рис. 1. Урожайность и коэффициент адаптивности сортов гороха посевного

Установлено, что к типу интенсивных сортов относятся Саламанка ( $K_a = 1,2$ ) и Астронавт ( $K_a = 1,3$ ); к типу потенциально продуктивных – сорта Тип ( $K_a = 1,1$ ), Эсо ( $K_a = 1,0$ ) и Миллениум ( $K_a = 0,9$ ). Сорта Фацет ( $K_a = 0,8$ ) и Презент ( $K_a = 0,7$ ) относятся к типу нейтральных. По результатам трехлетних экологических испытаний сортов гороха посевного, которые культивируются в сельскохозяйственном производстве республики проведена оценка экономической эффективности их возделывания. Так, при складывающихся затратах на 1 га в размере от 3300,41 рублей у отечественных сортов до 4977,42 рублей – у зарубежных, себестоимость 1 тонны семян составляет 1107,52-1426,19 рублей (рис. 2).

Полученная прибыль колеблется от 2962,04 до 6125,98 рублей при уровне рентабельности 47-55%. В большей степени на экономические показатели повлияла урожайность, которая очень колебалась в разрезе анализируемых лет и сортов. Лучшие



экономические показатели зафиксированы у сортов Саламанка и Астронавт (5775,63-6125,92 рублей – прибыль, 54-55% – рентабельность).

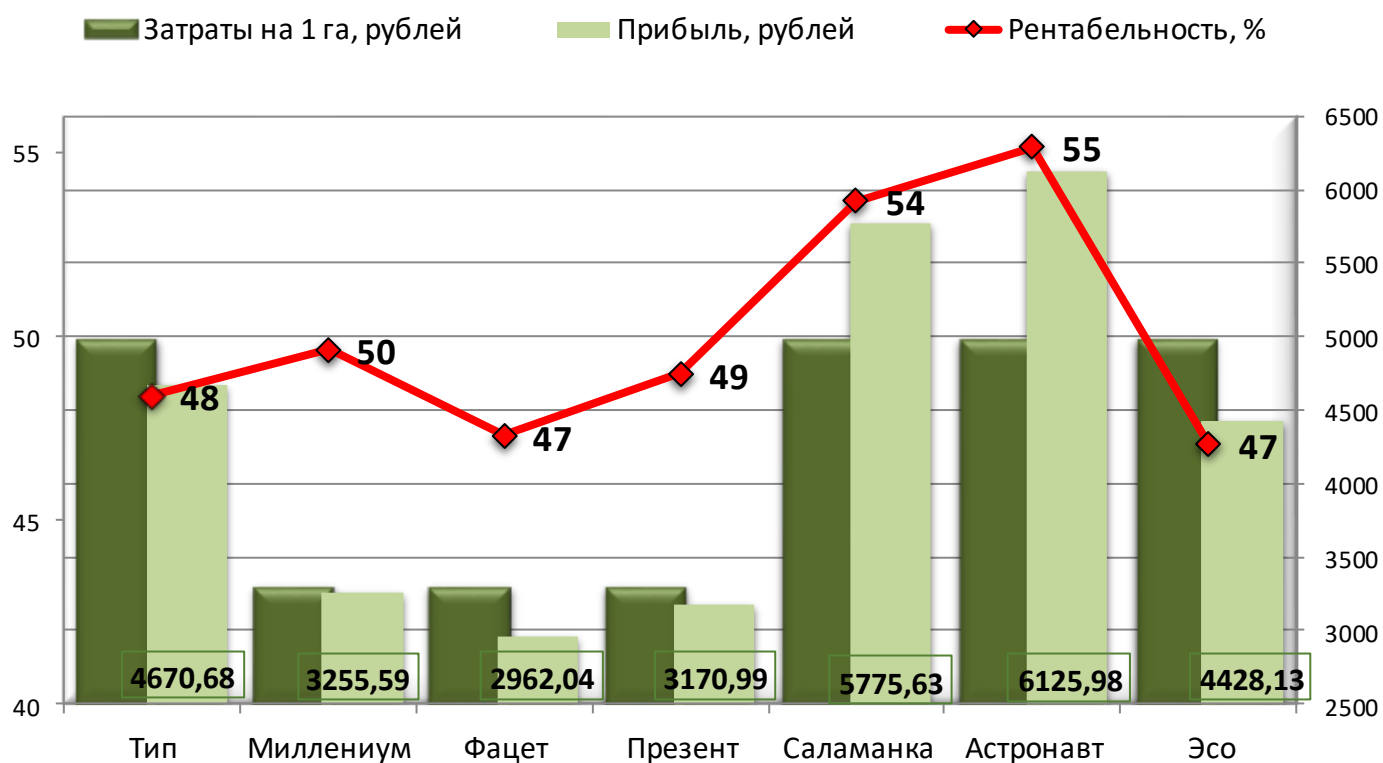


Рис. 2. Экономическая эффективность производства сортов гороха посевного

Установлено, что в неблагоприятный по погодным условиям 2021 год разница в урожайности (по средним показателям) между отечественными и импортными сортами составила только 4,9 ц/га, а вот при складывающихся благоприятных условиях 2022 и 2023гг. эта разница значительно увеличилась и составила 11,5 и 18,3 ц/га, соответственно. Это еще раз подтверждает тот факт, что только в благоприятных по гидротермическому режиму условиях усатые генотипы зарубежных сортов успешно реализуют свой биологический потенциал.

Вместе с тем стоит отметить и тот факт, что, не смотря на уязвимость зарубежных сортов при неблагоприятных условиях, уровень получения чистой прибыли с гектара у них значительно выше по результатам испытаний за три года, так данный показатель у импортных сортов в 1,4-2,1 раза выше, особенно выделяются немецкие сорта Саламанка и Астронавт (в 1,8-2,1 раза). Нивелировать данный отрицательный момент можно за счет проведения дополнительных технологических мероприятий на сортах белорусской селекции с целью улучшения их технологичности, что позволит им конкурировать с такими сортами как Саламанка и Астронавт.

Улучшение технологичности возделывания сортов гороха посевного с различной архитектурой листового аппарата (Миллениум – листочкового морфотипа, Презент – безлисточкового морфотипа) можно достичь путем проведения прикатывания вегетирующих растений культуры в фазы 5-6 или 7-8 листьев. Данное мероприятие оказывает положительное влияние на повышение устойчивости к полеганию за счет следующих факторов:

1. Увеличение высоты стеблестоя перед уборкой (в 2,3-2,4 раза – у Миллениума и в 2,2-2,4 раза – у Презента).

На протяжении вегетации до начала образования бобов посе́вы горо́ха посе́вного характеризуются отсутствием полегания не зависимо от сорта. За счет проведения прикатывания высота стеблестоя уменьшается до фаз бутонизации и цветения по сравнению с не прикатанным посевом. Это происходит за счет того, что часть растения, которая была прикатана, стелилась параллельно земле, образовав изгиб (рис. 3).

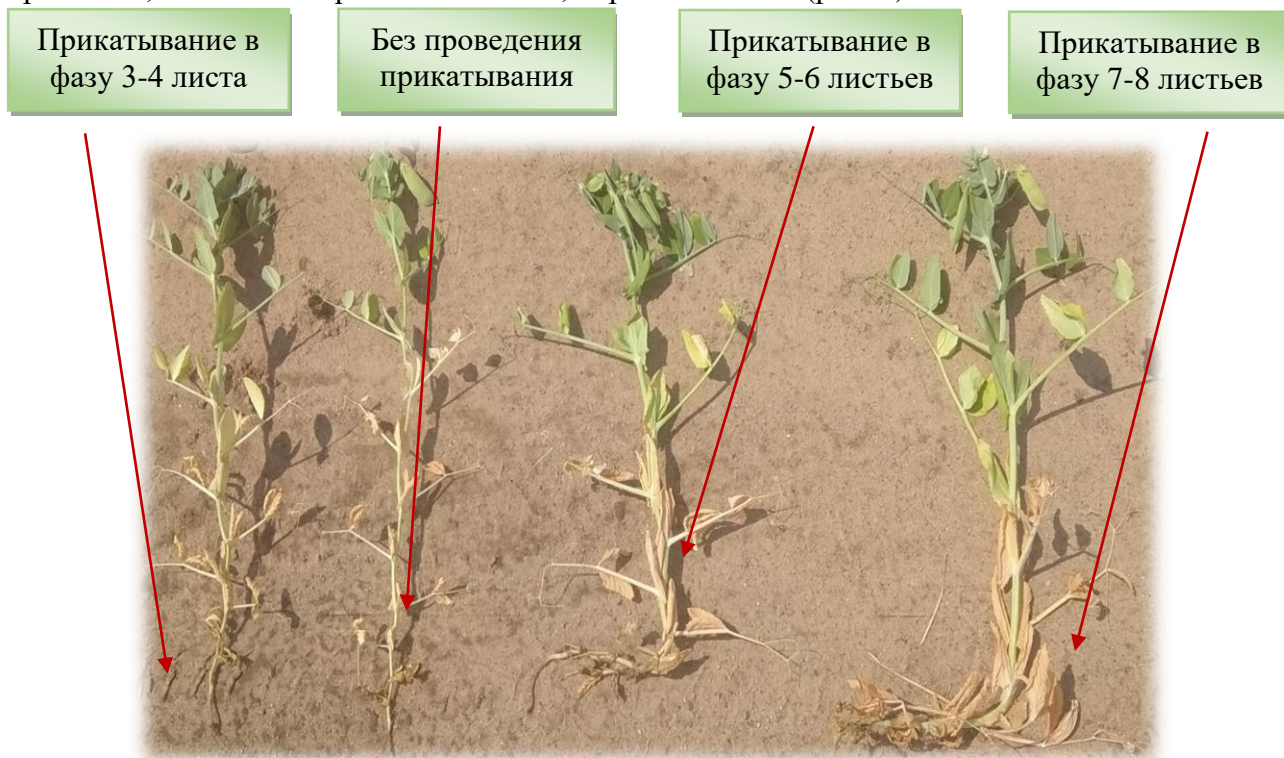


Рис. 3. Растения горо́ха посе́вного сорта Миллениум после проведения прикатывания

В дальнейшем, при формировании генеративных органов культуры и наливе зерна происходит утяжеление верхней части растений, что приводит к полеганию горо́ха посе́вного. Прикатывание же сдерживает этот негативный момент.

2. Увеличение толщины стебля (на 38,5-42,3% в фазу бутонизации и на 22,9-28,6% – у Миллениума; на 21,4-28,6% и 18,9-21,6% – у Презента, соответственно). Данное изменение происходит за счет механического воздействия на стебель, в результате чего идет более интенсивное утолщение стебля, особенно верхней его части (рис. 4).

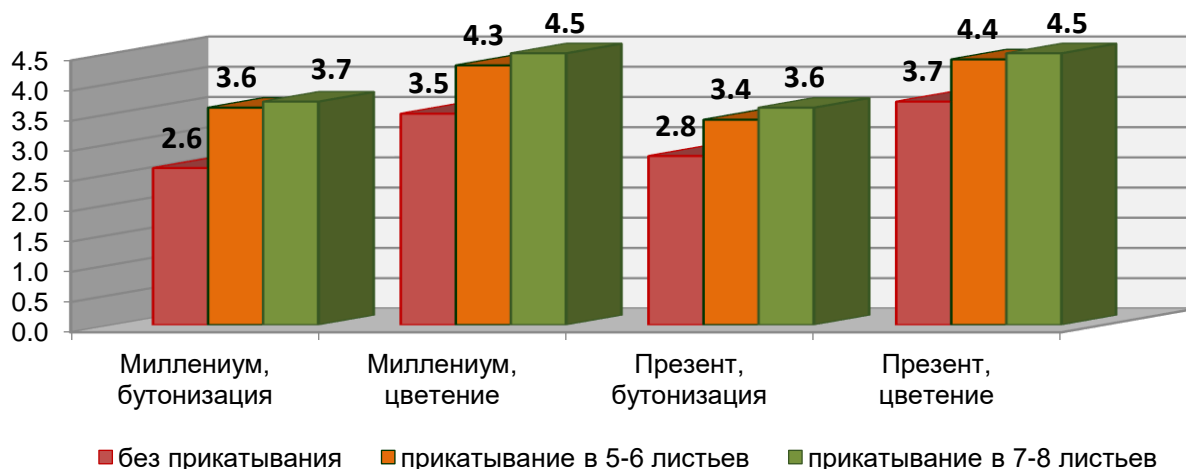


Рис. 4. Средняя толщина стебля в зависимости от срока проведения прикатывания на сортах горо́ха посе́вного с различной архитектурой листового аппарата, среднее за 2021-2023 гг.

3. Снижение морфологических показателей стебля: высоты растения (на 10,5-10,9% – у Миллениума и 12,1-12,5% – у Презента); высоты растения до 1-го плодущего узла (на 10,6-11,2% и 10,4-13,2%, соответственно); количества междоузлий до 1-го плодущего узла (на 10,5-11,3% и 12,0-14,1%, соответственно).

Таким образом, прикатывание вегетирующих растений гороха посевного обеспечивает формирование посева со степенью полегания 3,7-4,0 балла (Миллениум) и 3,7 балла (Презент) – стебли слегка наклонены, тем самым позволяя улучшить технологичность посевов и снизить потери урожая при уборке на 11,6-17,2% у листочкового сорта Миллениум и на 11,4-14,1% у усатого сорта Презент, обеспечивая при этом получение прибыли в размере 4092,9-4466,91 рублей у Миллениума и 4355,51-4538,91 рублей у Презента с уровнем рентабельности 55-57% и 57-58%, соответственно.

Как факторы, влияющие на улучшение технологичности посева гороха посевного и увеличение его урожайности, выявлено влияние морфорегулятора роста Архитект (д.в.: 100 г/л пираклостробин, 25 г/л прогексадион-кальция, 150 г/л мепикватхлорид) и микроудобрения Terra-сорб Комплекс (состав: свободные аминокислоты – 20%; азот – 5,5%; бор – 1,5%; железо – 1,0%; магний – 0,8%; марганец – 0,1%; цинк – 0,1 %; молибден – 0,001%) на фоне внесения различных доз азотного удобрения. Применение морфорегулятора роста обосновывалось его возможностью повлиять на морфологические параметры растений гороха посевного для повышения технологичности посева. С этой целью определялись: высота растений и высота стеблестоя.

Максимальное снижение высоты растений от регулятора роста наблюдалось на фоне стартового внесения минерального азота в дозах 45 или 60 кг д.в./га на 4,2-9,6 см, причем наибольшее снижение отмечено при использовании Архитекта в норме 1,0 л/га. Высота стеблестоя изменялась от 20,3 до 38,8 см. Использование Архитекта обеспечило увеличение изучаемого показателя на 5,9-13,1 см, максимальные показатели обеспечило применение морфорегулятора в нормах 0,8-1,0 л/га – 8,4-13,1 см (табл. 2).

Таким образом, на основании анализа вышеуказанных показателей, установлена степень полегания посевов, которая определялась не визуально, а по индексу полегания (0,2 ед. индекса полегаемости соответствуют 1 баллу).

Установлено, что индекс полегания на прямую зависит от высоты стеблестоя, расчет корреляционной зависимости позволил установить сильную тесноту связи между вышеуказанными показателями ( $r = 0,9350940$ ).

Максимальный индекс полегания – 0,37-0,45 отмечен при использовании морфорегулятора в норме 0,8-1,0 л/га. Но, не смотря на то, что данные показатели индекса говорят о более технологичном посеве – средняя степень полегания (3 балла) обеспечило проведение следующих мероприятий:

1) на фоне применения  $N_{60}$  с подкормкой удобрением Terra-сорб Комплекс в фазу бутонизации-начало цветения использовался Архитект (1,0 л/га) в фазу 3-4 пары настоящих листьев;

2) на фоне применения  $N_{30}$  с подкормкой  $N_{15}$  в фазу 3-4 пары настоящих листьев и применением Архитекта в эту же фазу в норме 1,0 л/га;

3) на фоне применения  $N_{30}$  с подкормкой  $N_{15}$  + Terra-сорб Комплекс в фазу 3-4 пары настоящих листьев и применением Архитекта в эту же фазу в нормах 0,8-1,0 л/га;

4) на фоне применения  $N_{30}$  с подкормкой  $N_{15}$  + Terra-сорб Комплекс в фазу бутонизации-начала цветения и применением Архитекта в фазу 3-4 пары настоящих листьев в нормах 0,8-1,0 л/га.

Таким образом, делая вывод о полегаемости, следует в большей степени опираться на индекс полегания, так как посевы с индексом 0,37-0,40 по визуальной оценке можно отнести к посевам со средней степенью полегания (3 балла).

Действие регулятора роста Архитект на фоне применения микро- и макроудобрений обеспечивает формирование посевов гороха посевного со средней степенью полегания (индекс полегания 0,37-0,45) за счет снижения высоты растений на 3,2-9,4% и увеличения

высоты стеблестоя в 1,3-1,7 раза (показатели, по которым непосредственно определяется степень полегания), что говорит о его положительном влиянии на технологичность посева.

Таблица 2

**Изменение морфологических параметров растений гороха посевного, степень полегания, в зависимости от проводимых мероприятий, среднее за 2022-2023 гг.**

№ варианта	Внесение регулятора роста, макро- и микроудобрений			Высота растений, см			Высота стеблестоя, см			Индекс полегания
	под культивацию	3-4 пары настоящих листьев	бутонизация – нач. цветения	среднее			среднее			
				всего	отклонение от вариантов		всего	отклонение от вариантов		
					без регулятора роста	без микроудобрения		без регулятора роста	без микроудобрения	
1		–	–	93,7	–	–	20,3	–	–	0,22
2	N <sub>45</sub>	Архитект, 0,6 л/га	–	88,2	-5,5	–	26,2	5,9	–	0,30
3		Архитект, 0,8 л/га	–	86,0	-7,7	–	29,2	8,9	–	0,34
4		Архитект, 1,0 л/га	–	85,2	-8,5	–	33,2	12,9	–	0,39
5		–	Терра-сорб Комплекс (1,5 л/га)	–	96,8	–	3,1	22,2	–	1,9
6	Архитект, 0,6 л/га	–		92,6	-4,2	4,4	28,1	5,9	1,9	0,30
7	Архитект, 0,8 л/га	–		89,9	-6,9	3,9	33,7	11,5	4,5	0,37
8	Архитект, 1,0 л/га	–		90,4	-6,4	5,2	35,3	13,1	2,1	0,39
9		–	–	101,4	–	–	22,7	–	–	0,22
10	N <sub>60</sub>	Архитект, 0,6 л/га	–	94,2	-7,2	–	29,4	6,7	–	0,31
11		Архитект, 0,8 л/га	–	94,0	-7,4	–	34,5	11,8	–	0,37
12		Архитект, 1,0 л/га	–	92,8	-8,6	–	35,4	12,7	–	0,38
13		–	Терра-сорб Комплекс (1,5 л/га)	–	102,5	–	1,1	26,1	–	3,4
14	Архитект, 0,6 л/га	–		96,4	-6,1	2,2	34,0	7,9	4,6	0,35
15	Архитект, 0,8 л/га	–		97,3	-5,2	3,3	37,6	11,5	3,1	0,39
16	Архитект, 1,0 л/га	–		92,9	-9,6	0,1	37,8	11,7	2,4	0,41
17		N <sub>15</sub>	–	92,9	–	–	27,6	–	–	0,30
18	N <sub>30</sub>	N <sub>15</sub> +Архитект, 0,6 л/га	–	89,0	-3,9	–	33,5	5,9	–	0,38
19		N <sub>15</sub> +Архитект, 0,8 л/га	–	89,1	-3,8	–	36,0	8,4	–	0,40
20		N <sub>15</sub> +Архитект 1,0 л/га	–	86,5	-6,4	–	38,8	11,2	–	0,45
21		N <sub>15</sub> + Терра-сорб Комплекс (1,5 л/га)	–	94,0	–	1,1	25,6	–	-2,0	0,27
22	N <sub>30</sub>	N <sub>15</sub> + Терра-сорб Комплекс (1,5 л/га) + Архитект 0,6 л/га	–	90,8	-3,2	1,8	33,7	8,1	0,2	0,37
23		N <sub>15</sub> + Терра-сорб Комплекс (1,5 л/га) + Архитект 0,8 л/га	–	91,0	-3,0	1,9	36,9	11,3	0,9	0,41
24		N <sub>15</sub> + Терра-сорб Комплекс (1,5 л/га) + Архитект 1,0 л/га	–	90,5	-3,5	4,0	38,3	12,7	-0,5	0,42
25		–	N <sub>15</sub>	–	89,4	–	–	21,2	–	–
26	Архитект 0,6 л/га	–		86,7	-2,7	–	32,0	10,8	–	0,37
27	Архитект 0,8 л/га	–		84,9	-4,5	–	32,4	11,2	–	0,38
28	Архитект 1,0 л/га	–		84,7	-4,7	–	34,0	12,8	–	0,40
29		–	–	88,3	–	-1,1	23,3	–	2,1	0,26
30	N <sub>30</sub>	Архитект 0,6 л/га	–	85,1	-3,2	-1,6	32,5	9,2	0,5	0,38
31		Архитект 0,8 л/га	–	83,4	-4,9	-1,5	34,1	10,8	1,7	0,41
32		Архитект 1,0 л/га	–	82,9	-5,4	-1,8	35,1	11,8	1,1	0,42
			N <sub>15</sub> +Терра-сорб Комплекс (1,5 л/га)	–	82,9	-5,4	-1,8	35,1	11,8	1,1

Что касается всего комплекса проведенных мероприятий, то максимальные продуктивность гороха посевного (44,4-44,8 ц/га) и экономические показатели (прибыль – 6323,90-6429,50 рублей, уровень рентабельности – 65%) получены при проведении следующего комплекса мероприятий: стартовое внесение минерального азота под культивацию в дозе 60 кг д.в./га + обработка посевов морфорегулятором Архитект (0,8-1,0 л/га) в фазу 3-4 пар настоящих листьев + проведение подкормки удобрением Терра-сорб Комплекс в фазу бутонизации-начала цветения.

Прибавка, полученная от применения морфорегулятора составила 15,0-16,1% (5,9-6,2 ц/га), от применения Терра-сорба Комплекс – 8,0-10,1% (3,4-4,1 ц/га). В целом, обработка Архитектом не зависимо от нормы и проводимых мероприятий по средним данным была эффективной и обеспечила увеличение продуктивности на 4,3-16,1% (1,6-6,2 ц/га). Во всех вариантах с применением Терра-сорба Комплекс отмечена положительная тенденция, существенный прирост урожая зафиксирован где на фоне применения N<sub>60</sub> в фазу 3-4 пар настоящих листьев проведена обработка регулятором роста Архитект (0,6-1,0 л/га) с дополнительной подкормкой в фазу бутонизации-начало цветения микроудобрением Терра-сорб Комплекс (+3,4-4,1 ц/га), а также где на фоне применения N<sub>30</sub> не зависимо от применения Архитекта осуществлена дополнительная подкормка в фазу бутонизации-начало цветения микроудобрением Терра-сорб Комплекс и минеральным азотом в дозе 15 кг д.в./га (+1,5-2,0 ц/га).

### Выводы

По адаптивному потенциалу проведена группировка сортов гороха посевного, установлено, что к типу интенсивных сортов относятся Саламанка (Ka = 1,2) и Астронавт (Ka = 1,3); к типу потенциально продуктивных – сорта Тип (Ka = 1,1), Эсо (Ka = 1,0) и Миллениум (Ka = 0,9). Сорта Фацет (Ka = 0,8) и Презент (Ka = 0,7) относятся к типу нейтральных.

Улучшение технологичности гороха посевного белорусских сортов с различной архитектурой листового аппарата за счет повышения степени устойчивости к полеганию, а также увеличение его урожайности обеспечивает проведение следующих мероприятий:

- прикатывание посевов в фазу 5-6 или 7-8 настоящих листьев;
- стартовое внесение минерального азота под культивацию в дозе 60 кг д.в./га + обработка посевов морфорегулятором Архитект (0,8-1,0 л/га) в фазу 3-4 пар настоящих листьев + проведение подкормки удобрением Терра-сорб Комплекс (1,5 л/га) в фазу бутонизации-начала цветения.

Данные мероприятия позволяют увеличить и экономические показатели возделывания отечественных сортов, что позволяет им конкурировать с зарубежными сортами.

### Литература

1. Основные пути решения протеиновой проблемы в животноводстве / [Электронный ресурс]. URL: [https://studbooks.net/1103911/agropromyshlennost/osnovnye\\_putiresheniya\\_proteinovoy\\_problemy\\_zhivotnovodstve](https://studbooks.net/1103911/agropromyshlennost/osnovnye_putiresheniya_proteinovoy_problemy_zhivotnovodstve) (дата обращения 27.02.2023).
2. Кондыков И.В. Основные достижения и приоритеты в селекции гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – Орел, 2012. – №1. – С. 37-46.
3. Кондыков И.В., Уваров В.Н., Зеленев А.Н. Сорта гороха нового поколения, контрастные по архитектонике листового аппарата // Земледелие. – 2012. – №5. – С. 34-36.
4. Новикова Н.Е. Водный обмен у растений гороха с разным морфологическим типом листа // Сельскохозяйственная биология. – 2009. – №5. – С. 73-77.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта – Москва: – Колос, 1985. – 416 с.

### References

1. Main ways of solving the protein problem in livestock breeding / [Electronic resource]. URL: [https://studbooks.net/1103911/agropromyshlennost/osnovnye\\_putiresheniya\\_proteinovoy\\_problemy\\_zhivotnovodstve](https://studbooks.net/1103911/agropromyshlennost/osnovnye_putiresheniya_proteinovoy_problemy_zhivotnovodstve) (accessed 27.02.2023).
2. Kondykov I.V. Main achievements and priorities in pea breeding // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. - Orel, 2012. - no.1. - Pp. 37-46.
3. Kondykov I.V., Uvarov V.N., Zelenov A.N. New generation pea varieties contrasting in leaf architecture // *Zemledelie*. - 2012. - no.5. - Pp. 34-36.
4. Novikova N.E. Water metabolism in pea plants with different leaf morphological types // *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. - 2009. - no.5. - Pp. 73-77.
5. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta [Field experiment technique]. Moscow. *Kolos Publ.*, 1985, 415 p.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СОРТООБРАЗЦОВ РАПСА ЯРОВОГО ПО ПРИЗНАКУ  
«УСТОЙЧИВОСТЬ К ПОЛЕГАНИЮ» РАСТЕНИЙ НА ПРОВОКАЦИОННЫХ  
ФОНАХ**

**Я.Э. ПИЛЮК**, доктор сельскохозяйственных наук  
**А.Н. БАТЮКОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук  
**А.В. БАКАНОВСКАЯ, О.А. ПИКУН**, научные сотрудники  
E-mail: iveya@list.ru

РУП «НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР НАН БЕЛАРУСИ ПО ЗЕМЛЕДЕЛИЮ»  
г. Жодино, республика Беларусь

***Аннотация.** В статье представлены результаты изучения сортообразцов рапса ярового по признаку «устойчивость к полеганию» растений на провокационных фонах. Установлена корреляционная связь различной силы, по всем изучаемым вариантам опыта, между устойчивостью к полеганию и основными хозяйственно ценными признаками рапса ярового. Выявлено влияние факторов «генотип», «доза азота» и «норма высева» на урожайность маслосемян и показатель «устойчивость к полеганию» рапса ярового.*

***Ключевые слова:** рапс яровой, устойчивость к полеганию, корреляционная связь, высота растений, густотой стояния, урожайность маслосемян.*

***Для цитирования:** Пилюк Я.Э., Батюкова А.Н., Бакановская А.В., Пикун О.А. Результаты изучения сортообразцов рапса ярового по признаку «устойчивость к полеганию» растений на провокационных фонах. Зернобобовые и крупяные культуры. 2024; 3(51):190-194. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-190-194*

**RESULTS OF STUDYING VARIETY SAMPLES OF SPRING RAPE ON THE TRAIT  
«RESISTANCE TO LODGING» OF PLANTS UNDER ARTIFICIAL CONDITIONS**

**Y.E. Piliuk, A.N. Batiukova, A.V. Bakanovskaya, O.A. Pikun**

RUP «SCIENTIFIC-PRACTICAL CENTRE OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF BELARUS ON AGRICULTURE»  
Zhodino, Republic of Belarus

***Abstract:** The paper presents the results of studying variety samples of spring rape on the trait plant “resistance to lodging” under artificial conditions. The correlation of different strength between the resistance to lodging and basic economically important traits is established for all the variants of the experiment. The impact of the factors «genotype», «nitrogen dose» and «sowing rate» on the yield of oil seeds and the indicator «resistance to lodging» of spring rape is identified.*

***Keywords:** spring rape, resistance to lodging, correlation, plant height, density, oil seeds yield.*

**Введение.** Полегание – один из факторов, вызывающих снижение урожайности большинства сельскохозяйственных культур, который может снизить ее почти наполовину, особенно у высокопродуктивных сортов [1]. Повышение устойчивости к полеганию способствует увеличению урожайности за счет лучшего поглощения солнечной радиации, на что оказывает влияние архитектура стебля [2; 3]. Селекция на признак «устойчивость к полеганию» предполагает использование различных искусственно созданных (провокационных) фонов для изучения исходного и селекционного материала уже на ранних

этапах селекционного процесса [4]. F. Li [et al.] считают, что снижение доз внесения азотных удобрений, корректировка нормы высева семян и расстояния между растениями значительно снижают их восприимчивость к полеганию [5].

**Цель исследований** – изучение и оценка сортообразцов рапса ярового по продуктивности, устойчивости к полеганию и основным хозяйственно ценным признакам с использованием различных искусственно созданных (провокационных) фонов.

#### **Материалы и методы исследований**

Исследования проводились в 2022-2023 гг. на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в Смолевичском районе Минской области. Технология возделывания ярового рапса на маслосемена общепринятая для данной зоны. Закладку опытов, фенологические наблюдения, полевые и лабораторные учеты, анализ растений и маслосемян проводили согласно методике Государственного испытания (1988) [6], методике ВИР (1989 г.) [7] и методике полевого опыта Б.А. Доспехова (1985) [8]. Оценку технологических качеств рапса проводили по общепринятым и усовершенствованным методикам. Объектом исследований служили контрольный сорт Топаз и перспективные сортообразцы ярового рапса селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», различающиеся по потенциалу продуктивности и устойчивости к полеганию.

Метеорологические условия в период исследований отличались от среднемноголетних показателей, особенно по количеству выпавших атмосферных осадков, но в целом складывались благоприятно для роста и развития растений ярового рапса. В течение весенне-летнего периода 2022 г. погодные условия характеризовались неравномерным распределением влаги в первой начале мая и в первой и второй декадах июня. На фоне избытка осадков, в апреле и во второй и третьей декадах мае, температура воздуха была ниже среднемноголетних показателей. В весенне-летний период 2023 г. наблюдался недостаток влаги, а лето было аномально жарким. В июне на фоне недостатка атмосферных осадков (18-49%) среднесуточная температура воздуха была на 2,2-2,7°C выше нормы, дневная температура в июне и июле поднималась до 30 °C и выше.

Устойчивость к полеганию и урожайность лучших образцов рапса ярового оценивали на двух провокационных фонах: при внесении азотных удобрений ( $N_{120}$  и  $N_{120+60}$ ) и при норме высева 1,5 и 3,0 млн. всхожих семян на гектар (схема представлена в таблице 1). Азотные удобрения вносили по следующей схеме: в предпосевную культивацию 120 кг/га д.в. азота и 60 кг/га д.в. азота в подкормку в фазу стеблевания.

Статистическая обработка данных проводилась по общепринятой методике Б.А. Доспехова с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

#### **Результаты исследований и обсуждение**

Нашими исследованиями установлено, что наибольшую урожайность маслосемян все изучаемые образцы рапса ярового сформировали на фоне высева 1,5 млн. всхожих семян на гектар и при внесении 180 кг/га д.в. азотных удобрений (38,1 ц/га). Лучшими среди них были сортообразцы 91/20 и 86/20, которые в среднем за 2022-2023 гг. сформировали в условиях опытов урожайность маслосемян 40,0 и 39,8 ц/га, что на 14,3 и 13,7% выше контрольного сорта Топаз. Наибольшая устойчивость к полеганию растений (4,4 балла) наблюдалась в опыте при норме высева 1,5 млн. шт./га и при использовании азотных удобрений в дозе 120 кг/га д.в.

Для определения силы и направленности связи устойчивости к полеганию с основными хозяйственно ценными признаками, нами проводился корреляционный анализ данных. Выявлена корреляционная связь средней степени (вариант опыта 1,5 млн. шт. и  $N_{120}$ ) между устойчивостью к полеганию рапса ярового и густотой стояния растений ( $r=0,54$ ), также отрицательная корреляция средней силы отмечена с высотой растений ( $r=-0,49$ ).

Установлено, что в средней степени коррелируют с устойчивостью к полеганию при норме высева 1,5 млн. шт./га и дозами азота –  $N_{120}$  и  $N_{120+60}$  следующие признаки: масса 1000 семян ( $r=0,60$  и  $r=0,55$ ), число семян в стручке на центральной кисти ( $r=0,41$  и  $r=0,50$ ), число стручков на растении ( $r=0,35$  и  $r=0,38$ ) соответственно.

Таблица 1

**Урожайность и устойчивость к полеганию растений рапса ярового на различных провокационных фонах, среднее за 2022–2023 гг.**

Название образца	Урожайность маслосемян, ц/га				Устойчивость к полеганию, балл			
	1,5 млн. шт.		3,0 млн. шт.		1,5 млн. шт.		3,0 млн. шт.	
	N <sub>120</sub>	N <sub>120+60</sub>	N <sub>120</sub>	N <sub>120+60</sub>	N <sub>120</sub>	N <sub>120+60</sub>	N <sub>120</sub>	N <sub>120+60</sub>
Топаз (к)	29,8	35,0	29,6	31,4	4,5	4,1	4,1	3,9
68/20	31,1	37,5	32,1	33,6	4,5	4,1	4,2	4,0
91/20	36,5	40,0	29,9	35,6	4,3	4,0	4,1	3,6
86/20	33,7	39,8	34,0	35,2	4,2	3,9	4,0	3,4
среднее ( $\bar{x}$ )	32,8	38,1	31,5	32,7	4,4	4,0	4,1	3,7

По всем изучаемым вариантам опыта отмечена отрицательная корреляционная связь различной силы между устойчивостью к полеганию и урожайностью ( $r=-0,38$  -  $-0,80$ ), а также высотой растений ( $r=-0,25$  -  $-0,49$ ) (табл. 2). Между устойчивостью к полеганию и массой 1000 семян выявлена корреляционная связь сильной степени ( $r=0,86$ ) и связь средней силы с числом семян в стручке ( $r=0,68$ ) в варианте – норма высева 3,0 млн. шт. и доза азота – N<sub>120</sub>. На провокационном фоне (при посеве с нормой высева семян 3,0 млн. шт. и при внесении азота N<sub>120+60</sub>) установлена положительная корреляционная связь средней силы между устойчивостью к полеганию и массой 1000 семян ( $r=0,65$ ) и слабая связь с числом стручков на растении ( $r=0,20$ ), что объясняется полеганием культуры уже в фазе цветения из-за неблагоприятных погодных условий в этот период.

Таблица 2

**Коэффициенты корреляции основных хозяйственно ценных признаков рапса ярового с устойчивостью к полеганию, среднее за 2022-2023 гг.**

Коррелирующие признаки	Коэффициент корреляции, r			
	1,5 млн. шт.		3,0 млн. шт.	
	N <sub>120</sub>	N <sub>180</sub>	N <sub>120</sub>	N <sub>180</sub>
высота растений	-0,49	-0,25	-0,34	-0,27
число стручков на растении	0,35	0,38	-0,27	0,20
число семян в стручке	0,41	0,50	0,68	-0,17
масса 1000 семян	0,60	0,55	0,86	0,65
густота стояния растений	0,54	0,40	-0,35	-0,64

При помощи метода многофакторного дисперсионного анализа выявлено достоверное влияние доли факторов и их взаимодействие с урожайностью и устойчивостью к полеганию растений рапса ярового по схеме Н. А. Плохинского (%). Установлено, что на урожайность маслосемян рапса ярового в 2022 г. и 2023 г. в большей степени, среди изучаемых вариантов, оказывали влияние факторы: «генотип» (С) (28,5 и 42,5%), «доза азота» (В) (14,4 и 28,1%) и «норма высева» (А) (12,5-9,5%). Доля взаимодействия факторов «норма высева» (А) + «генотип» (С) в 2022 г. составила 18,5%, а в засушливом 2023 г. – 1,4% (рис. 1).



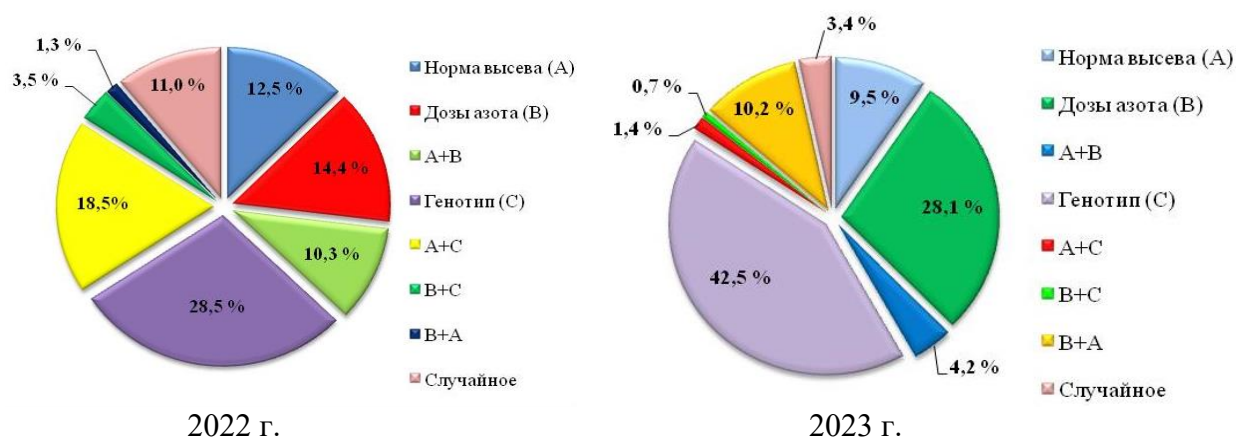


Рис. 1. Доля влияния факторов на урожайность рапса ярового, 2022 и 2023 гг.

Исследованиями выявлено, что в большей степени на показатель «устойчивость к полеганию», среди изучаемых вариантов в 2022 и 2023 гг., оказывают влияние факторы «норма высева» (A) (34,3 и 32,0%) и «доза азота» (B) (31,7 и 33,3%) соответственно. Установлено, что на устойчивость к полеганию достаточно существенное влияние оказал «генотип» (C) – 20,3 и 18,1%, соответственно по годам исследований (рис. 2).

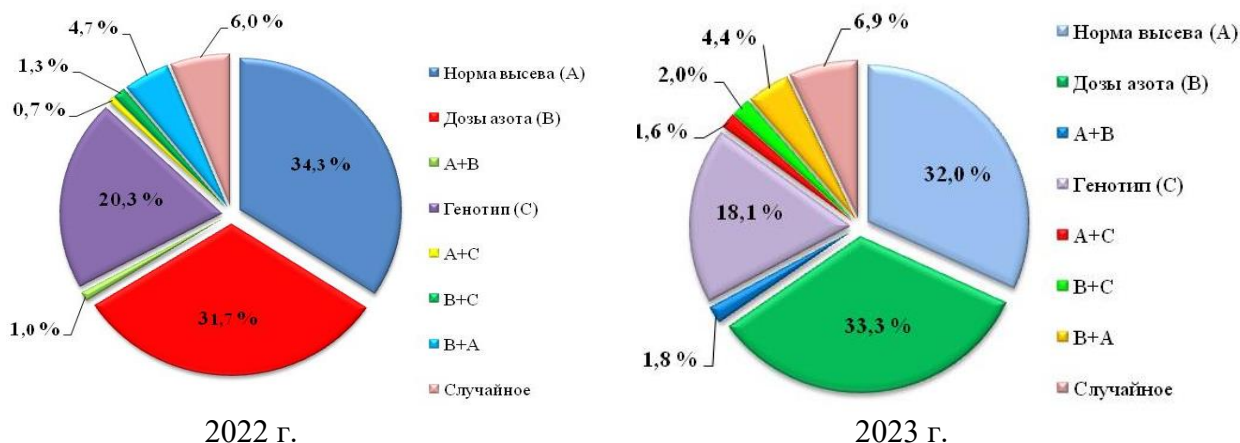


Рис. 2. Доля влияния факторов на устойчивость к полеганию рапса ярового, 2022 и 2023 гг.

### Выводы

1. Установлено, что в средней степени коррелируют с устойчивостью к полеганию при норме высева 1,5 млн. шт./га и дозами азота –  $N_{120}$  и  $N_{120+60}$  следующие признаки: масса 1000 семян ( $r=0,60$  и  $r=0,55$ ), число семян в стручке на центральной кисти ( $r=0,41$  и  $r=0,50$ ), число стручков на растении ( $r=0,35$  и  $r=0,38$ ) соответственно.

2. На провокационном фоне, при посеве с нормой высева семян 3,0 млн. шт. и при внесении азота  $N_{120+60}$ , выявлена положительная корреляционная связь средней силы между устойчивостью к полеганию и массой 1000 семян ( $r=0,65$ ) и слабая связь с числом стручков на растении ( $r=0,20$ ).

3. На урожайность маслосемян рапса ярового в 2022 и 2023 гг. в большей степени оказывали влияние факторы: «генотип» (C) (28,5 и 42,5%), «доза азота» (B) (14,4 и 28,1%) и «норма высева» (A) (12,5-9,5%). Доля взаимодействия факторов «норма высева» (A) + «генотип» (C) в благоприятном 2022 г. составила 18,5%, а в засушливом 2023 г. – 1,4%.

4. Исследованиями выявлено, что на показатель «устойчивость к полеганию» в большей степени оказали влияние факторы «норма высева» (A) (34,3 и 32,0%), «доза азота» (B) (31,7 и 33,3%) и «генотип» (C) – 20,3 и 18,1% соответственно, по годам исследований.

### Литература

1. Пиллюк Я.Э., Пикун О.А., Бакановская А.В. Рапс – основная масличная культура республики Беларусь // Рапс: настоящее и будущее: к 30-летию возделывания рапса в Беларуси: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Жодино, 15–16 сент. 2016 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию. – Минск, – 2016. – С. 36-40.
2. Cooper R.L. Influence of early lodging on yield of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] // *Agronomy J.* – 1971. – Vol. 63, – № 3. – P. 449-450.
3. Setter T.L., Laureles E.V., Mazaredo A.M. Lodging reduces yield of rice by self-shading and reductions in canopy photosynthesis // *Field Crops Research.* – 1997. – Vol. 49, № 2–3. – P. 95–106.
4. Genome-wide association study for flowering time, maturity dates and plant height in early maturing soybean (*Glycine max*) germplasm / J. Zhang [et al.] // *BMC Genomics.* – 2015. – Vol. 16, № 217. – P. 1-11.
5. Li F.A. genome-wide association study of plant height and primary branch number in rapeseed (*Brassica napus*) / F. Li [et al.] // *Plant Science.* – 2016. – Vol. 242. – P. 169–177.

### References

1. Pilyuk Ya.E., Pikun O.A., Bakanovskaya A.V. Rapeseed - the main oilseed crop of the Republic of Belarus // Rapeseed: present and future : to the 30th anniversary of rapeseed cultivation in Belarus : materials of the III Int. sci.-appl. conference, Zhodino, 15-16 Sep. 2016 / Nat. Acad. Sci. Belarus, Nat. Centre Nat. Acad. Sci. Belarus on Agriculture. – Minsk, 2016. – Pp. 36-40.
2. Cooper, R. L. Influence of early lodging on yield of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] // *Agronomy J.* – 1971. – Vol. 63, no. 3. – P. 449-450.
3. Setter T.L., Laureles E.V., Mazaredo A.M. Lodging reduces yield of rice by self-shading and reductions in canopy photosynthesis // *Field Crops Research.* – 1997. – Vol. 49, no. 2–3. – P. 95-106.
4. Genome-wide association study for flowering time, maturity dates and plant height in early maturing soybean (*Glycine max*) germplasm / J. Zhang [et al.] // *BMC Genomics.* – 2015. – Vol. 16, no. 217. – P. 1-11.
5. Li F.A genome-wide association study of plant height and primary branch number in rapeseed (*Brassica napus*) / F. Li [et al.] // *Plant Science.* – 2016. – Vol. 242. – P. 169-177.