

ISSN 2500-2082

Номер 2

Март–Апрель 2023

Научно-теоретический журнал

# ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

[www.vestnik-rsn.ru](http://www.vestnik-rsn.ru)

DOI: 10.31857



$$Z_m^T(y, h) = P_m W(X_m(y, h))$$

$$F = -D \frac{dc}{dx} \approx -D \frac{c_2 - c_1}{l}$$

$$P = (m/n) \cdot x \cdot 100\%$$

## Содержание / Contents

### ● РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ / CROP PRODUCTION AND SELECTION

- 4** Темирбекова С.К., Куликов И.М., Ионова Н.Э. и др. / Temirbekova S.K., Kulikov I.M., Ionova N.E. et al.  
Изучение генетических ресурсов озимой пшеницы и выявление источников с засухоустойчивостью для использования в селекции и производстве / Study of winter wheat genetic resources and genetic sources with drought resistance identification for selection and production usage
- 13** Бирюков К.Н., Грабовец А.И., Крохмаль А.В. и др. / Biryukov K.N., Grabovets A.I., Krokhmal A.V. et al.  
Адаптивность сортов озимой тритикале на различных фонах минерального питания в условиях Среднего Дона / Adaptability of winter triticale varieties on different backgrounds of mineral nutrient in the Middle Don conditions
- 18** Пырских Д.А., Глаз Н.В., Пуалаккайнан Л.А., Уфимцева Л.В. / Pyrsikov D.A., Glaz N.V., Pualakkainan L.A., Ufimtseva L.V.  
Экологическое сортоизучение яровой мягкой пшеницы в северной лесостепи Челябинской области / Ecological varieties research of spring wheat in Northern forest steppe in Chelyabinsk region
- 23** Темирбекова С.К., Белашапкина О.О., Афанасьева Ю.В. и др. / Temirbekova S.K., Beloshapkina O.O., Afanasyeva Yu.V. et al.  
Оценка зараженности посадочного материала и идентификация грибных патогенов чеснока / Assessment of the planting material infection and fungal pathogens identification of garlic
- 30** Кондратьев В.М., Кононенко А.Н., Ивахнова О.Ф. и др. / Kondratiev V.M., Kononenko A.N., Ivakhnova O.F. et al.  
Влияние субстрата и питательного раствора на биометрические показатели и чистую продуктивность фотосинтеза саженцев земляники садовой в условиях светокультуры / Influence of substrate and nutrient solution on biometric performance and net productivity of garden strawberry seedlings photosynthesis under photoculture conditions
- 36** Раченко М.А., Киселева Е.Н., Жилкина О.Ф. и др. / Rachenko M.A., Kiseleva E.N., Zhilkina O.F. et al.  
Биохимическая оценка плодов ремонтантной малины, выращенной в открытом и закрытом грунте / Biochemical assessment of remontant raspberry fruits grown in indoor and outdoor cultivated
- 42** Маржохова М.Х., Кашуков М.В. / Marzhokhova M.H., Kashukov M.V.  
Эффективность фолиарного применения жидких минеральных удобрений на посевах сои / Efficiency of foliar application of liquid mineral fertilizers on soybean crops

### ● ЗЕМЛЕДЕЛИЕ / FARMING

- 46** Нахаев М.Р. / Nakhaev M.R.  
Оптимизация севооборотов на склоновых ландшафтах Чеченской Республики / Crop rotation optimization on the Chechen Republic slope landscapes

- 51** Лукин С.В. / Lukin S.V.  
Мониторинг содержания радионуклидов и тяжелых металлов в агроэкосистемах лесостепной зоны Центрального Черноземья России / Monitoring of the radionuclides and heavy metals content in the agroecosystems of the forest-steppe zone of the Central Chernozem region of Russia

● ЗООТЕХНИЯ / ZOOTECHNICS

- 56** Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Хорошевская Л.В. и др. / Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Khoroshevskaya L.V. et al.  
Использование амарантового жмыха для повышения продуктивности и качества цыплят племенной яичной птицы / Amaranth oil cake usage for increasing of productivity and quality of chickens of breeding egg poultry chickens
- 61** Евлевский А.А. / Evglevskiy A.A.  
Эффективность сукцината кобальта в составе пропиленгликоля и глицерина для восполнения энергетических потребностей коров / The effectiveness of cobalt succinate in propylene glycol and glycerin composition to replenishment of energy demands for caws
- 67** Рахматуллин Э.К., Насыбуллина Ж.Р., Ямалова Г.Р. и др. / Rakhmatullin E.K., Nasybullina J.R., Yamalova G.R. et al.  
Фармакологическая коррекция гепатотоксичности индуцированной Кинмиксом / Pharmacological correction of hepatotoxicity induced by Kimmiks
- 71** Романова Е.А., Тулинова О.В., Позовникова М.В. и др. / Romanova E.A., Tulinova O.V., Pozovnikova M.V. et al.  
Связь экстерьерных признаков с компонентным составом молока у айрширских коров / Relationship between exterior features with milk component composition of Ayrshire cows

● ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ / PROCESSES AND MACHINES OF AGROENGINEER SYSTEMS

- 78** Дорохов А.С., Сибирёв А.В., Аксенов А.Г. и др. / Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Aksenov A.G. et al.  
Математическая модель определения показателей качества энерго-ресурсосберегающей технологии уборки корнеплодов и картофеля в условиях повышенной влажности почвы / Mathematical model of indicators determination of quality root crops harvesting and potato energy saving technology in high humidity soil condition
- 84** Присяжная И.М., Присяжная С.П., Липкань А.В. / Prisyazhnaya I.M., Prisyazhnaya S.P., Lipkan A.V.  
Разработка адаптирующих устройств комбайна для получения качественных семян при уборке сои / Development of combine harvester adaptive devices for obtaining high-quality seeds when soybeans harvesting

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-63276 от 06 октября 2015 г.,  
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Подписано к печати 05.04.2023 г. Дата выхода в свет 15.04.2023 г. Формат 60×88 1/8. Усл. печ. л. 10,76. Уч.-изд. л. 11.  
Заказ № 19. Тираж 21 экз. Бесплатно.

Учредитель: Российская академия наук

16+

Издатель: Российская академия наук, 119991, Москва, Ленинский пр-т, 14  
Исполнитель по госконтракту № 4У-ЭА-130-22 ООО «Объединённая редакция»,  
109028, г. Москва, Подкопаевский пер., д. 5, каб. 6  
Отпечатано ИП Ерхова И.М.  
125267, Москва, Ленинградский пр-т, 47, тел. 8 495 799-48-85

## ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ВЫЯВЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ С ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬЮ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЕКЦИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ\*

Сулухан Кудайбердиевна Темирбекова<sup>1</sup>, доктор биологических наук, профессор  
Иван Михайлович Куликов<sup>2</sup>, доктор экономических наук, академик РАН  
Наталья Эрнестовна Ионова<sup>3</sup>, кандидат биологических наук  
Юлия Владимировна Афанасьева<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук  
Елена Анатольевна Калашникова<sup>4</sup>, доктор биологических наук, профессор  
Шолпан Оразовна Бастаубаева<sup>5</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук  
Ирина Игоревна Сардарова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Московская обл., Россия

<sup>2</sup>ФГБНУ Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, г. Москва, Россия

<sup>3</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

<sup>4</sup>Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

<sup>5</sup>Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства, Алматинская обл., Республика Казахстан

E-mail: sul20@yandex.ru

**Аннотация.** Засуха на значительной территории России в ближайшие десятилетия будет расти. Необходима селекция засухо- и температуроустойчивых культур и создание сортов для различных экологических и географических зон России на основе широкого использования Всемирной коллекции сельскохозяйственных растений. Представлены результаты изучения генофонда озимой пшеницы в период сильной атмосферной засухи, проявившейся дважды за 50 лет – в 1972 и 2010 годах. Основные задачи: мобилизация новых форм засухоустойчивых растений из засушливых зон России, а также из-за рубежа, расширение исследований по выявлению генетических источников и доноров устойчивости к засухе, создание и ускоренное внедрение в сельскохозяйственное производство новых засухоустойчивых сортов и гибридов озимой пшеницы.

**Ключевые слова:** озимая пшеница, генетические источники, устойчивость к засухе, селекция, производство

## STUDY OF WINTER WHEAT GENETIC RESOURCES AND GENETIC SOURCES WITH DROUGHT RESISTANCE IDENTIFICATION FOR SELECTION AND PRODUCTION USAGE

S.K. Temirbekova<sup>1</sup>, Grand PhD in Biological Sciences, Professor  
I.M. Kulikov<sup>2</sup>, Grand PhD in Economic Sciences, Academician of the RAS  
N.E. Ionova<sup>3</sup>, PhD in Biological Sciences  
Yu.V. Afanasyeva<sup>2</sup>, PhD in Agricultural Sciences  
E.A. Kalashnikova<sup>4</sup>, Grand PhD in Biological Sciences, Professor  
Sh.O. Bastaubaeva<sup>5</sup>, PhD in Agricultural Sciences  
I.I. Sardarova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow region, Russia

<sup>2</sup>Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

<sup>4</sup>Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

<sup>5</sup>Kazakh Scientific Research Institute of Agriculture and Plant Growing, Almaty region, Republic of Kazakhstan

E-mail: sul20@yandex.ru

**Abstract.** The problem of drought is acute in a large area of Russia, which will not decrease in the coming decades, but will grow. The most important measures to combat drought are the selection of drought- and heat-resistant crops and the creation of varieties for various

\* Исследование проводили в рамках Правительственной задачи Федерального научного селекционно-технологического центра садоводства и питомниководства № 0432-2021-0003 для сохранения, расширения и изучения генетических коллекций сельскохозяйственных растений и создания хранилища плодовоовощных и мелкоплодных культур, свободных от опасных вирусов, а также в соответствии с тематическим планом Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии № 0598-2019-0005, официальный регистрационный номер EGISU R&D-AAAA-A19-1191212901090. Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжский) федерального университета ПРИОРИТЕТ-2030 / The study was carried out within the framework of the Government Task of the Federal Scientific Breeding and Technology Center for Horticulture and Nursery No. 0432-2021-0003 to preserve, expand and study genetic collections of agricultural plants and create a repository of fruit and vegetable and small-fruited crops free from dangerous viruses, as well as in accordance with the thematic plan of the All-Russian Research Institute of Phytopathology No. 0598-2019-0005, official registration number EGISU R&D-AAAA-A19-1191212901090. The work was carried out at the expense of the Strategic Academic Leadership Program of Kazan (Volga Region) Federal University PRIORITY-2030.

*ecological and geographical zones of Russia based on the widespread use of the World Collections of Agricultural Plants. The results of the study of the gene pool of winter wheat during severe atmospheric drought, which manifested itself twice in 50 years of studying genetic resources from different countries in 1972 and 2010, are presented. The primary tasks were the mobilization of new forms of drought-resistant plants from the arid zones of Russia, as well as from abroad, the expansion of research on the identification of genetic sources and donors of drought resistance, the creation and accelerated introduction into agricultural production of new drought-resistant varieties and hybrids of winter wheat.*

**Keywords:** winter wheat, genetic sources, drought resistance, breeding, production

Как показывают результаты исследований ученых-климатологов, проявления засухи на значительной территории России в ближайшие десятилетия будут нарастать. [1] Важнейшими мерами борьбы с засухой Н.И. Вавилов считал подбор засухо- и жароустойчивых культур и создание засухоустойчивых сортов для различных эколого-географических зон страны на основе широкого использования мировых коллекций сельскохозяйственных растений. Все разнообразие видов и родов растений с агро- и экологических позиций было разделено ученым на три группы. [2]

В первую вошли растения наиболее устойчивые к засухе и способные давать урожай даже в условиях острозасушливого лета. К ним относятся ксерофитные растения (кактусы и агавы), а также просо, сорго, нут, чечевица мелкозерная, разные виды чины, донник, житняк, могар, желтая люцерна, суданская трава, овсяница овечья, ряд плодовых и эфирномасличных культур.

Во вторую группу включены растения с промежуточной устойчивостью, обладающие большой амплитудой изменчивости и проявляющие относительную устойчивость к засухе, способные давать урожай при недостатке влаги. Растения этой группы в земледелии имеют наибольшее значение, занимая более 3/5 площадей посевов, – пшеница, ячмень, кукуруза, рожь, подсолнечник, хлопчатник, сахарная свекла, люцерна, вика и другие.

В третьей группе наименее стойкие к засухе растения, которые способны давать урожай только в условиях достаточного увлажнения. В нее входит большинство растений, возделываемых в пределах нашей страны.

Наиболее ценный засухоустойчивый исходный материал собран на территории России.

Цель работы – на основе форм засухоустойчивых растений из засушливых зон России и из-за рубежа выделить генетические источники и доноры засухоустойчивости для создания новых сортов и гибридов пшеницы.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в бывшем МОВИР имени Н.И. Вавилова, ныне ФГБНУ ФНЦ садоводства (п. Михнево, Ступинский р-н, Московская обл.) с 1970 по 2020 год. Объект изучения – дублетная коллекция озимой мягкой пшеницы ВИР (2626 образцов), которая находится на хранении в отделе генофонда научного центра.

Климат Московской области умеренно влажный, умеренно континентальный. Среднегодовое количество осадков – 450...800 мм. Суммы температур более 10°C убывают от 2100°C на юго-востоке и востоке до 1900°C на северо-западе, вегетацион-

ный период (выше 10°C) укорачивается от 140...145 до 120...125 дней.

По влагообеспеченности и тепловым ресурсам климат Московской области благоприятен для возделывания почти всех сельскохозяйственных культур умеренного пояса. Ступинский район относится ко II агроклиматическому району, занимающему центральную часть области с дерново-подзолистыми суглинистыми почвами. [7] Почва промерзает до 50...75 см на открытых территориях и до 30...50 см на защищенных, оттаивает 21...29 апреля. Физическая спелость наступает у суглинистых почв в среднем 20 мая, супесчаных – 18. Безморозный период продолжается 120...135 дней, что достаточно для полного созревания возделываемых культур. Устойчивый снежный покров, который может продержаться до 137...143 дней, образуется к 25 ноября...2 декабря, а его средняя высота составляет 35 см. Гидротермический коэффициент – 1,3...1,4.

Посев озимой пшеницы (500 зерен/м<sup>2</sup>) проводили в оптимальные сроки (25...27 августа) в полевом научном севообороте по черному пару сеялкой ССФК-7М, площадь делянки – 2 м<sup>2</sup>. Под предпосевную культивацию вносили НРК 68-60-30, в подкормку весной – N 50. Агротехника общепринятая для региона. Стандарты (*Мироновская 808*, *Полукарлик 3*, *Заря*, *Немчиновская 52*, *Московская 39*) высевали через 10 и 50 образцов.

Через каждые пять лет проводили пересев коллекционных образцов озимой пшеницы, при этом семена хранили в специальной комнате при температуре 15...18 °C и влажности воздуха 5...10%.

Работу выполняли согласно Методическим указаниям ВИР, использовали унифицированный классификатор СЭВ рода *Triticum* L. [3, 5, 8]

## РЕЗУЛЬТАТЫ

За 50 лет изучения генофонда озимой пшеницы из Мировой коллекции ВИР в Московской области сильная атмосферная засуха была в 1972 и 2010 годах.

В 1972 году налив зерна проходил в условиях исключительной атмосферной засухи. Со 2 мая по 24 сентября (145 дней) преобладала солнечная жаркая погода с длительными высокими температурами и острым дефицитом влаги.

Среднемесячная температура воздуха в мае (11,8°C) несущественно превышала норму, а количество осадков (28,6 мм) было значительно ниже нормы (50 мм). В сочетании с отсутствием осадков во II и III декадах апреля это отрицательно отразилось на дружности и скорости появления всходов яровых зерновых, зернобобовых культур и многолетних трав, их росте и развитии.

Сохранение влаги в метровом слое почвы под пшеницей снизилось за май с 209 до 183. Семь дней

в течение месяца имели относительную влажность воздуха ниже 40%.

Среднемесячная температура июня – 18,7°C, на 3,3°C ниже среднемноголетней нормы. Абсолютный максимум достигал 32°C, минимум не опускался ниже 9°C.

Осадков за июнь выпало 16,4 мм при норме 72 мм, но вследствие их распыленности, биологическая эффективность была очень мала и запасы продуктивной влаги в почве продолжали снижаться и составили в метровом слое почвы под пшеницей 155 мм в I декаде июня, 135 и 126 мм – II и III декадах соответственно.

В июле наблюдали дальнейшее потепление – среднесуточная температура воздуха за месяц составила 22°C при норме 17,7°C. Абсолютный максимум в I декаде достигал 35,5°C, во II – 34°C, III – 32°C, а абсолютный минимум не опускался ниже 7°C. Температура на поверхности почвы – 45...50°C.

На высоком температурном фоне осадков выпало всего 14 мм при норме 99 мм. Нарастающий дефицит влаги создал сильную почвенную засуху. Запас продуктивной влаги в метровом слое почвы под озимой пшеницей составил в I декаде 90 мм, II – 107 мм.

Три дня за месяц относительная влажность воздуха была не более 30% и 10 дней в пределах 31...40%.

Август по погодным условиям мало отличался от июля. Среднемесячная температура воздуха – 20,3°C, на 4,4°C выше нормы. Абсолютный максимум в I декаде достиг 34,5°C, II – 35,5°C, III – 36,0°C, превысив этот показатель за последние 92 года. Абсолютный минимум – 5,5°C. Осадков за месяц выпало 18,1 мм при норме 76 мм.

Нарастающий дефицит влаги способствовал усилению атмосферной засухи: в августе зафиксировано 12 дней с относительной влажностью воздуха 16...29% и 8 дней – 34...39%. В таких условиях возникли трудности с проведением сева озимых культур.

К концу августа сумма положительных температур воздуха от начала вегетационного периода составила 2381°C, при среднемноголетней норме 1932°C, сумма осадков соответственно 177 и 298 мм.

Температура воздуха в сентябре была равна среднемноголетней (10,3°C). Первые две декады были сухими, в III выпало 52,4 мм осадков. Это значительно улучшило условия для появления всходов озимых, но очень слабых и изреженных в течение месяца после посева. Коллекционные питомники пшеницы и ржи были политы во второй половине сентября. Запас продуктивной влаги в метровом слое почвы под пшеницей составил по декадам сентября 145, 143 и 178 мм.

При оценке озимой пшеницы из Мировой коллекции ВИР на засухоустойчивость мы использовали агрономические показатели (урожайность сортов и ее снижение в условиях засухи по сравнению с контролем, масса 1000 зерен). Всего было изучено 500 образцов из разных стран.

В 1972 году налив зерна проходил в условиях исключительной почвенной и атмосферной засухи. Только благодаря двукратному рыхлению междурядий в почве сохранилось незначительное

количество доступной для растений влаги. У пшеницы к 26 июня почти полностью засохла листва, и дельнейшее накопление сухого вещества происходило только через корневую систему и стебель. В результате величина зерна оказалась на 30...40% меньше, чем в нормальные по погодным условиям годы. Масса 1000 зерен стандарта *Мироновская 808* в 1972 году составила 36,1 г, 49 из 300 образцов приближались по этому признаку к стандарту, 12 превзошли его (табл. 1).

В условиях 1972 года произошла естественная оценка образцов озимой пшеницы по уровню засухоустойчивости. Урожайность стандарта – 240 г/м<sup>2</sup> (1969 год – 372, 1970 год – 358 г). Большинство образцов из Германии по этому показателю уступали районированному сорту. Урожайность на уровне стандарта была у одного образца (*Steiners strusi* к-44858 – 246 г/м<sup>2</sup>), у четырех (*Golland* к-39583 – 228, *Frankensteiner Brauner* к-40914 – 220, *Goldene Aue* к-40477 – 216 и *Stiegler 22* к-26353 – 216 г/м<sup>2</sup>) она была почти на уровне стандарта (*Мироновская 808* – 240 г/м<sup>2</sup>), у остальных (*Heines Feverson* к-185, *Shiriffs* к-1672, *Kujavischer weisser Kolben* к-6290, *St 387650* к-43054, *Lohmanns Beseler III* к-26403, *Cimbals Grossherzog V.Sachz* к-26205, *Bensings Trotzkopf* к-26228, *Continental Dickkopf* к-26310, *Liessau* к-26354) – 204...214 г/м<sup>2</sup>.

В острозасушливом 1972 году по уровню засухоустойчивости и комплексу признаков выделились образцы:

1. *Liessau* к-26354 – зимостойкий, продуктивный, созревает на один день позднее стандарта *Мироновская 808*.
2. *Heine Stamm 3256* к-40864 – зимостойкий, созревает одновременно со стандартом, относительно низкорослый, устойчивый к полеганию, крупнозерный, урожайный.
3. *Lossdorfer Präsident Hanisch* к-40894 – созревает одновременно со стандартом, низкорослый, слабо поражается мучнистой росой.
4. *Heines 1751* к-41245 – зимостойкий, созревает одновременно со стандартом, низкорослый, устойчивый к полеганию, урожайный.
5. *Steiners Strusi* к-44858 – созревает одновременно со стандартом, относительно низкорослый, слабо

**Таблица 1.**  
Наиболее крупнозерные сортообразцы озимой пшеницы из Германии, выделившиеся по засухоустойчивости

№ каталога ВИР	Сорт	Масса 1000 зерен, г
40469	<i>Heinnriehs von Heindenburg</i>	40
40476	<i>Konkurrenzen von Meyer Wageninger</i>	38
26208	<i>Hildebrandts Weissweizen</i>	39
40467	<i>Heinrichs Gelbkoerniger Dickkopf</i>	39
45029	<i>Dippes Triumph</i>	38
43034	<i>Fanal</i>	37
40468	<i>Hildebrandts Weisser Viktoria</i>	37
39737	<i>BiellersEdelepp</i>	38
44973	<i>Skumstall</i>	37
40487	<i>Hallets pedigree v. vilmorin</i>	37
44796	<i>Basta</i>	39
43920	<i>Мироновская 808</i>	36

поражается мучнистой росой, урожайный в засушливые годы.

6. *Biellers Edelepp к-39737* – зимостойкий, крупнозерный, урожайный, слабо поражается мучнистой росой.

7. *38/120 к-40105* – низкорослый, устойчивый к полеганию, слабо поражается бурой ржавчиной.

8. *Neuzucht 14/14 к-40109* – низкорослый, устойчивый к полеганию, очень слабо поражается мучнистой росой и бурой ржавчиной, зимостойкий, продуктивный.

9. *Schindlers N.Z. к-40472* – крупнозерный и урожайный.

10. *Russe 991 к-40858* – созревает одновременно со стандартом, короткостебельный, слабо поражается бурой ржавчиной.

11. *Stauderers Markus к-35660* – зимостойкий, крупнозерный, спеет позднее стандарта на один день.

12. *к-39751* – зимостойкий, низкорослый, слабо поражается бурой ржавчиной, крупнозерный.

13. *Halle 1020 к-34063* – слабо поражается мучнистой росой, крупнозерный.

Сорта озимой пшеницы из Германии представляют интерес для практического использования в селекционном отборе на засухоустойчивость (табл. 2).

Засухоустойчивые образцы, выделившиеся из других стран в 1972 году: Местный *к-25029* (Узбекистан) – позднеспелый, устойчивый к полеганию, высота растений 115 см, в средней степени поражается бурой и желтой ржавчиной, масса 1000 зерен – 32 г, урожайность – 130 г/м<sup>2</sup>, у стандарта – 210 г/м<sup>2</sup>;

Местный *к-36323* (Туркмения) – скороспелый, высота растений 120 см, устойчив к полеганию, поражение мучнистой и желтой ржавчиной среднее, масса 1000 зерен – 28 г, урожайность – 170 г/м<sup>2</sup>, у стандарта – 210 г/м<sup>2</sup>;

*Impeto к-40296* (Италия) – скороспелый, высота растений 90 см, поражение мучнистой и желтой ржавчиной среднее, масса 1000 зерен – 32 г, урожайность – 175 г/м<sup>2</sup>, у стандарта – 210 г/м<sup>2</sup>;

*Teras к-44546* (Италия) – высота растений 80 см, устойчив к полеганию, бурой и желтой ржавчине, масса 1000 зерен – 30 г, урожайность – 190 г/м<sup>2</sup>, у стандарта 210 г/м<sup>2</sup>;

Местный *к-12757* (Афганистан) – скороспелый, высота растений 110 см, устойчив к ржавчинным болезням, масса 1000 зерен – 26 г, урожайность – 150 г/м<sup>2</sup>, у стандарта – 210 г/м<sup>2</sup>;

Местный *к-24084* (Индия) – скороспелый, высота растений 105 см, устойчив к полеганию, хорошая устойчивость к ржавчинным болезням, масса 1000 зерен – 20 г, урожайность – 120 г/м<sup>2</sup>, у стандарта – 210 г/м<sup>2</sup>;

*Моно к-44397* (США) – скороспелый, высота растений 100 см, устойчив к полеганию, масса 1000 зерен – 30 г, урожайность – 195 г/м<sup>2</sup>, у стандарта – 210 г/м<sup>2</sup>;

*Apache к-45079* (США) – скороспелый, высота 95 см, устойчив к полеганию, бурой и желтой ржавчине, масса 1000 зерен – 32 г, урожайность – 210 г/м<sup>2</sup>, у стандарта – 210 г/м<sup>2</sup>;

*Альбидум 11 к-46730* (Россия) – среднеспелый, создан с участием пшеницы из Калифорнии, высота

растений 90 см, устойчив к болезням, полеганию, масса 1000 зерен – 39 г, урожайность – 386 г/м<sup>2</sup>, у стандарта 210 г/м<sup>2</sup>;

*Безостая 1 к-42790* (Россия) – скороспелый, устойчив к полеганию, высота 105 см, поражение ржавчинными болезнями в средней степени, масса 1000 зерен – 37,8 г, урожайность – 200 г/м<sup>2</sup>, у стандарта – 210 г/м<sup>2</sup>;

*Одесская 3 к-38441* (Украина) – среднеспелый, высота 95 см, устойчив к полеганию, поражение ржавчинными болезнями в средней степени, масса 1000 зерен – 35,1 г, урожайность – 220 г/м<sup>2</sup>, у стандарта – 210 г/м<sup>2</sup>.

Таким образом, анализ на засухоустойчивость коллекционных образцов из Мировой коллекции ВИР выявил генотипы, имеющие высокую устойчивость к засухе из Германии (первое место), единичные образцы из Италии, США и России. Выделившиеся образцы представляют ценность для практического использования в селекции. На их основе созданы засухоустойчивые и высокопродуктивные сорта для Российской Федерации.

Еще одним острозасушливым годом с 1972 года стал 2010. Средняя температура вегетационного периода была на 6,5°С (22,9°С) выше нормы (16,4°С). В мае погодные условия благоприятствовали росту и развитию растений озимой пшеницы – температура воздуха соответствовала среднеоголетному значению (14,2...14,5°С). С 18 июня до 3 сентября осадков не было. Температура воздуха в Московской области в июне составила 33°С, июле – до 38°С, августе – 39,7°С (средняя многолетняя – 18,2, 20,5 и 19,0 соответственно). Гидротермический коэффициент – 0,8. Отсутствие осадков, а также аномально высокая температура воздуха препятствовали нормальному развитию и наливу зерна пшеницы. Полная спелость коллекционных образцов наступила 10...15 июля, почти на месяц раньше оптимального срока. В условиях жесткой атмосферной засухи проводили оценку коллекции на засухоустойчивость. Всего проанализировано 500 образцов из разных стран. Отмечены 42 образца озимой

**Таблица 2.**  
**Наиболее урожайные сорта озимой пшеницы из Германии в 1972 году**

№ каталога ВИР	Сорт	Урожай зерна с 2 м <sup>2</sup> , г
43920	<i>Мироновская 808</i>	480
44858	<i>Steiners Strusi</i>	492
39583	<i>Golland</i>	456
40914	<i>Frankensteiner Brauner</i>	440
40477	<i>Goldene Aue</i>	432
26353	<i>Stiegler 22</i>	432
185	<i>Heines Feverson</i>	428
1672	<i>Shiriffs</i>	428
6290	<i>Kujavischer Weisses Kolben</i>	420
43054	<i>St 3876/50</i>	420
26403	<i>Lohmanns Beseler III</i>	412
26205	<i>Cimbals Grossherzog V.Sachz</i>	412
26228	<i>BensingsTrotzkopf</i>	408
26310	<i>Berkners Continental Dickkopf 95</i>	408
26354	<i>Liessau</i>	408

пшеницы, из них 14 характеризовались высоким урожаем (табл. 3).

Засуха – один из наиболее комплексных и разрушительных абиотических стрессоров земледелия во многих странах мира. В европейской части России за 50 лет изучения мирового генофонда озимой пшеницы засуха была в 1972 и 2010 годах. Длилась она с середины до конца вегетационного периода. Некоторые исследователи отмечали наступление засухи в начале, середине или конце вегетации и разную степень интенсивности. [4, 14, 10] Фотосинтез невозможен без воды и его чистая продуктивность лимитируется наличием доступной влаги в почве. На дефицит воды отрицательно реагируют любые сорта, в том числе засухоустойчивые.

Селекцию на устойчивость к засухе нельзя рассматривать отдельно от технологии растениеводства, главная задача которой – накопление и сбережение влаги в почве. В условиях долговременной засухи урожайность определяется и лимитируется ресурсами предпосевной воды в почве.

Засуха и жара влияют на урожайность, мукомольные качества зерна и хлебопекарные свойства муки, а также крупность, выполненность и натурную массу зерна, выход муки. [10, 15] В засушливые годы содержание белка в зерне и муке повышалось до 17...19% и более, клейковины – 45...50%. Экстремальная температура воздуха более 34...35°C в период налива зерна влияет на экспрессию генов различных групп запасных белков между глютелинами и глиадинами. [12, 13, 15]

Глобальное потепление климата и экстремальная засуха 2010 года вызывают беспокойство за производство зерна и другой растениеводческой продукции. Для современных условий нужны сорта, более эффективно использующие воду не только в засушливые, но и влажные годы. Решение этой задачи невозможно без обогащения пшеницы генами местных стародавних сортов, контролирующей устойчивость к комплексу вредителей и фитопатогенам, толерантность к экстремальной температу-

ре, высокую урожайность и качество зерна, а также технологичность выращивания. Традиционная рекомбинационная селекция остается фундаментом для молекулярных технологий создания новых сортов и гибридов при использовании генофонда лучших генотипов из Мировой коллекции пшеницы ВИР.

Погодные условия 2010 года показали актуальность селекции озимой и яровой пшеницы на засухоустойчивость.

Ниже приводим особо ценные, выделившиеся по уровню засухоустойчивости, коллекционные образцы из Мировой коллекции ВИР. [6] В России они уже находятся в селекционном процессе.

1. **к-64061 Taroz** (Германия), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 9. Высота растений перед уборкой – 95 см. Устойчивость к полеганию – 9 баллов. Масса 1000 зерен – 43,6 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 680 г/м<sup>2</sup> (68 ц/га), в процентах к стандарту – 141,8.

2. **к-64065 Taras** (Германия), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 9. Высота растений перед уборкой – 95 см. Устойчивость к полеганию – 9 баллов. Масса 1000 зерен – 43,5 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 670 г/м<sup>2</sup> (67 ц/га), в процентах к стандарту – 139,6.

3. **к-64062 Tarmar** (Германия), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 9. Высота растений перед уборкой – 90 см. Устойчивость к полеганию – 9 баллов. Масса 1000 зерен – 42,4 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 665 г/м<sup>2</sup> (66,5 ц/га), в процентах к стандарту – 138,5.

4. **к-64060 Tazit** (Германия), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 9. Высота растений перед уборкой – 85 см. Устойчивость к полеганию – 9 баллов. Масса 1000 зерен – 42,7 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 660 г/м<sup>2</sup> (66 ц/га), в процентах к стандарту – 137,5.

5. **к-57008 TAW 7032/74** (Германия), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 9. Высота растений перед уборкой – 95 см. Устойчивость к полеганию – 9 баллов. Масса 1000 зерен – 36,0 г. Поражение мучнистой

Таблица 3.

Засухоустойчивые и высокоурожайные образцы озимой пшеницы из генофонда ВИР, 2010 год

№ каталога ВИР	Происхождение	Сорт	Масса зерна с 1 м <sup>2</sup> , г
Стандарт	Московская обл. НИИСХ ЦРНЗ	Московская 39	475
64065		Taras	670
62062	Германия	Gabo 54	665
57008		TAW 7032/74	655
54633	Московская обл.	Ферругинеум 737/76	640
64061	Германия	Taroz	630
54131	Швеция	SV 71536	630
55971	Курская обл.	Л-1749	620
57222	Германия	Severin	620
54635	Московская обл.	Лютесценс181/75	615
54689		Лютесценс12424/74	615
64054	Польша	Juma	615
55801	Курская обл.	Лютесценс 12	600
55315	Швеция	WW 71919	600
55246		Sture	600





Масса 1000 зерен – 43,4 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 590 г/м<sup>2</sup> (59 ц/га), в процентах к стандарту – 122,9.

19. **к-54657 *Erythropermum 543/75*** (Московская обл.), разновидность – *erythropermum*.

Зимостойкость – 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 7. Высота растений перед уборкой – 95 см. Устойчивость к полеганию – 7 баллов. Масса 1000 зерен – 42,6 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 590 г/м<sup>2</sup> (59 ц/га), в процентах к стандарту – 122,9.

20. **к-58831 *Lutescens 398*** (Воронежская обл.), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 7+. Высота растений перед уборкой – 100 см. Устойчивость к полеганию – 7 баллов. Масса 1000 зерен – 46,8 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 585 г/м<sup>2</sup> (58,5 ц/га), в процентах к стандарту – 121,8.

21. **к-55233 *Maris Marksman*** (Англия), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 9. Высота растений перед уборкой – 90 см. Устойчивость к полеганию – 9 баллов. Масса 1000 зерен – 34,8 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 580 г/м<sup>2</sup> (58 ц/га), в процентах к стандарту – 120,1.

22. **к-58188 *FAW 34727/75*** (Германия), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 9. Высота растений перед уборкой – 90 см. Устойчивость к полеганию – 9 баллов. Масса 1000 зерен – 39,2 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 575 г/м<sup>2</sup> (57,5 ц/га), в процентах к стандарту – 119,9.

23. **к-54129 *Skjaldar*** (Норвегия), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 9. Высота растений перед уборкой – 100 см. Устойчивость к полеганию – 7 баллов. Масса 1000 зерен – 39,5 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 580 г/м<sup>2</sup> (58 ц/га), в процентах к стандарту – 120,1.

24. **к-57580 *Liwilla*** (Польша), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 7. Высота растений перед уборкой – 95 см. Устойчивость к полеганию – 9 баллов. Масса 1000 зерен – 39,6 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 575 г/м<sup>2</sup> (57,5 ц/га), в процентах к стандарту – 119,9.

25. **к-54668 *Lutescens 444/73*** (Московская обл.), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 7. Высота растений перед уборкой – 100 см. Устойчивость к полеганию – 7 баллов. Масса 1000 зерен – 40,4 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 570 г/м<sup>2</sup> (57 ц/га), в процентах к стандарту – 118,7%.

26. **к-64059 *Roti*** (Германия), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 7+. Высота растений перед уборкой – 75 см. Устойчивость к полеганию – 7 баллов. Масса 1000 зерен – 42,8 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 565 г/м<sup>2</sup> (56,5 ц/га), в процентах к стандарту – 117,7.

27. **к-64063 *Orbis*** (Германия), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 7+. Высота растений перед уборкой – 90 см. Устойчивость к полеганию – 7 баллов. Масса 1000 зерен – 44,2 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 565 г/м<sup>2</sup> (56,5 ц/га), в процентах к стандарту – 117,7.

28. **к-55337 *Carstacht*** (Германия), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 9. Высота растений перед уборкой – 95 см. Устойчивость к полеганию – 9 баллов. Масса 1000 зерен – 37,6 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 565 г/м<sup>2</sup> (56,5 ц/га), в процентах к стандарту – 117,7.

29. **к-54705 *Maris Kinsman*** (Англия), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 7 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 7+. Высота растений перед уборкой – 110 см. Устойчивость к полеганию – 9 баллов. Масса 1000 зерен – 46,8 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 555 г/м<sup>2</sup> (55,5 ц/га), в процентах к стандарту – 115,6.

30. **к-55322 *WW 72074*** (Швеция), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 7+ баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 7+; перед уборкой – 7. Высота растений перед уборкой – 110 см. Устойчивость к полеганию – 9 баллов. Масса 1000 зерен – 39,2 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 550 г/м<sup>2</sup> (55 ц/га), в процентах к стандарту – 114,6.

31. **к-56289 *Hvede Sarah*** (Дания), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 7 баллов. Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 7; перед уборкой – 7. Высота растений перед уборкой – 95 см. Устойчивость к полеганию – 9 баллов. Масса 1000 зерен –

40,6 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 550 г/м<sup>2</sup> (55 ц/га), в процентах к стандарту – 114,6.

32. **к-56872 Helge** (Швеция), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 9. Высота растений перед уборкой – 100 см. Устойчивость к полеганию – 9 баллов. Масса 1000 зерен – 38,7 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 550 г/м<sup>2</sup> (55 ц/га), в процентах к стандарту – 114,6.

33. **к-57235 Donata** (Нидерланды), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 9. Высота растений перед уборкой – 65 см. Устойчивость к полеганию – 9 баллов. Масса 1000 зерен – 38,1 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 550 г/м<sup>2</sup> (55 ц/га), в процентах к стандарту – 114,6.

34. **к-64027 Bussard** (Германия), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 7 баллов. Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 7. Высота растений перед уборкой – 100 см. Устойчивость к полеганию – 9 баллов. Масса 1000 зерен – 40,0 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 545 г/м<sup>2</sup> (54,5 ц/га), в процентах к стандарту – 113,5.

35. **к-64028 Faktor** (Германия), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 7 баллов. Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 7+. Высота растений перед уборкой – 85 см. Устойчивость к полеганию – 9 баллов. Масса 1000 зерен – 42,1 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 545 г/м<sup>2</sup> (54,5 ц/га), в процентах к стандарту – 113,5.

36. **к-55313 WW 71822** (Швеция), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 9. Высота растений перед уборкой – 85 см. Устойчивость к полеганию – 9 баллов. Масса 1000 зерен – 35,2 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 540 г/м<sup>2</sup> (54,0 ц/га), в процентах к стандарту – 112,5.

37. **к-64025 Muck** (Германия), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 7 баллов. Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 7. Высота растений перед уборкой – 100 см. Устойчивость к полеганию – 9 баллов. Масса 1000 зерен – 40,4 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 535 г/м<sup>2</sup> (53,5 ц/га), в процентах к стандарту – 111,5.

38. **к-54823 Linos** (Германия), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 7 баллов. Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 7. Высота растений перед уборкой – 105 см. Устойчивость к полеганию – 7+. Масса 1000 зерен – 43,7 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 535 г/м<sup>2</sup> (53,5 ц/га), в процентах к стандарту – 111,5.

39. **к-55218 C 975/69** (Польша), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 7 баллов. Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 7. Высота растений перед уборкой – 90 см. Устойчивость к полеганию – 9 баллов. Масса 1000 зерен – 42,6 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 535 г/м<sup>2</sup> (53,5 ц/га), в процентах к стандарту – 111,5.

40. **к-54563 Лютеценс 755/76** (Московская обл.), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 9. Высота растений перед уборкой – 95 см. Устойчивость к полеганию – 7+ баллов. Масса 1000 зерен – 35,8 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 535 г/м<sup>2</sup> (53,5 ц/га), в процентах к стандарту – 111,4.

41. **к-55321 WW 72073** (Швеция), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 7+ баллов. Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 7. Высота растений перед уборкой – 85 см. Устойчивость к полеганию – 9 баллов. Масса 1000 зерен – 39,4 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 530 г/м<sup>2</sup> (53,0 ц/га), в процентах к стандарту – 110,0.

42. **к-55306 Sv. 01750** (Швеция), разновидность – *lutescens*.

Зимостойкость – 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму – 9; после перезимовки – 9; перед уборкой – 7-. Высота растений перед уборкой – 85 см. Устойчивость к полеганию – 9- баллов. Масса 1000 зерен – 34,5 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной – сильное. Урожайность – 530 г/м<sup>2</sup> (53,0 ц/га), в процентах к стандарту – 110,0.

Урожайность перечисленных образцов приводится в сравнении со стандартом *Московская 39* (в среднем с 14 делянок по 2 м<sup>2</sup> – 48,0 ц/га).

**Выводы.** Любая селекционная программа, в том числе и создание засухоустойчивых сортов, требует разнообразного и хорошо изученного материала, который сосредоточен в Мировой коллекции ВИР. Успех может быть обеспечен при большом объеме гибридизационных работ, поэтому для скрещиваний следует привлекать разнообразный генетический материал и вести целенаправленный отбор на гомеостаз, на фоне которого будет идти объединение генов засухоустойчивости, урожайности, массы 1000 зерен, устойчивости к болезням. В наших исследованиях самый высокий процент устойчивых к засухе форм был найден среди пшеницы из Германии и России.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Будыко М.И. Эволюция биосферы. Л.: Гидрометеоздат, 1984. 488 с.
2. Вавилов Н.И. Мировые ресурсы засухоустойчивых сортов / Доклады Всесоюзной конференции по борьбе с засухой. Л.: ВИР, бюл. № 2, 1931. С. 18–28.
3. Градчанинова О.Д., Филатенко А.А. и др. Изучение коллекции пшеницы / Методические указания. Л.: ВИР, 1985. 26 с.
4. Крупнов В.А. Засуха и селекция пшеницы: системный подход. Сельскохозяйственная биология. 2011. № 1. С. 12–23.
5. Мережко А.Ф., Удачин Р.А., Зуев Е.В. и др. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале. Методические указания. СПб.: ВИР, 1999. 81 с.
6. Темирбекова С.К., Черемисова Т.Д., Куликов И.М. и др. Исходный материал озимой пшеницы для «идеала сорта» по Н.И. Вавилову на устойчивость к абиотическим и биотическим стрессовым факторам Центрального региона РФ. М.: ВСТИСП, 2020. С. 108.
7. Федорин Ю.В., Сотников В.П., Егоренков Л.И. Почвы сельскохозяйственных угодий СССР: научное издание. М.: Колос, 1981. 199 с.
8. Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Triticum* L. Л.: 1989. 43 с.
9. Blumenthal C.S., Barlow E.W.R., Wrigley C.W. Growth environment and wheat quality: the effect of heat stress on dough properties and gluten proteins. *J. Cereal Sciences*. 1993. Vol. 18. PP. 3–21.
10. Chen J., Lin L., Lu G. An index of soil drought intensity and degree: An application on corn and a comparison with CWSI. *Agric. Water Management*. 2010. Vol. 97. PP. 865–871.
11. Guttieri M.J., Stark J.C., O'Brien K., Souza E. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Sciences*. 2001, Vol. 41. PP. 327–335.
12. Irmac S., Naaem H.A., Lookhart G.L., Mac Ritchele F. Effect of heat stress on wheat proteins during kernel development in wheat nearisogenic lines differing at *Glu-D1*. *J. Cereal Sci*. 2008. Vol. 48. PP. 513–516.
13. Krupnov V.A., Germantsev L.A., Krupnova O.V. The effect of a temperature increase on the grain weight of the spring wheat in the Volga Regions. *Annual Wheat Newsletter (USA)*. 2001. Vol. 47. 145 p.
14. Passioura J.B. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. *J. Exp. Bot*. 2007. V. 58. PP. 113–117.
15. Tribol E., Martre P., Tribol-Blondel A.M. Environmentally induced changes in protein composition in developing grains of wheat are related to changes in total protein content. *I. Exp. Bot*. 2003. Vol. 54. PP. 1731–1742.

## REFERENCES

1. Budyko M.I. Evolyuciya biosfery. L. Gidrometeoizdat 1984. 488 s.
2. Vavilov N.I. Mirovye resursy zasuxoustojchivykh sortov. Doklady Vsesoyuznoj konferencii po borbe s zasuxoj. L. VIR byul. 2 1931. S. 18–28.
3. Gradchaninova O.D., Filatenko A.A. i dr. Izuchenie kolekcii pshenicy Metodicheskie ukazaniya. L. VIR 1985. 26 s.
4. Krupnov V.A. Zasuxa i selekciya pshenicy sistemnyj podhod. Selskoxozyajstvennaya biologiya. 2011. 1. S. 12–23.
5. Merezko A.F., Udachin R.A., Zuev E.V. i dr. Popolnenie soxranenie v zhivom vide i izuchenie mirovoj kolekcii pshenicy egilopsa i tritikale. Metodicheskie ukazaniya. SPb. VIR 1999. 81 s.
6. Temirbekova S.K., Cheremisova T.D., Kulikov I.M. i dr. Isxodnyj material ozimoy pshenicy dlya «ideala sorta» po N.I. Vavilovu na ustojchivost k abioticheskim i bioticheskim stressovym faktoram Centralnogo regiona RF. M VSTISP 2020. S. 108.
7. Fedorin Yu.V., Sotnikov V.P., Egorenkov L.I. Pochvy selskoxozyajstvennyx ugodij SSSR nauchnoe izdanie. M. Kolos 1981. 199 s.
8. Shirokij unificirovannyj klassifikator SEV roda *Triticum* L. L. 1989. 43 s.
9. Blumenthal C.S., Barlow E.W.R., Wrigley C.W. Growth environment and wheat quality the effect of heat stress on dough properties and gluten proteins. *J. Cereal Sciences*. 1993. Vol. 18. PP. 3–21.
10. Chen J., Lin L., Lu G. An index of soil drought intensity and degree An application on corn and a comparison with CWSI. *Agric. Water Management*. 2010. Vol. 97. PP. 865–871.
11. Guttieri M.J., Stark J.C., O'Brien K., Souza E. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Sciences*. 2001 Vol. 41. PP. 327–335.
12. Irmac S., Naaem H.A., Lookhart G.L., Mac Ritchele F. Effect of heat stress on wheat proteins during kernel development in wheat nearisogenic lines differing at *Glu-D1*. *J. Cereal Sci*. 2008. Vol. 48. PP. 513–516.
13. Krupnov V.A., Germantsev L.A., Krupnova O.V. The effect of a temperature increase on the grain weight of the spring wheat in the Volga Regions. *Annual Wheat Newsletter (USA)*. 2001. Vol. 47. 145 p.
14. Passioura J.B. The drought environment physical biological and agricultural perspectives. *J. Exp. Bot*. 2007. V. 58. PP. 113–117.
15. Tribol E., Martre P., Tribol-Blondel A.M. Environmentally induced changes in protein composition in developing grains of wheat are related to changes in total protein content. *I. Exp. Bot*. 2003. Vol. 54. PP. 1731–1742.

Поступила в редакцию 24.01.2023

Принята к публикации 07.02.2023

## АДАПТИВНОСТЬ СОРТОВ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ НА РАЗЛИЧНЫХ ФОНАХ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ДОНА

Константин Николаевич Бiryukov, кандидат сельскохозяйственных наук

Анатолий Иванович Грабовец, член-корреспондент РАН, профессор

Анна Валентиновна Крохмаль, кандидат сельскохозяйственных наук

Ольга Викторовна Бiryukova, научный сотрудник

Иван Викторович Ляшков, научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», пос. Рассвет, Ростовская область, Россия

E-mail: biryukov.22@bk.ru

**Аннотация.** Изучили адаптивные особенности сортов озимой тритикале в зависимости от уровня минерального питания в почвенно-климатических условиях северо-западной зоны Ростовской области. Работу выполняли на среднемощном южном карбонатном черноземе в 2012–2019 годах. Объект исследования – 10 сортов озимой тритикале собственной селекции. Схема опыта включала в себя 12 фонов минерального питания. Посевы размещали по черному пару, норма высева – 4 млн всх. сем./га по каждому агрофону. Агроклиматические условия в годы проведения опыта были контрастными. Наиболее благоприятный режим для реализации потенциальной продуктивности озимой тритикале сложился при посеве по высоким агрофонам (144–208 кг д. в./га). Среднесортная урожайность при этом достигла уровня 8,11–8,35 т/га зерна. Продуктивные возможности всех сортов (кроме Каприза) были высокими, они составили 98–111%. В контрастных условиях минерального питания сорта Атаман Платов и Донслав обладали оптимальным соотношением между потребностями генотипа и уровнем агрофона. Они сформировали максимальную урожайность в опыте (8,67 и 8,37 т/га соответственно). У сорта Ацтек диапазон приспособительных возможностей шире, чем у остальных сортов, он обладает высокой устойчивостью к лимитированному количеству удобрений. Минимальная устойчивость к дефициту питательных элементов у сорта Гектор. По оптимальному сочетанию параметров экологической пластичности и стабильности выделились сорта Капрал, Сколот и Донслав. В производственных условиях они представляют ценность, поскольку способны давать стабильный урожай зерна при различном уровне минерального питания.

**Ключевые слова:** сорт, озимая тритикале, агрофон, урожайность, коэффициент адаптивности, пластичность, стабильность, Средний Дон

## ADAPTABILITY OF WINTER TRITICALE VARIETIES ON DIFFERENT BACKGROUNDS OF MINERAL NUTRIENT IN THE MIDDLE DON CONDITIONS

K.N. Biryukov, *PhD in Agricultural Sciences*

A.I. Grabovets, *Corresponding Member of the RAS, Professor*

A.V. Krokhmal, *PhD in Agricultural Sciences*

O.V. Biryukova, *Researcher*

I.V. Lyashkov, *Researcher*

FSBSI «Federal Rostov Agrarian Scientific Center»,

Rassvet village, Rostov region, Russia

E-mail: biryukov.22@bk.ru

**Abstract.** The research was carried out in order to study the adaptive features of winter triticale varieties depending on the level of mineral nutrition in the soil and climatic conditions of the north-western zone of the Rostov region. The work was carried out on medium-sized southern carbonate chernozem in 2012–2019. The material for the study was 10 varieties of winter triticale of their own selection. The scheme of the experiment included 12 backgrounds of mineral nutrition. The crops were placed on a black steam, the seeding rate was 4 million germinating seeds per 1 ha for each agrophone. The agro-climatic conditions during the years of the experiment were contrasting. On average, over the years of research, the most favorable regime for realizing the potential productivity of winter triticale was formed when it was sown at high agrophones (144 ...208 kg of a.s./1 ha). At the same time, the average port yield reached the level of 8.11...8.35 t/ha of grain. The productive capabilities of all varieties (except Caprice) were high, they amounted to 98...111%. Under contrasting conditions of mineral nutrition, Ataman Platov and Donslav varieties had an optimal ratio between the needs of the genotype and the level of the agrophone. At the same time, they formed the maximum yield in the experiment (8.67 and 8.37 t/ha, respectively). The Aztec variety had a wider range of adaptive capabilities than other varieties, so it has a high resistance to a limited amount of fertilizers. The Hector variety was characterized by minimal resistance to nutrient deficiency. According to the optimal combination of parameters of ecological plasticity and stability, the varieties Kapral, Skolot and Donslav were distinguished. In production conditions, they are of some value, since they are able to produce a stable grain yield with various fluctuations in the level of mineral nutrition.

**Keywords:** variety, winter triticale, agrophone, yield, coefficient of adaptability, plasticity, stability, Middle Don

В связи с климатическими изменениями, связанными в первую очередь с нарастанием аридности, стоит вопрос повышения адаптивного потенциала сельскохозяйственных культур. [4]

Тритикале имеет широкий диапазон экологической пластичности по устойчивости к комплексу стрессоров. [1] Для стабильного производства зерна необходимо высевать сорта, сочетающие высокий потенциал продуктивности, толерантность к основным заболеваниям, хорошее качество продукции с экологической стабильностью. Оценка параметров адаптивности позволяет выделить лучшие сорта для конкретной зоны возделывания. [2]

Понятие адаптивности агротехнологии интегральное и распространяется на ее составляющие элементы (севооборот, обработка почвы, сроки и нормы высева, защита растений от вредных организмов). Один из определяющих ресурсов технологии – минеральное питание растений, как наиболее доступный фактор регулирования формирования урожая. [5] Необходимое условие высокой продуктивности тритикале – оптимальная по сбалансированности элементов система питания растений, создание которой возможно с применением удобрений. [3, 9]

Современные сорта характеризуются различной способностью поглощать из почвы питательные вещества и использовать их. Поэтому систему удобрений следует разрабатывать с учетом биологических особенностей не только культуры, но и сорта. [10]

Цель работы – сравнительная оценка сортов озимой тритикале по уровню адаптивности на различных фонах минерального питания для уточнения технологии возделывания в условиях Среднего Дона.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования были выполнены в отделе селекции и семеноводства пшеницы и тритикале Федерального Ростовского аграрного научного центра в северо-западной зоне Ростовской области (2012–2019 годы). Почва опытного участка – среднемощный южный карбонатный чернозем. Мощность гумусового горизонта – 60...70 см. Количество гумуса в пахотном слое – 3,2% (ГОСТ 2613-91), гидролизуемого азота (по Тюрину и Кононовой) – 67 мг/кг, общего азота ( $N-NO_3 + N-NH_4$ ) (по Гинзбургу) в пахотном слое почвы – 28 мг/кг почвы, подвижных форм фосфора ( $P_2O_5$ ) и калия ( $K_2O$ ) (ГОСТ 26204-91) – 31 и 300 мг/кг соответственно. Сумма поглощенных оснований (ГОСТ 27281-88) – 68 мг-экв./100 г.

Объект изучения – 10 сортов озимой тритикале собственной селекции (*Каприз*, *Капрал*, *Ацтек*, *Сколот*, *Донслав*, *Пилигрим*, *Рамзай*, *Рамзес*, *Атаман*, *Платов*, *Гектор*). Предшественник – черный пар (технология подготовки – общепринятая для зоны). Семена высевали в оптимальные сроки (10...15 сентября). Норма – 4 млн всх. сем./га на каждом агрофоне, глубина заделки – 4...5 см. Площадь делянки 50 м<sup>2</sup>, повторность – трехкратная. Учет урожайности озимой тритикале проводили методом поделяночно-обмолота комбайном Сампо 500 с последующим приведением данных к стандартной влажности.

Схема внесения минеральных удобрений: 1. Без удобрений (контроль); 2.  $N_{50}$  (150 кг/га аммиачной селитры) – 50 кг/га д.в.; 3.  $N_{50}$  (150 кг/га аммиачной

селитры) +  $N_7P_{18}$  (50 кг/га ЖКУ) – 75 кг/га д.в.; 4.  $N_{50}$  (150 кг/га аммиачной селитры) +  $N_{30}$  (65 кг/га карбамида) – 80 кг/га д.в.; 5.  $N_{12}P_{52}$  в основном внесении (100 кг/га аммофоса) – 64 кг/га д.в.; 6.  $N_{12}P_{52}$  +  $N_{50}$  – 114 кг/га д.в.; 7.  $N_{12}P_{52}$  +  $N_{50}$  +  $N_7P_{18}$  – 139 кг/га д.в.; 8.  $N_{12}P_{52}$  +  $N_{50}$  +  $N_{30}$  – 144 кг/га д.в.; 9.  $N_{24}P_{104}$  в основном внесении (200 кг/га аммофоса) – 128 кг/га д.в.; 10.  $N_{24}P_{104}$  +  $N_{50}$  – 178 кг/га д.в.; 11.  $N_{24}P_{104}$  +  $N_{50}$  +  $N_7P_{18}$  – 203 кг/га д.в.; 12.  $N_{24}P_{104}$  +  $N_{50}$  +  $N_{30}$  – 208 кг/га д.в.

Основное удобрение (аммофос,  $N_{12}P_{52}$ ) заделывали в почву осенью под основную (глубина – 20...22 см) обработку пара. Ранневесеннюю подкормку проводили прикорневым способом с наступлением физической спелости почвы в фазе кущения тритикале. Аммиачную селитру ( $N_{34}$ ) вносили согласно схеме опыта. При некорневой подкормке по вегетирующим растениям применяли ЖКУ ( $N_{13}P_{37}$ ) в фазе выхода в трубку, фазе колошения – карбамид ( $N_{46}$ ) на агровариантах, предусмотренных схемой опыта.

Для оценки адаптивного потенциала сортов озимой тритикале в условиях Среднего Дона определяли экологическую характеристику каждого генотипа. [6] Учитываемый признак – урожайность зерна (Y). Агрофон с максимальным проявлением изучаемого признака принят за оптимальный, с минимальным – лимитированный. Для определения реакции сортов озимой тритикале на условия минерального питания был рассчитан индекс условий агрофона (Lj) – отношение среднего урожая по сортам на каждом агрофоне к среднесортной урожайности по опыту. [11] Коэффициент адаптивности (CA) рассчитывали по Л.А. Животкову. [7] Разность между лимитированным и оптимальным агрофоном отражает уровень устойчивости сортов к дефициту питательных элементов (SU), а уравнение  $(Y_{опт.} + Y_{лим.})/2$  показывает наличие у сорта компенсаторной способности (CC). Параметры стабильности и экологической пластичности оценивали по методу, основанному на расчете коэффициента линейной регрессии (bi) и вариансы стабильности ( $S^2di$ ). [8]

Погода в годы исследований была контрастной. Посев проводили как при оптимальном количестве влаги в почве, так и при ее минимальном содержании в посевном слое. Весенне-летнее развитие растений прошло в различных условиях влагообеспеченности и температурного режима. Фаза формирования зерновки и налива зерна в 2012, 2013, 2015, 2018 годах проходила при очень жестком лимите по увлажнению и высоким температурах воздуха. ГТК варьировал от 0,3 до 0,7. В 2014, 2016, 2017, 2019 годах погода была благоприятной (ГТК – 0,8...1,2).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На агрофоне без удобрений (вариант 1) продуктивность сортов тритикале была на уровне 5,07...7,99 т/га. Хороший урожай зерна на контроле объясняется высоким содержанием в почве доступных фосфатов, поскольку до закладки опыта фосфор на участке внесли систематически (количество доступного  $P_2O_5$  – 31 мг/кг). Также во время парования в почве накопился азот (28 мг/кг). При

внесении  $N_{12}P_{52}$  (агрофон 5) урожайность изучаемых сортов составила 5,13...8,04 т/га, при этом увеличения в почве доступных фосфатов не выявили. Это произошло после внесения  $N_{12}P_{104}$  (агрофон 9). Уровень доступного фосфора увеличился на 5,2 мг/кг. Урожайность зерна в этом случае выросла на 0,23...0,54 т/га, по сравнению с контролем (табл. 1).

Ежегодную положительную динамику роста урожайности тритикале наблюдали при ранневесеннем внесении азота. При использовании  $N_{50}$  на агрофоне 2 по всем сортам были получены достоверные прибавки (0,21...0,66 т/га) по отношению к контролю. У сорта *Гектор* рост урожайности был максимальным, у сорта *Каприз* – минимальным. Тот же эффект был получен на агрофонах 6 ( $N_{62}P_{52}$ ) и 10 ( $N_{74}P_{104}$ ). На агрофоне 6 средняя величина прибавок составила 0,57 т/га (0,38...0,76 т/га). Наибольшей она была у сортов *Гектор* (0,76 т/га) и *Донслав* (0,68 т/га). Сорта *Каприз* и *Каприз* характеризовались минимальной величиной прибавки (0,38 и 0,46 т/га соответственно). На агрофоне 10 среднесортная урожайность составила 5,77...8,74 т/га, что было больше, чем в контрольном варианте на 0,54...0,91 т/га. Лидер по величине прибавки на этом агрофоне – сорт *Гектор*, антилидер – *Ацтек*. Улучшение фосфорного питания озимой тритикале из-за основного внесения аммофоса (агрофон 6 и 10) способствовало большей отдаче от использования азота. Среднесортная урожайность на агрофоне 2 (фосфор не вносили) – 7,52 т/га, 6 – 7,70, 10 – 7,84 т/га.

Некорневая подкормка вегетирующих растений тритикале ЖКУ способствовала формированию продуктивности изученных сортов на уровне 5,63...9,04 т/га (агрофон 3,  $N_{57}P_{18}$ ), 5,70...8,91 (7,  $N_{69}P_{70}$ ) и 6,14...8,91 т/га (11,  $N_{81}P_{122}$ ). Величина прибавок выросла при увеличении количества д.в. удобрений, внесенных на один гектар. На агрофоне 3, где было внесено до подкормки 50 кг/га д.в., средняя величина прибавки урожая от внесения ЖКУ составила 0,78 т/га по отношению к контролю. На агрофоне 7 (114 кг/га д.в. до подкормки и 25 кг/га д.в. в подкормку) – 0,81 т/га, 11 (178 кг/га д.в. до подкормки и 25 кг/га д.в. в подкормку) – 1,02 т/га. На агрофоне 3 максимальная прибавка была отмечена у сортов *Гектор* и *Атаман Платов*. На агрофоне 7 к этим двум сортам добавился сорт *Донслав*. На агрофоне 11 высокие прибавки наблюдали у сортов: *Гектор* (1,17 т/га), *Донслав* (1,13), *Сколот* (1,13), *Каприз* (1,07), *Рамзес* (1,01) и *Рамзай* (1,01 т/га).

Улучшение азотного питания растений тритикале с внесением  $N_{30}$  в период начала колошения (агрофон 4) позволило получить прибавку урожайности зерна у менее отзывчивых сортов (*Каприз*, *Ацтек*, *Сколот*, *Пилигрим*, *Рамзай*, *Рамзес*) в пределах 0,51...0,62 т/га, у отзывчивых (*Каприз*, *Донслав*, *Атаман Платов*, *Гектор*) – 0,67...0,96 т/га. Еще более весомыми от некорневого внесения мочевины были прибавки на агрофоне 8 ( $N_{92}P_{52}$ ). В среднем по сортам они составили 0,81...1,13 т/га. Сорта-лидеры – *Атаман Платов*, *Гектор* и *Донслав*. Максимальными прибавки урожайности (1,05...1,43 т/га)

Таблица 1.

Урожайность сортов озимой тритикале в зависимости от агрофона, среднее за 2012–2019 годы

Агрофон (фактор А) и индекс агрофона (Lj)	Сорт (фактор В)									
	<i>Каприз</i>	<i>Каприз</i>	<i>Ацтек</i>	<i>Сколот</i>	<i>Донслав</i>	<i>Пилигрим</i>	<i>Рамзай</i>	<i>Рамзес</i>	<i>Атаман Платов</i>	<i>Гектор</i>
1.Без удобрений (-0,63)	5,07	7,10	7,47	7,33	7,66	7,25	7,47	7,30	7,99	6,84
2. $N_{50}$ (-0,26)	5,42	7,31	7,80	7,64	8,20	7,59	7,88	7,54	8,33	7,50
3. $N_{57}P_{18}$ (0,15)	5,63	7,72	8,29	8,01	8,54	7,89	8,11	8,14	9,04	7,93
4. $N_{80}$ (0,02)	5,74	7,61	8,06	7,93	8,42	7,79	8,09	7,84	8,95	7,59
5. $N_{12}P_{52}$ (-0,44)	5,13	7,24	7,61	7,50	7,88	7,58	7,69	7,64	8,04	7,07
6. $N_{62}P_{52}$ (-0,08)	5,45	7,56	7,98	7,94	8,34	7,80	7,98	7,81	8,53	7,60
7. $N_{69}P_{70}$ (0,17)	5,70	7,86	8,29	8,13	8,69	8,00	8,13	8,04	8,91	7,80
8. $N_{92}P_{52}$ (0,33)	5,88	7,97	8,42	8,29	8,75	8,15	8,32	8,29	9,12	7,90
9. $N_{24}P_{104}$ (-0,26)	5,40	7,45	7,84	7,70	8,02	7,70	7,88	7,84	8,22	7,22
10. $N_{74}P_{104}$ (0,06)	5,77	7,67	8,01	8,06	8,25	7,98	8,05	8,11	8,74	7,75
11. $N_{81}P_{122}$ (0,39)	6,14	8,03	8,36	8,46	8,79	8,22	8,47	8,31	8,91	8,01
12. $N_{104}P_{104}$ (0,57)	6,30	8,28	8,52	8,58	8,89	8,39	8,66	8,45	9,18	8,27

Среднесортная урожайность = 7,78 т/га

НСР<sub>05</sub> — фактор А=0,10, В=0,09; доля влияния, % — фактор А=15,5, В=83,1, взаимодействие АхВ=1,3

Таблица 2.

Оценка адаптивности сортов озимой тритикале

Сорт	Варьирование урожайности (Y), т/га			Признак адаптивности*				
	Упт.	Улим.	Уср.	СА,%	СС	SU	bi	S <sup>2</sup> di
<i>Каприз</i>	6,30	5,07	5,64	72	5,69	-1,23	1,01	0,11
<i>Капрал</i>	8,28	7,10	7,65	98	7,69	-1,18	0,97	0,04
<i>Ацтек</i>	8,52	7,47	8,05	103	8,00	-1,05	0,92	0,04
<i>Сколот</i>	8,58	7,33	7,96	102	7,96	-1,25	1,06	0,04
<i>Донслав</i>	8,89	7,66	8,37	108	8,28	-1,23	1,06	0,06
<i>Пилигрим</i>	8,39	7,25	7,86	101	7,82	-1,14	0,87	0,05
<i>Рамзай</i>	8,66	7,47	8,06	104	8,07	-1,19	0,90	0,03
<i>Рамзес</i>	8,45	7,30	7,94	102	7,88	-1,15	0,93	0,12
<i>Атаман Платов</i>	9,18	7,99	8,67	111	8,59	-1,19	1,12	0,47
<i>Гектор</i>	8,27	6,84	7,62	98	7,56	-1,43	1,14	0,09

Примечание. \*СА — коэффициент адаптивности, СС — компенсаторная способность, SU — устойчивость к дефициту питательных элементов, bi — экологическая пластичность, S<sup>2</sup>di — фенотипическая стабильность.

от некорневого применения азота были на наиболее продуктивном в опыте агрофоне 12 (N<sub>104</sub>P<sub>104</sub>). Среднесортовая урожайность составила 6,30...9,18 т/га, максимальная зафиксирована у сортов *Атаман Платов* и *Донслав* (9,18 и 8,89 т/га соответственно).

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа позволили установить достоверность влияния на урожайность озимой тритикале фонов минерального питания и их взаимодействия при уровне значимости 95%. Вклад в формирование урожая тритикале фактора «сорт» составил 83,1%, «агрофон» — 15,5%. Их взаимодействие было незначительным (1,3%).

Сорт как генетическая система специфически реагирует на уровень агрофона. Среднесортовая урожайность сортов тритикале в опыте — 7,78 т/га. Наиболее благоприятная ситуация для полной реализации потенциальных возможностей генотипов тритикале сложилась на вариантах 8 (суммарно 144 кг д.в. / га), 11 (203 кг д.в. / га) и 12 (208 кг д.в. / га). Индекс условий агрофона принимал максимальные значения и все сорта тритикале (кроме *Каприза*) сформировали урожайность выше среднесортовой.

По коэффициенту адаптивности можно судить о продуктивных возможностях изучаемых сортов (табл. 2). Все сорта (кроме *Каприза*) способны реализовать свой потенциал продуктивности при данном уровне минерального питания, показатель варьировал от 98 до 111%.

За годы исследований высокая относительная устойчивость к лимитированному количеству удобрений установлена у сорта *Ацтек* (минус 1,05). У него диапазон приспособительных возможностей был шире, чем у остальных сортов, уровень устойчивости которых находился в пределах от минус 1,14 до минус 1,25. Минимальной устойчивостью к дефициту питательных элементов характеризовался сорт *Гектор* (минус 1,43).

Рассчитав компенсаторную способность сортов установили их среднюю урожайность в контрастных условиях минерального питания. Максимальное соответствие данной схеме агровариантов отмечено у сортов *Атаман Платов* и *Донслав* (8,59 и 8,28, соответственно). Они обладают оптимальным соотношением между потребностями генотипа и уровнем агрофона.

Важный этап в алгоритме подсчета адаптивных свойств сортов — оценка их экологической пластичности и стабильности. Выявлено, что для каждого сорта тритикале характерна определенная реакция на улучшение уровня агрофона. К экологически пластичным сортам с коэффициентом регрессии равным или близким к единице можно отнести *Каприз*, *Капрал*, *Сколот*, *Донслав*. Изменение их урожайности полностью соответствует изменению уровня минерального питания. Сорта *Ацтек*, *Пилигрим*, *Рамзай*, *Рамзес* обладали более низкой экологической пластичностью, рост их урожайности не соответствовал темпам улучшения агрофона. *Гектор* (bi = 1,14) и *Атаман Платов* (bi = 1,12) проявили высокую отзывчивость на улучшение уровня минерального питания.

Наиболее стабильными по способности формировать продуктивность в разных условиях были сорта *Капрал*, *Ацтек*, *Сколот*, *Донслав*, *Пилигрим*, *Рамзай*, *Гектор* (S<sup>2</sup>di=0,03...0,09), а *Каприз*, *Рамзес*,

*Атаман Платов* были менее стабильными по этому параметру (S<sup>2</sup>di = 0,11...0,47).

По оптимальному сочетанию экологической пластичности и стабильности можно выделить сорта *Капрал*, *Сколот* и *Донслав*. В производственных условиях они представляют ценность, поскольку способны давать стабильный урожай зерна при различных колебаниях уровня минерального питания.

**Выводы.** В результате проведенных исследований было установлено, что для полной реализации потенциальной урожайности генотипов тритикале в условиях северо-западной зоны Ростовской области необходимы высокие агрофоны (144...208 кг д.в./га). Среднесортовая урожайность при этом достигла 8,11...8,35 т/га зерна. Продуктивные возможности всех сортов (кроме *Каприза*) были высокими и составили 98...111%.

У сорта *Ацтек* наблюдали высокую устойчивость к лимитированному количеству удобрений. *Атаман Платов* и *Донслав* обладали оптимальным соотношением между потребностями генотипа и уровнем агрофона, сформировав при этом максимальную урожайность в опыте — 8,67 и 8,37 т/га соответственно.

Анализ экологической пластичности и стабильности сортов озимой тритикале позволил их ранжировать по степени реакции на улучшение минерального питания. К пластичным сортам были отнесены *Каприз*, *Капрал*, *Сколот*, *Донслав*. Динамика их урожайности полностью соответствует изменению уровня минерального питания. Полуинтенсивные сорта *Ацтек*, *Пилигрим*, *Рамзай*, *Рамзес* обладали низкой экологической пластичностью. Поэтому оптимальный вариант использования данных сортов — посев по низким и средним агрофонам. *Гектор* и *Атаман Платов* (интенсивные) проявили хорошую отзывчивость на улучшение уровня минерального питания. Высокой вариансой стабильности (S<sup>2</sup>di = 0,03...0,09) характеризовались многие сорта тритикале, но по оптимальному сочетанию параметров экологической пластичности и стабильности выделились *Капрал*, *Сколот* и *Донслав*.



## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Асеева Т.А., Зенкина К.В. Экологическая устойчивость тритикале к неблагоприятным факторам окружающей среды // Юг России. Экология и развитие. 2020. Т. 15. № 1. С. 49–59. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-49-59.
2. Горянина Т.А. Сравнительная оценка сортов озимой тритикале по адаптивной способности и стабильности // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 1. С. 37–41. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10107.
3. Грабовец А.И., Бирюков К.Н. Роль некорневых подкормок при возделывании озимых пшеницы и тритикале в условиях засухи // Земледелие. 2018. № 7. С. 36–39.
4. Гудзенко В.Н. Статистическая и графическая (GGE biplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 1. С. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19.469.
5. Гуреев И.И., Гостев А.В., Нитченко Л.Б. Экономико-экологическая эффективность адаптивной системы удобрения ярового ячменя // Юг России. Экология и развитие. 2021. Т. 16. № 3. С. 95–101. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-95-101.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
7. Животков Л.А., Морозова З.А., Секутаев Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.
8. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С., Исламгулов Д.Р. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений: 2-е изд. перераб. и доп. Уфа: Башкирский ГАУ, 2011. 100 с.
9. Мельникова О.В., Ториков В.Е., Морозова К.А. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность озимой тритикале в зависимости от фона минерального питания и сроков посева // Агрехимический вестник. 2021. № 3. С. 23–26. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-3-005.
10. Митрофанов Ю.И., Петрова Л.И., Пугачева Л.В. и др. Озимая тритикале на осушаемых землях // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 1. С. 42–46. DOI: 10.30850/vrsn/2020/1/42-46
11. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяй-

ственных культур // Сельскохозяйственная биология. 1984. № 4. С. 109–113.

## REFERENCES

1. Aseeva T.A., Zenkina K.V. Ekologicheskaya ustojchivost tritikale k neblagopriyatnym faktoram okruzhayushhej sredy Yug Rossii. Ekologiya i razvitie. 2020. T. 15. 1. S. 49–59. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-49-59.
2. Goryanina T.A. Sravnitel'naya ocenka sortov ozimoy tritikale po adaptivnoj sposobnosti i stabilnosti Dostizheniya nauki i texniki APK. 2020. T. 34. 1. S. 37–41. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10107.
3. Grabovec A.I., Biryukov K.N. Rol nekornevykh podkormok pri vozdelevanii ozimyx pshenicy i tritikale v usloviyax zasuxi Zemle-deliye. 2018. 7. S. 36–39.
4. Gudzenko V.N. Statisticheskaya i graficheskaya (GGE biplot) ocenka adaptivnoj sposobnosti i stabilnosti selekcionnykh linij yachmenya ozimo-go Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2019. T. 23. 1. S. 110–118. DOI: 10.18699VJ19.469.
5. Gureev I.I., Gostev A.V., Nitchenko L.B. E»konomiko-ekologicheskaya effektivnost adaptivnoj sistemy udobreniya yarovogo yachmenya Yug Rossii. E»kologiya i razvitie. 2021. T. 16. 3. S. 95–101. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-95-101.
6. Dospexov B.A. Metodika polevogo opyta. M. Agropromizdat 1985. 351 s.
7. Zhivotkov L.A., Morozova Z.A., Sekutaev L.I. Metodika vyyavleniya potencialnoj produktivnosti i adaptivnosti sortov i selekcionnykh form ozimoy pshenicy po pokazatelyu «urozhajnost» Selekcija i semenovodstvo. 1994. 2. S. 3–6.
8. Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S., Islamgulov D.R. Metodika ras-cheta i ocenki parametrov ekologicheskoy plastichnosti selskoxozyajstvennyx rastenij 2-e izd. pererab. i dop. Ufa Bashkirkij GAU 2011. 100 s.
9. Melnikova O.V., Torikov V.E., Morozova K.A. Fotosinteticheskaya deyatel'nost i produktivnost ozimoy tritikale v zavisimosti ot fona mi-neralnogo pitaniya i srokov poseva Agroximicheskij vestnik. 2021. 3. S. 23–26. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-3-005.
10. Mitrofanov Yu.I., Petrova L.I., Pugacheva L.V. i dr. Ozi-maya tritikale na osushaemyx zemlyax Vestnik Rossijskoj selskoxozyajstvennoj nauki. 2020. 1. S. 42–46. DOI: 10.30850/vrsn/2020/1/42-46
11. Pakudin V.Z., Lopatina L.M. Ocenka ekologicheskoy plas-tichnosti i stabilnosti sortov selskoxozyajstvennykh kultur Selskoxozyajstvennaya biologiya. 1984. 4. S. 109–113.

*Поступила в редакцию 20.01.2023*

*Принята к публикации 03.02.2023*

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОРТОИЗУЧЕНИЕ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Дмитрий Александрович Пырников

Николай Владимирович Глаз, кандидат сельскохозяйственных наук  
Лидия Анатольевна Пуалаккайнан, кандидат сельскохозяйственных наук  
Лариса Викторовна Уфимцева, кандидат биологических наук  
ООО «Чебаркульская птица», г. Челябинск, Россия  
E-mail: nii@chpt.ru

**Аннотация.** Исследования провели в условиях полевого опыта (2017–2022 годы) на полях отдела первичного семеноводства комплекса растениеводства ООО «Чебаркульская птица». Цель работы – сравнительное экологическое изучение сортов яровой мягкой пшеницы различных групп спелости для подбора сортимента, обеспечивающего максимальную стабильную урожайность в биоклиматических условиях северной лесостепи Челябинской области. Сорта относятся к трем группам спелости – среднеранняя, среднеспелая и среднепоздняя. В каждой из них мы выделили наиболее продуктивные сорта в сравнении со стандартным. По происхождению стандарты во всех группах местной селекции (ФГБНУ «Челябинский НИИСХ»), сорт Екатерина выведен в ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, Ульяновская 105 – Ульяновском НИИСХ – филиале СамНИЦ, Уралосибирская – Омском АНЦ. Наиболее стабильными в годы изучения были сорта Челябинка ранняя и Эритроспермум 59. Челябинка 75 имеет более высокий показатель размаха урожайности, так как это интенсивный сорт, отзывающийся на улучшения условий развития. Сильнее всего реагировал на изменение условий сорт Екатерина. У Ульяновской 105 и Уралосибирской – средняя величина показателя. Стрессоустойчивыми оказались сорта Екатерина, Ульяновская 105 и Челябинка 75. Сорта Ульяновская 105, Эритроспермум 59 и Екатерина имеют генотип, наиболее соответствующий изменяющимся факторам среды. При подсчете суммы рангов в каждой группе сортов выделились продуктивные и адаптивные к условиям произрастания: Екатерина, Ульяновская 105 и Уралосибирская. По результатам исследований сорта Екатерина, Ульяновская 105 и Уралосибирская были выбраны для возделывания на полях комплекса растениеводства агрохолдинга. Элитные семена сортов реализуются сельхозтоваропроизводителям Челябинской области.

**Ключевые слова:** Челябинская область, пшеница, пластичность, стабильность, группа спелости, экологическое изучение

## ECOLOGICAL VARIETIES RESEARCH OF SPRING WHEAT IN NORTHERN FOREST STEPPE IN CHEL YABINSK REGION

D.A. Pysikov

N.V. Glaz, PhD in Agricultural Sciences  
L.A. Pualakkainan, PhD in Agricultural Sciences  
L.V. Ufimtseva, PhD in Biological Sciences  
Limited Liability Company “Chebarkulskaya Ptitsa”, Chelyabinsk, Russia  
E-mail: nii@chpt.ru

**Abstract.** The studies were carried out in 2017–2022 in the field experiment on the fields of the primary seed production department of the crop production complex of LLC “Chebarkulskaya Ptitsa”. The aim of the research was a comparative ecological study of varieties of spring soft wheat of different maturity groups in order to select an assortment that provides the maximum stable yield in the bioclimatic conditions of the northern forest-steppe of the Chelyabinsk region. The studied varieties of spring soft wheat belong to three groups of maturity – medium-early, medium-ripening and medium-late. In each of these groups, we have identified the most productive varieties in comparison with the standard variety. By origin, the standards are in all groups of the Chelyabinsk selection, the Ekaterina variety was obtained by scientists from Yekaterinburg, Ulyanovskaya 105 is a variety of the Ulyanovsk selection, and Uralosibirskaya – of the Omsk selection. The varieties Ekaterina, Ulyanovskaya 105 and Chelyaba 75 turned out to be the most stress-resistant. The varieties Ulyanovskaya 105, Erythrosperrum 59 and Yekaterina have a genotype that best corresponds to changing environmental factors. When calculating the sum of ranks in each group of the studied varieties, the most productive and adaptive varieties to growing conditions were identified: Ekaterina, Ulyanovskaya 105 and Uralosibirskaya. According to the results of the research, the varieties Ekaterina, Ulyanovskaya 105 and Uralosibirskaya were selected for cultivation in the fields of the crop production complex of the agricultural holding. Elite seeds of varieties are sold to agricultural producers of the Chelyabinsk region.

**Keywords:** Chelyabinsk region, wheat, plasticity, stability, ripeness group, ecological study

В России возделывают разнообразные виды яровых зерновых культур. Ведущее место среди них занимает пшеница – 25% общего валового сбора зерна. Яровая пшеница – одна из наиболее древних и распространенных культур в сельскохозяйственном производстве, произрас-

тает в различных климатических широтах. Большинство ее посевных площадей находится в Российской Федерации (южные регионы, Поволжье, Южный Урал, Сибирь, Алтай).

Для роста производства зерна яровой пшеницы необходимо использовать не только современные

технологии возделывания, но и сорта, отличающиеся высоким потенциалом урожайности и устойчивости к проявлениям неблагоприятных факторов в период роста. Всего в идеальном сорте пшеницы, по мнению Н.И. Вавилова, должны сочетаться около 50 основных признаков. [4]

Сельскохозяйственное производство опирается при выборе сортов на данные и рекомендации Государственной комиссии по охране и испытанию селекционных достижений РФ. Испытание предлагаемых сортов в климатических условиях хозяйства позволяет определить наиболее адаптивные и стабильные, обладающие пластичностью и менее реагирующие на изменения условий произрастания. [2, 3, 8–14]

Задача селекционно-семеноводческого комплекса «Чебаркульские семена», входящего в агрохолдинг ООО «Чебаркульская птица», – производство элитных семян различных видов сельскохозяйственных растений, в том числе яровой пшеницы.

Цель работы – сравнительное экологическое изучение сортов яровой мягкой пшеницы различных групп спелости, подбор сортимента для максимальной стабильной урожайности в биоклиматических условиях северной лесостепи Челябинской области.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Территория включает горно-лесную увлажненную, северную лесостепную умеренно увлажненную, южную лесостепную и северную степную полузасушливую, степную острозасушливую агроклиматические зоны. Погодные условия отличаются, особенно по продолжительности безморозного периода и увлажненности. В связи с этим для каждой зоны необходимо подобрать сорта различных групп спелости, формирующие хорошую продуктивность, а для южных районов – высокие показатели качества зерна. [1] Задача исследований – проверить в условиях северной лесостепной зоны набор сортов яровой мягкой пшеницы для дальнейшего использования их в производстве элитных семян для сельхозпроизводителей области.

За 2017–2022 годы мы изучили более 50 сортов как уже внесенных в Государственный реестр и допущенных к производству, так и проходящих государственное сортоиспытание, а также перспективные селекционные линии, предоставленные селекционерами различных учреждений Урала, Сибири, Поволжья, Казахстана.

Опыт проводили на полях отдела первичного семеноводства комплекса растениеводства ООО «Чебаркульская птица».

Почва – чернозем выщелоченный суглинистый малогумусный среднемощный. Обеспеченность подвижными формами азота, фосфора – средняя, калия – высокая, содержание гумуса – высокое, реакция почвенного раствора близкая к нейтральной (табл. 1).

При закладке опыта использовали методику Государственного испытания. Учетная площадь делянок – 25 м<sup>2</sup>, повторность – трехкратная. Расположение делянок рендомизированное. Данные по урожайности обрабатывали с применением метода двухфакторного дисперсионного анализа.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изученные сорта яровой мягкой пшеницы относятся к трем группам спелости – среднеранняя, среднеспелая и среднепоздняя. В каждой из них мы выделили наиболее продуктивные сорта по сравнению со стандартным (табл. 2).

По происхождению стандарты во всех группах местной селекции (ФГБНУ «Челябинский НИИСХ»), сорт *Екатерина* выведен в ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН), *Ульяновская 105* – Ульяновском НИИСХ – филиале СамНЦ, *Уралосибирская* – Омском АНЦ.

Для определения пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур мы использовали наиболее часто применяемые селекционерами методики для характеристики новых сортов.

Методика определения устойчивости сорта к стрессовым условиям произрастания по разности между минимальной и максимальной урожайностями была предложена А.А. Rossielle, J. Hemblin. Для характеристики сортов мы применили ее в изложении А.А. Гончаренко (табл. 3). [5]

Наиболее стабильными в годы изучения были сорта *Челяба ранняя* и *Эритроспермум 59*. *Челяба 75* имеет более высокий показатель размаха урожайности, так как это интенсивный сорт, отзывающийся на улучшения условий развития (по В.А. Зыкину). [7] Сильнее всего реагирует на изменение условий сорт *Екатерина*. У *Ульяновской 105* и *Уралосибирской* средняя величина показателя.

Стрессоустойчивость имеет отрицательное значение, поэтому признак лучше проявляется у сорта с наименьшим показателем по абсолютной величине. Наиболее стрессоустойчивыми оказались *Екатерина*, *Ульяновская 105* и *Челяба 75*.

**Таблица 1.**  
Агрохимическая характеристика почвы опытного участка (по данным ФГБУ «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Челябинский»)

Гумус, %	pH <sub>кон.</sub>	N — NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		мг/кг почвы		
8,1±0,4	5,6±0,2	15,1±2,3	51±3	121±7

**Таблица 2.**  
Урожайность сортов яровой мягкой пшеницы различных групп спелости, ц/га

Сорт (фактор В)	Год (фактор А)				
	2017	2018	2019	2021	2022
среднеранняя					
<i>Челяба ранняя</i> , ст.	30,9	29,4	16,4	20,8	30,0
<i>Екатерина</i>	44,6	33,2	20,6	26,2	58,7
среднеспелая					
<i>Челяба 75</i> , ст.	35,4	30,0	20,3	29,6	51,9
<i>Ульяновская 105</i>	40,3	34,4	29,2	32,2	64,9
среднепоздняя					
<i>Эритроспермум 59</i> , ст.	33,2	30,0	28,1	30,9	55,1
<i>Уралосибирская</i>	45,0	32,3	23,3	30,2	52,7
НСР <sub>05</sub> (А)			1,6		
НСР <sub>05</sub> (В)			1,8		
НСР <sub>05</sub> (АВ)			3,9		

Генетическая гибкость дополняет показатель стрессоустойчивости. У сортов *Ульяновская 105*, *Эритроспермум 59* и *Екатерина* генотип наиболее соответствует изменяющимся факторам среды.

S.A. Eberhard и W.A. Russell разработана классическая методика определения степени реакции сортов на изменения внешней среды. [15] Она позволяет найти сорта, слабее других отзывающиеся на техногенные факторы (табл. 4). Для них показатель  $b_1$  меньше единицы. У сортов с большей экологической пластичностью он превышает единицу.

А.А. Грязнов предложил формулу вычисления среднего индекса экологической пластичности – ИЭП:

$$\text{ИЭП} = (UC_1/CYUO_1 + UC_2/CYUO_2 + UC_3/CYUO_3 + \dots + UCn/CYUn) / n,$$

где  $UC_1, UC_2, UCn$  – урожайность сорта в разные годы и испытаний;  $CYUO_1, CYUO_2, CYUn$  – средняя урожайность сортов в каждом из вариантов опыта;  $n$  – число лет изучения. [5]

Таблица 3.

Характеристика сортов яровой мягкой пшеницы различных групп спелости по показателям стрессоустойчивости

Сорт	Урожайность зерна, т/га			Размах урожайности, d, %	Стрессоустойчивость, $Y_{\min} - Y_{\max}$	Генетическая гибкость, $\frac{Y_{\min} + Y_{\max}}{2}$
	max	min	средняя			
раннеспелая						
<i>Челяба ранняя</i> , ст.	3,09	1,64	2,55	46,9	-1,45	2,36
<i>Екатерина</i>	5,87	2,06	3,67	64,9	-3,81	3,96
среднеспелая						
<i>Челяба 75</i> , ст.	5,19	2,03	3,34	60,9	-3,16	3,61
<i>Ульяновская 105</i>	6,49	2,92	4,02	55,0	-3,57	4,70
среднепоздняя						
<i>Эритроспермум 59</i> , ст	5,51	2,81	3,55	49,0	-2,70	4,16
<i>Уралосибирская</i>	5,27	2,33	3,67	55,8	-2,94	3,80

Таблица 4.

Экологическая пластичность и стабильность урожайности сортов яровой мягкой пшеницы разных групп спелости

Сорт	Урожайность, т/га			Показатель экологической пластичности по		
	lim	$\chi_1$	$\pm k st, \%$	S.A. Eberhard, W.A. Russell		A.A. Грязнову
				коэффициент пластичности ( $b_1$ )	стабильность ( $\sigma^2 d$ )	ИЭП
раннеспелая						
<i>Челяба ранняя</i> , ст.	1,64...3,09	2,55	100,0	0,2063	0,31	0,810
<i>Екатерина</i>	2,06...5,87	3,67	+43,9	0,9361	0,26	1,107
среднеспелая						
<i>Челяба 75</i> , ст.	2,03...5,19	3,34	100,0	0,6373	0,33	0,857
<i>Ульяновская 105</i>	2,92...6,49	4,02	+20,4	0,8049	2,11	1,077
среднепоздняя						
<i>Эритроспермум 59</i> , ст	2,81...5,51	3,55	100,0	0,5405	8,12	0,981
<i>Уралосибирская</i>	2,33...5,27	3,67	+3,4	0,6364	2,41	0,994

Таблица 5.

Ранжирование сортов яровой мягкой пшеницы по показателям адаптивности, определенными разными методами

Сорт	По В.А. Зыкину	По А.А. Rossielle, J. Hemblin		По S.A. Eberhard, W.A. Russell		По А.А. Грязнову	Сумма рангов
	размах урожайности (d)	стрессоустойчивость ( $Y_{\min} - Y_{\max}$ )	генетическая гибкость $\frac{Y_{\min} + Y_{\max}}{2}$	коэффициент пластичности ( $b_1$ )	стабильность ( $\sigma^2 d$ )	индекс экологической пластичности (ИЭП)	
раннеспелая							
<i>Челяба ранняя</i> , ст.	1	2	2	2	2	2	11
<i>Екатерина</i>	2	1	1	1	1	1	7
среднеспелая							
<i>Челяба 75</i> , ст.	2	2	2	2	1	2	11
<i>Ульяновская 105</i>	1	1	1	1	2	1	7
среднепоздняя							
<i>Эритроспермум 59</i> , ст.	1	2	1	2	2	2	10
<i>Уралосибирская</i>	2	1	2	1	1	1	8

Согласно предложенной методике, особенно если местный климат непостоянен, очень важной характеристикой для сорта будет величина показателя его экологической пластичности или способность сорта формировать высокую и стабильную урожайность при различных проявлениях условий внешней среды. Точка отсчета — единица. Чем выше единицы значение ИЭП, тем пластичнее сорт.

Таким образом, сорта *Екатерина*, *Ульяновская 105* и *Уралосибирская* показали себя в северной лесостепи более пластичными, чем стандартные.

Для объективной оценки сорта по нескольким показателям параметры, полученные каждым методом, ранжируются и оценка проводится по сумме рангов (табл. 5).

В каждой группе изученных сортов выделились наиболее продуктивные и адаптивные к условиям произрастания: *Екатерина*, *Ульяновская 105* и *Уралосибирская*.

**Выводы.** Изученные сорта отличались от стандартов лучшим сочетанием параметров стрессоустойчивости, пластичности и стабильности. По результатам исследований сорта *Екатерина*, *Ульяновская 105* и *Уралосибирская* были выбраны для возделывания на полях комплекса растениеводства агрохолдинга.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Агеев А.А. и др. Рекомендации семинара по возделыванию зерновых и зернобобовых культур, посвященного 85-летию селекции яровой пшеницы и 45-летию селекции ярового ячменя в ФГБНУ «Челябинский НИИСХ». Челябинск, 2022. 73 с.
2. Аbugалиева А.И., Мальцева Л.Т., Филиппова Е.А. и др. Генетический потенциал качества сортов яровой мягкой пшеницы селекции Курганского НИИСХ // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 1 (180). С. 24–32. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-24-32.
3. Бесалиев И.Н., Абдрашитов Р.Р. Экологическая приспособленность сортов яровой мягкой пшеницы в Оренбургской области. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2018. 2. 11 с. URL: <http://elmag/uran/ru:9673/magazine/Numbers/2018-2/Articles>. DOI: 10.24411/2304-9081-2018-12006.
4. Вавилов Н.И. Теоретические основы селекции растений. М.: Наука, 1987. 512 с.
5. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53.
6. Грязнов А.А. Карабалыкский ячмень. Кустанай: Кустанайский печатный двор, 1996. 448 с.
7. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С. и др. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа: Башкирский ГАУ, 2011. 100 с.
8. Иванова И.Ю. Сортоизучение мягкой пшеницы в условиях южной части Волжско-Вятского региона // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 21(4). С. 379–386. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.4.379-386.
9. Казак А.А., Логинов Ю.П. Сравнительное изучение среднеспелых и среднепоздних сортов сильной пшеницы сибирской селекции в лесостепной зоне

Тюменской области // Аграрная наука Евро-северо-Востока. 2018. Т.67. № 6. С. 33–41.

10. Кривобочек В.Г. Оценка адаптивных свойств новых сортов яровой мягкой пшеницы по урожайности в лесостепных условиях Среднего Поволжья // Нива Поволжья. 2015. № 2 (35). С. 43–47.
11. Малицкая Н.В., Пучкова С.Ю., Сыздыкова Г.Т. и др. Урожайность и качество зерна различных сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Акмолинской области Казахстана // Известия ТСХА. 2020. № 1. С. 33–48.
12. Пластичность и стабильность сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в южной лесостепи Тюменской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 21(2). С. 114–123. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.114-123.
13. Пушкарев Д.В., Чурсин А.С., Кузьмин О.Г. и др. Экологическая пластичность и стабильность сортов яровой мягкой пшеницы в степной зоне Омской области // Вестник Омского ГАУ. 2017. № 4 (28). С. 61–67.
14. Ригин Б.В., Зуев Е.В., Тюнин В.А. и др. Селекционно-генетические аспекты создания продуктивных форм мягкой яровой пшеницы с высокой скоростью развития // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018. Т. 179. № 3. С. 194–202.
15. Eberhart S.A., Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. 1966. V. 6. No. 1. P. 36–40.

#### REFERENCES

1. Ageev A.A. i dr. Rekomendacii seminaru po vzdelyvaniyu zernovykh i zerno-bobovykh kultur posvyashhennogo 85-letiyu selekcii yarovoj pshenicy i 45-letiyu selekcii yarovogo yachmenya v FGBNU Chelyabinskij NIISX. Chelyabinsk 2022. 73 s.
2. Abugaliev A.I., Malceva L.T., Filippova E.A. i dr. Geneticheskij potencial kachestva sortov yarovoj myagkoj pshenicy selekcii Kurganskogo NIISX Trudy po prikladnoj botanike genetike i selekcii. 2019. 1 (180). S. 24–32. DOI: 10.309012227-8834-2019-1-24-32.
3. Besaliev I.N., Abdrashitov R.R. E'kologicheskaya prispособlennost sortov yaro-voj myagkoj pshenicy v Orenburgskoj oblasti. Byulleten Orenburgskogo nauchnogo centra UrO RAN. 2018. 2. 11 s. URL <http://elmaguranru9673magazineNumbers2018-2Articles>. DOI: 10.244112304-9081-2018-12006.
4. Vavilov N.I. Teoreticheskie osnovy selekcii rastenij. M. Nauka 1987. 512 s.
5. Goncharenko A.A. Ob adaptivnosti i ekologicheskoy ustojchivosti sortov zerno-vyx kultur Vestnik RASXN. 2005. 6. S. 49–53.
6. Gryaznov A.A. Karabalykskij yachmen. Kustanaj Kustanajskij pechatnyj dvor 1996. 448 s.
7. Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S. i dr. Metodika rascheta i ocenki parametrov ekologicheskoy plastichnosti selskoxozyajstvennyx rastenij. Ufa Bashkirskij GAU 2011. 100 s.
8. Ivanova I.Yu. Sortoizuchenie myagkoj pshenicy v usloviyax yuzhnoj chasti Volzh-sko-Vyatskogo regiona Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2020. 21(4). S. 379–386. DOI: 10.307662072-9081.2020.21.4.379-386.
9. Kazak A.A., Loginov Yu.P. Sravnitelnoe izuchenie srednespelyx i sredne-pozdnyx sortov silnoj pshenicy sibirskoj selekcii v lesostepnoj zone Tyumen-skoj oblasti Agrarnaya nauka Evro-severo-Vostoka. 2018. T. 67. 6. S. 33–41.
10. Krivobochek V.G. Ocenka adaptivnyx svojstv novyx sortov yarovoj myagkoj pshenicy po urozhajnosti v lesostepnyx us-

- loviyax Srednego Povolzhya Niva Po-volzhya. 2015. 2 (35). S. 43–47.
11. Malickaya N.V., Puchkova S.Yu., Syzdykova G.T. i dr. Urozhajnost i kachestvo zerna razlichnyx sortov yarovoj myagkoj pshenicy v usloviyax Akmolinskoj oblasti Kazahstana Izvestiya TSXA. 2020. 1. S. 33–48.
  12. Plastichnost i stabilnost sortov yarovoj myagkoj i tvrdoj pshenicy v yuzh-noj lesostepi Tyumenskoj oblasti Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2020. 21(2). 114–123. DOI: 10.307662072-9081.2020.21.2.114-123.
  13. Pushkarev D.V., Chursin A.S., Kuzmin O.G. i dr. E”kologicheskaya plastichnost i stabilnost sortov yarovoj myagkoj pshenicy v stepnoj zone Omskoj oblasti Vestnik Omskogo GAU. 2017. 4 (28). S. 61–67.
  14. Rigin B.V., Zuev E.V., Tyunin V.A. i dr. Selekcionno-geneticheskie aspekty so-zdaniya produktivnyx form myagkoj yarovojpshenicy s vysokojskorostyu razvitiya Trudy po prikladnoj botanike genetike i selekcii. 2018. T. 179. 3. S. 194–202.
  15. Eberhart S.A. Stability parameters for comparing varieties Crop Sci. 1966. V. 6. No. 1. P. 36–40.

*Поступила в редакцию 10.01.2023*

*Принята к публикации 24.01. 2023*

## ОЦЕНКА ЗАРАЖЕННОСТИ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГРИБНЫХ ПАТОГЕНОВ ЧЕСНОКА\*

Сулухан Кудайбердиевна Темирбекова<sup>1</sup>, доктор биологических наук, профессор  
Ольга Олеговна Белашапкина<sup>2</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
Юлия Владимировна Афанасьева<sup>3</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук  
Наталья Эрнестовна Ионова<sup>4</sup>, кандидат биологических наук  
Марина Михайловна Тареева<sup>5</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук  
Оксана Борисовна Поливанова<sup>2</sup>, кандидат биологических наук

<sup>1</sup>ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Московская обл., Россия

<sup>2</sup>Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

<sup>3</sup>ФГБНУ Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, г. Москва, Россия

<sup>4</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

<sup>5</sup>ФГБНУ Федеральный научный центр овощеводства (ФГБНУ ФНЦО), Московская обл., Россия

E-mail: sul20@yandex.ru

**Аннотация.** Представлены результаты исследований основных болезней, вызывающих гнили луковиц чеснока в Московской области в период хранения. Показано, что длительное хранение (17 мес.) увеличило распространенность и развитие пенициллезной (10,0–12,5%) и фузариозной (10,0–11,3%) гнилей. Луковицы чеснока сорта Памяти Нины Арсентьевны были заражены двумя видами грибов рода *Fusarium* (*F. fujikuroi* и *F. proliferatum*) по результатам ПЦР анализа и последующего секвенирования целевого участка генома двух изолятов данного рода. Сорт Памяти Нины Арсентьевны – высокоустойчивый к гнилям грибного происхождения, даже после длительного хранения (более года), по сравнению с эталонным образцом из ФНЦ овощеводства, луковицы которого были полностью пораженными. На чесноке озимом также был обнаружен возбудитель пенициллезной гнили – *Penicillium glaucum* Link. На коллекционных образцах чеснока озимого при выборочных ежегодных исследованиях пенициллезной гнили не обнаружено.

**Ключевые слова:** чеснок озимый, болезни, устойчивость, секвенирование, длительное хранение

## ASSESSMENT OF THE PLANTING MATERIAL INFECTION AND FUNGAL PATHOGENS IDENTIFICATION OF GARLIC

S.K. Temirbekova<sup>1</sup>, Grand PhD in Biological Sciences, Professor  
O.O. Beloshapkina<sup>2</sup>, Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor  
Yu.V. Afanasyeva<sup>3</sup>, PhD in Agricultural Sciences  
N.E. Ionova<sup>4</sup>, PhD in Biological Sciences  
M.M. Tareeva<sup>5</sup>, PhD in Agricultural Sciences  
O.B. Polivanova<sup>2</sup>, PhD in Biological Sciences

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow region, Russia

<sup>2</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

<sup>4</sup>Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

<sup>5</sup>Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC), Moscow region, Russia

E-mail: sul20@yandex.ru

**Abstract.** The research results of the main diseases that cause garlic bulb rot in the Moscow region during storage are presented. It was shown that long-term storage (17 months), as expected, increased the rots prevalence and development, both *Penicillus*: 10.0–12.5%, and *Fusarium*: 10.0–11.3%. Winter garlic cultivar Nina Arsentiyevna's Memory bulbs by 2 species of *Fusarium* had been infected: *F. fujikuroi* and *F. roliferatum* identified by PCR analysis and subsequent sequencing of the two isolates target genome. Winter garlic cultivar Pamyati Nina Arsentiyevna is highly resistant to rots of fungal origin, even after long-term storage (more than a year),

\* Работа проведена в рамках тематического плана Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии # 0598-2019-0005, официальный регистрационный номер EGISU R&D-AAAA-A19-1191212901090 и в рамках Правительственной задачи Федерального научного селекционно-технологического центра садоводства и питомниководства # 0432-2021-0003 для сохранения, расширения и изучения генетических коллекций сельскохозяйственных растений и создания хранилища плодовоовощных и мелкоплодных культур, свободных от опасных вирусов. Исследования выполнены за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжский) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030) / The presented study was conducted within the framework of the thematic plan of the All-Russian Research Institute of Phytopathology # 0598-2019-0005, the official registration number of EGISU R&D-AAAA-A19-1191212901090 and within the Government task of the Federal Scientific Breeding and Technology Center of Horticulture and Nursery # 0432-2021-0003 for the preservation, expansion and study of genetic collections of agricultural plants and the creation of a repository of fruit and vegetable and small-fruited crops free of dangerous viruses. The work was carried out at the expense of the Strategic Academic Leadership Program of Kazan (Volga Region) Federal University (PRIORITY-2030).

*in comparison with the reference sample from the Federal Scientific Center for Vegetable Growing, the bulbs of which were completely affected, and corresponded to the fifth defeat point. On winter garlic, the causative agent of penicillium rot, *Penicillium glaucum* Link, was also found. On collection samples of winter garlic, during selective annual studies, penicillary rot was not found.*

**Keywords:** winter garlic, diseases, stability, sequencing, long-term storage

Культивирование чеснока имеет более чем пятидесятилетнюю историю. Чеснок хозяйственно значим для человека не только в употреблении в пищу, но и в медицине, ветеринарии и сельском хозяйстве; используется как средство биологической защиты растений от вредителей и болезней. [4, 6] Импорт чеснока в Российской Федерации занимает 92%, отечественных сортов недостаточно. Культура подвержена многим заболеваниям различной этиологии. [8, 20] Грибные болезни (белая и серая гниль, аспериллез, пенициллез, фузариозные гнили) — наиболее распространенные и вредоносные не только в период вегетации, но и при хранении. [5] Грибы развиваются и вызывают гнили лукович чеснока при нарушении условий хранения, особенно при повышенной влажности. Некачественно собранный для хранения материал (непросушенный, недозревший) — идеальная среда для развития таких болезней. Появившись в месте хранения, возбудители с больных лукович легко переходят на соседние при распылении спор в воздушной среде.

Одна из самых распространенных болезней чеснока во время хранения — пенициллез или зеленая плесень (возбудитель — анаморфный гриб *Penicillium glaucum* Link), при которой на чешуях и донце лукович появляются темно-коричневые размягченные пятна или неглубокие язвы. Со временем на них образуется вначале белый, а затем голубовато-зеленый налет спороношения. При сильном поражении дольки теряют объем, высыхают, деформируются, темнеют и разрушаются. [10]

Грибы рода фузариум отличаются широким видовым разнообразием и поражают многочисленные группы сельскохозяйственных растений, включая чеснок. [12, 27] Возбудители фузариоза чеснока *Fusarium oxysporum* и *F. fujikuroi* обладают болезнетворными свойствами на зерновых и многих других культурах, включая луковичные. У зараженных растений в период вегетации может происходить задержка роста, хлороз листьев, поражение корней, на нижних частях растения часто образуется мицелий и споры. При хранении возбудители вызывают гниль лукович. [9, 33]

Информация о поражении чеснока грибами вида *F. proliferatum* в России появилась в 2020 году, когда в ходе лабораторных исследований на луковичах чеснока из хранилища Федерального научного центра овощеводства (Московская область) был выявлен первый случай заражения чеснока этим патогеном [11], вероятно завезенным с импортным посадочным материалом. Под покровными чешуйками у зубчиков обнаружены светло-коричневые и коричневые пятна, в дальнейшем наблюдается гниение лукович, сходное с поражением другими видами фузариевых грибов. [18, 19, 21, 24, 28] В период выращивания растения имели симптомы угнетения в росте, характеризовались разрушением корней и лукович, хлорозом и высыханием листьев. Известно, что за рубежом этот патоген отнесен к по-

лифагам, способным в сильной степени поражать растения разных семейств, в том числе и чеснок. [23, 35] Заболевание чеснока, вызываемое этим патогенным видом, было зарегистрировано в 2002 году в Германии, затем в Северной Америке, Сербии, Италии, Испании, Индии, Египте, Франции. [14]

Цель работы — оценка распространенности патогенов на чесноке в период хранения и их идентификация микробиологическими и молекулярно-генетическими методами.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в I декаде февраля 2021 и в I декаде октября 2022 годов в лаборатории кафедры защиты растений ФГБОУ ВО РГАУ—МСХА имени К.А. Тимирязева.

Растительный материал для изучения — чеснок озимый сорта *Памяти Нины Арсентьевны*, создан в ФГБНУ ВНИИ фитопатологии, патент № 10154 (рис. 1, 2-я стр. обл.), выращенный в отделе полевых испытаний (ОПИ Раменки) ВНИИ фитопатологии (р/п Большие Вязёмы, Московская область), 89 коллекционных образцов из ФНЦ садоводства, а также образцы, переданные из ФГБНУ ФНЦ овощеводства.

Вначале провели визуальную оценку зараженности 10 произвольно отобранных лукович чеснока, затем каждую из них разделили на доли, очистили от покровных чешуй и осмотрели на предмет наличия симптомов заражения. Оценочная проба — 80...100 долек. Распространенность (Р, %) и развитие (R, %) болезней рассчитывали по стандартным формулам. Для определения интенсивности поражения (ИП, балл) была составлена оригинальная пятибалльная шкала: 0 — блестящие светлые доли без видимых повреждений; 1 — доли с небольшими точечными единичными некрозами; 2 — доли с заметными поражениями поверхности (до 10%), с мелкими и крупными некрозами; 3 — доли частично потускневшие или с локальной потерей тургора, с некрозами и небольшими язвочками на площади до 20%; 4 — доли с почти полной потерей тургора, потускневшие, с некрозами и язвами на более чем 20% поверхности; 5 — доли полностью разрушившиеся, нежизнеспособные, часто с налетом спороношения.

Дополнительно из отбракованных при выкопке лукович были отобраны доли с типичными симптомами поражения (язва, подвядание, крупные некрозы, налет). Далее фрагменты растений помещали во влажные камеры (чашки Петри с влажной фильтровальной бумагой), а затем, после появления налета, в чашки Петри на питательную среду, в качестве которой использовали картофельно-глюкозный агар (КГА). Через 10 дней наблюдали появившиеся колонии или грибной газон, полностью заполнивший чашку, и проводили микроскопирование образовавшихся структур. [3, 30, 32]

Для выделения моноспоровой чистой культуры изолятов необходимо было провести десятикратное



разведение. Получив пять пробирок с разной концентрацией спор, из каждой в чашки Петри с КГА нанесли шпателем Дригальского полученные суспензии и инкубировали их в термостате при температуре 22...24°C. Спустя 10 дней в большинстве чашек образовался однообразный налет мицелия – чистая культура, готовая к дальнейшему микроскопированию и ПЦР анализу.

Род патогена определяли по характерным признакам колоний и с помощью светового микроскопа методом раздавленной капли при четырехсоткратном увеличении.

Полимеразная цепная реакция (ПЦР) – популярный и часто используемый для достоверной диагностики возбудителей болезней растений молекулярно-генетический метод. Для реконструкции молекулярной филогении и идентификации изолятов грибов нами произведена амплификация и последующее секвенирование таксономически информативных локусов ДНК при помощи ПЦР. Секвенирование – определение порядка элементарных единиц мономеров в ДНК. В настоящее время для секвенирования применяют метод Сэнгера.

Чтобы идентифицировать возбудителя с пораженных участков долей чеснока, из чистой культуры изолята выделяли ДНК с помощью набора «Фитосорб» (ООО «Синтол», Москва). Для проверки наличия ДНК в пробе проводили ПЦР анализ с использованием гена внутреннего трагсвируемого спейсера ITS праймерами, опубликованными на <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0953756208600064> и представленными в таблице 1.

Проверяли наличие ампликонов в геле для проведения электрофореза в присутствии бромистого этидия в 0,5x буфере ТВЕ. После чего продукты реакции были переданы для секвенирования в ООО «Синтол».

## РЕЗУЛЬТАТЫ

При внешнем осмотре луковиц чеснока сорта *Памяти Нины Арсентьевны* в пробных партиях 2021 и 2022 годов мы не обнаружили видимых повреждений, но после очистки долей наощупь в некоторых местах можно было почувствовать снижение тургора, на поверхности единичных долей были заметны коричневые мелкие пятна, а на некоторых – большие сухие язвы (рис. 2, 2-я стр. обл.).

Также при осмотре встречавшихся отбракованных отдельных луковиц отмечали единичные увядшие потемневшие доли со светло-коричневыми пятнами (рис. 3, 2-я стр. обл.).

На луковицах чеснока озимого, предоставленного ФГБНУ ФНЦ овощеводства, в ходе лабораторных исследований обнаружен возбудитель пенициллезной гнили (*Penicillium glaucum* Link.) с распространенностью до 80%. Было невозможно провести визуальную диагностику по балльной системе, так как доли были полностью поражены, всем образцам присудили пятый балл поражения, тем не менее следует отметить, что селекционная работа Полякова А.В. над новыми сортами успешно продолжается. В коллекционных образцах чеснока, выращенного в ФНЦ садоводства, этого возбудителя не обнаружено.

По симптомам поражения в сочетании с использованием метода влажной камеры и микроскопического замечено поражение обследуемых и отдельно отобранных долей луковиц чеснока пенициллезной и фузариозной гнилями. Сильнее было поражение у образцов, выращенных в 2020 году, спустя 19 мес. хранения (табл. 2).

У чеснока урожая 2020 года число долей с симптомами поражения пенициллезом составляло 12,5%, лишь незначительно (на одну долю в пробе) отличаясь от распространенности фузариозной гнили. Интенсивность поражения пенициллезом и фузариозом – менее трех баллов. Учитывая, что срок хранения данных луковиц более года, такая распространенность и развитие болезни (не более 5,5%) свидетельствуют о высокой устойчивости сорта к гнилевым болезням и оптимальных условиях их хранения.

Период длительного хранения (17 мес.) увеличил распространенность и развитие гнилей. Распространенность и развитие болезни на луковицах чеснока урожая 2021 года через пять месяцев хранения были меньше на 10% и 2,0...2,2% соответственно. На свежескопанных луковицах в 2022 году никаких признаков поражения не выявлено.

По истечении 10 дней инкубирования в термостате на среде КГА в чашках Петри вокруг пораженных фрагментов долей чеснока сорта *Памяти Нины Арсентьевны* были хорошо видны белые и розоватые грибные колонии, характерные для рода *Fusarium* (рис. 4, 2-я стр. обл.).

Проведя микроскопирование колоний разного возраста (10...30 суток) гриба рода *Fusarium* был обнаружен только один вид конидий – микроконидии, форма – яйцевидная, одноклеточные, в большом количестве располагались между гифами. Типичных макроконидий, по которым предварительно можно было бы определить вид возбудителя, не было найдено.

Грибы рода *Penicillium*, с большой долей вероятности *P. glaucum*, найдены на долях чеснока, которые были помещены во влажную камеру и на питательную среду КГА, по характерным плотным круглым колониям зелено-голубого цвета, многоклеточному разветвленному мицелию, типичным конидиеносцам и мелким, практически круглым конидиям.

**Таблица 1.**  
Праймеры и их концентрации при проведении секвенирования локусов ДНК изолятов рода *Fusarium* из луковиц чеснока

Образец	Праймер	Концентрация, пмоль/мкл	Тип образца плазмиды/ПЦР-фрагмент	Размер ДНК
F1	ACT512F	10	ПЦР-фрагмент	300
F2	ITS4	10	ПЦР-фрагмент	600

**Таблица 2.**  
Пораженность гнилями долей чеснока сорта *Памяти Нины Арсентьевны* в зависимости от сроков хранения

Болезнь	Урожай					
	2020 года (17 мес.)		2021 года (5 мес.)		2022 года (0,5 мес.)	
	P, %	R, %	P, %	R, %	P, %	R, %
Пенициллез	12,5	5,5	10,0	2,2	0	0
Фузариоз	11,3	4,8	10,0	2,0	0	0

Таблица 3.

Результаты секвенирования изолятов фузариевых грибов из чеснока

Образец	Сиквенс	Предполагаемый организм	Покрытие, %
F1	ATTCAAATCATACTATTTCTGTGAGTACCCCACTTTCTAGCCTGTGCGCCAAAGAATTGATATCGCATGTCCTGGGCGCAAGTTAAT- CAGAAACCSAAATCTAACGTGTGAAACAGCTTCCATTGTGCGTCCGCCCCGTCATCATGGTAAGTTGTAGCTACAGCGGCAATTCT- GCTGCCTTCTGGGGCCGCCACTGACAAGTTCTCAGTATCATGATTGGTATGGGCCAGAAGGACTCGTAA GATGCTGCCTCTGCATCCGAGGTCACATTCAGAAGTTGGGGTTTAAACGGCTTGGCCGCGCCGCTACAGTTGCGAGGGTTT- TACTACTACGCAATGGAAGCTGCAGCGAGACGCCACTAGATTTGGGGCCGGCTTCCCGCAAGGGCTCGCCGATCCCCAACAC- CAAACCCGGGGCTTGAGGGTTGAAATGACGCTCGAACAGGATGCCCGCCAGAATACTGGCGGGCGCAATGTGCGTTCAAA- GATTCGATGATTCACTGAATTCTGCAATTCACATTACTTATCGCATTTTGTGCTGCTTTCATCGATGCCAGAACAAGAGATC- CGTTGTTGAAAGTTTGTATTATTTATGTTTACTCAGAAGTTACATATAGAAACAGAGTTTAGGGGTCCTCTGGCGGGC- CGTCCCGTTTTACCGGGAGCGGGCTGATCCGCGAGGCAACAATTGGTATGTTACAGGGGTTGGGAGTTGTAACCTCGGTAAT- GATCCCTCCGCTGGTTCACCAACGGAGACCTTGTACGTTTTTTTACTTCCAACGGG	<i>Fusarium fujikuroi</i>	99,13
F2		<i>Fusarium proliferatum</i>	99,63

Визуальный метод в идентификации патогенов используется повсеместно как начальный этап в обнаружении вредных организмов на культуре. Данный метод, даже в сочетании с микробиологическим и микроскопическим, в ряде случаев не точный, особенно, когда гриб, как в нашем случае, не образует характерного спороношения.

Для идентификации видов рода *Fusarium* полученные сиквенсы сравнивали с базой генетической информации GenBank.

В пробе обнаружены два возбудителя фузариозной гнили (*Fusarium proliferatum* и *F. fujikuroi*) (табл. 3).

В столбце «Сиквенс» приведена нуклеотидная последовательность, благодаря которой можно опреде-

лить вид возбудителя. В столбце «Покрытие» указан процент целевых участков, покрываемых чтениями.

Эволюционная история выведена с использованием метода минимальной эволюции. [31] Показано оптимальное филогенетическое дерево для двух изолятов (рис. 5, 6).

Процент повторов деревьев, в которых связанные таксоны сгруппированы вместе в тесте начальной загрузки (500 повторов), показан рядом с ветвями. Эволюционные расстояния были вычислены с использованием метода максимального составного правдоподобия и выражены как количество замен оснований на сайт. Поиск в дереве МЕ проводили с использованием алгоритма обмена близкими со-

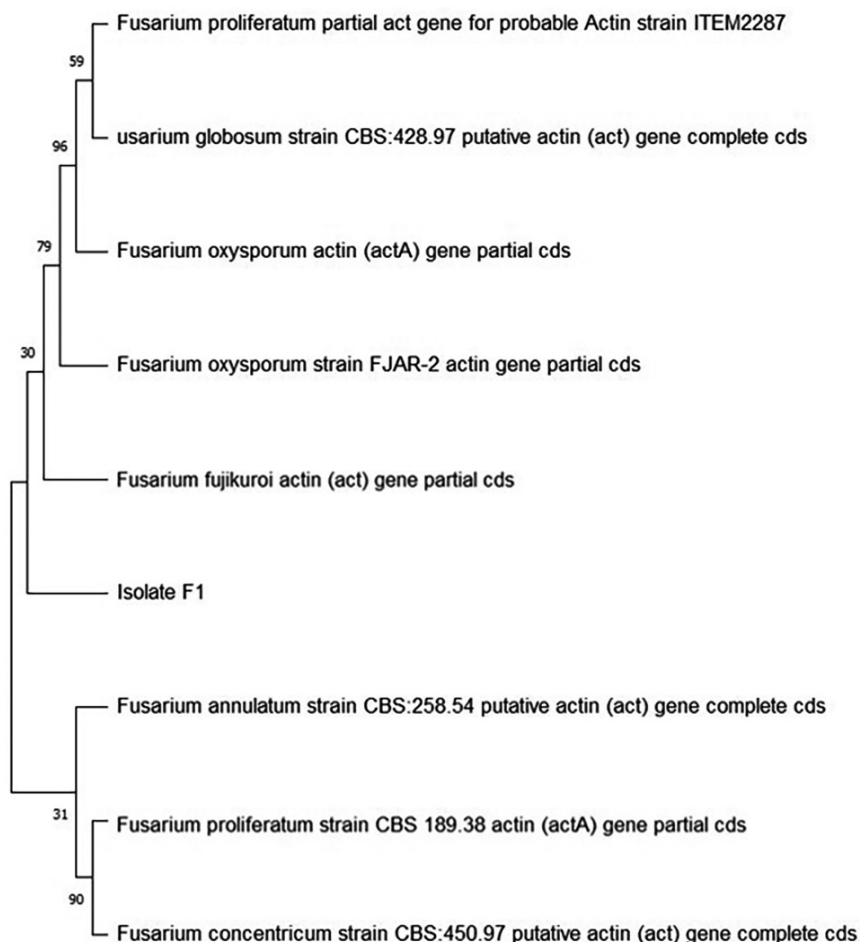


Рис. 5. Филогенетическое дерево нуклеотидных последовательностей гена актина *Fusarium* spp (act). Выделенный изолят обозначен как Isolate F1.

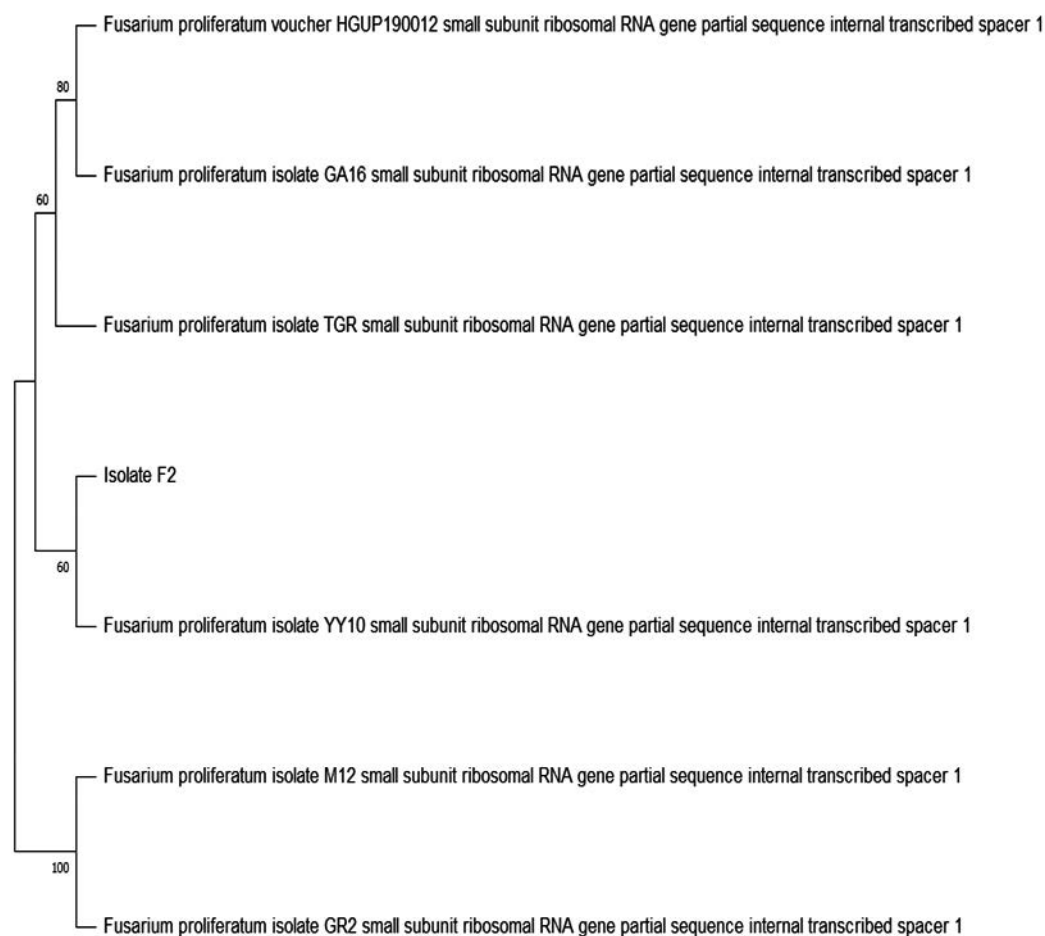


Рис. 6. Филогенетическое дерево нуклеотидных последовательностей гена внутреннего транскрибируемого спейсера (ITS) *Fusarium* spp. Выделенный изолят обозначен как Isolate F2.

седами (CNI) на уровне поиска 1. Для генерации исходного дерева был применен алгоритм соединения соседей. Анализ включал девять нуклеотидных последовательностей. Позиции кодона: первый + второй + третий + Некодирующий. Все неоднозначные позиции были удалены для каждой пары последовательностей (опция попарного удаления). В окончательном наборе данных – 531 позиция. Эволюционный анализ проведен в MEGA 11. [26]

Предполагалось, что на луковицах чеснока сорта *Памяти Нины Арсентьевны* 2020 и 2021 годов содержится не идентифицированный возбудитель, относящийся по виду колоний и результатам микроскопического анализа спор к роду *Fusarium*. Проведенный ПЦР анализ и дальнейшее секвенирование целевого участка генома выделенных двух изолятов грибов показали, что луковицы заражены двумя видами грибов *F. fujikuroi* и *F. proliferatum*.

Секвенирование и ПЦР анализ имеют достаточно высокую стоимость, но благодаря точной идентификации вредного организма, можно значительно облегчить работу селекционеров, предложив оптимальный выбор средств и мероприятий по защите культуры от поражения патогенами, и добиться высокой рентабельности. [15, 16, 34]

Методы защиты чеснока от фузариозной гнили включают обязательное соблюдение севооборота и обработку посадочного материала. В результате оценки эффективности препаратов (гипохлорит

натрия, 2%; перекись водорода, 3%; марганцево-кислый калий, 3%; фундазол, 3%; ТМТД (тетраметилтиурамдисульфид), 3%) было установлено, что наилучший обеззараживающий компонент – перекись водорода и фунгицидный протравитель ТМТД в форме суспензии. [2, 17] Изучено влияние на развитие фузариозных гнилей чеснока озимого биопрепаратов – альбит, амиросел, амир, экогель. При обработке экогелем посадочного материала заражение фузариозными гнилями снизилось максимально на 12%.

Перспективное направление защиты от фузариозных гнилей – выведение устойчивых сортов. [1, 22, 25] В исследованиях [7, 13, 29] установлена прямая положительная корреляция между степенью устойчивости чеснока к фузариозам и уровнем содержания аллицина, поэтому его повышенное содержание в новых сортах можно считать залогом резистентности их к фузариозным гнилям.

**Выводы.** Основные болезни, вызывающие гнили луковиц чеснока в Московской области при хранении – пенициллез (распространенность – 10,0...12,5%) и фузариозная корневая гниль (10,0...11,3%). Период длительного хранения (17 мес.), как и следовало ожидать, увеличил распространенность и развитие пенициллезной и фузариозной гнилей. Луковицы чеснока сорта *Памяти Нины Арсентьевны* были заражены *F. fujikuroi* и *F. proliferatum* по результатам ПЦР анализа и последующего секвенирования целевого участка генома выделенных

двух изолятов данного рода. Сорт – высокоустойчивый к гнилям лукович грибоного происхождения, даже после длительного периода хранения (более года).

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Агафонов А.Ф., Герасимова Л.И. Селекция чеснока // Овощеводство. 2007. № 8. С. 38–41.
- Алексеева Т.В. Усовершенствование способа производства чеснока озимого из воздушных луковичек. Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05, М., 2018.
- Ганнибал Ф.Б. Мониторинг альтернариозов сельскохозяйственных культур и идентификация грибов рода *Alternaria*. Методическое пособие. СПб.: ГНУ ВИЗР Россельхозакадемии, 2011. С. 45–46.
- Лазарев А. Вредители лука и чеснока во время вегетации // Овощеводство и тепличное хозяйство. 2011. № 1. С. 68–71.
- Пивоваров В.Ф., Никульшин В.П., Тимина Л.Т., Шестакова К.С. Патогенная микрофлора чеснока озимого // Вестник РАСХН. 2009. № 5. С. 63–64.
- Поляков А.В. Важнейшие вопросы развития чесноководства в Российской Федерации // Экологические проблемы современного овощеводства и качество овощной продукции: сб. науч. тр. М.: ФГБНУ ВНИИО, 2014. Вып. 1. С. 436–442.
- Скорина В.В., Кохтенкова И.Г. Сравнительная оценка коллекционных сортообразцов чеснока озимого по урожайности. Овощи России. 2021. № 3. С. 60–67. DOI: <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-60-67>.
- Тимина Л.Т., Енгальчева И.А. Комплекс патогенов на овощных культурах в условиях центрального региона РФ // Овощи России. 2015. № 3–4. С. 123–129.
- Тимина Л.Т., Шестакова К.С., Никульшин В.П. Влияние аллицина на устойчивость сортообразцов чеснока озимого // Селекция и семеноводство овощных культур. М.: Изд-во ВНИИССОК. 2015. Вып. 46. С. 561–568.
- Филищин М.А., Данилова О.А., Середин Т.М. Идентификация патогенных грибов в луковичах чеснока при хранении и в корневой сфере в период роста растений // Овощи России. 2021. № 3. С. 105–109.
- Чекмарев В.В. Гриб *Fusarium proliferatum* и его чувствительность к современным фунгицидам // *Agricultural sciences / "Colloquium-journal"*. 2020. 18(70). С. 28–332.
- Шестакова К.С., Никульшин В.П., Тимина Л.Т. Методика заражения и оценка устойчивости чеснока к фузариозной гнили // Аграрный вестник Урала. 2011. № 4(83). С. 78–79.
- Ali S., Ganai B.A., Kamili A.N. et al. Pathogenesis-related proteins and peptides as promising tools for engineering plants with multiple stress tolerance. *Microbiol. Res.* 2018;212–213:29–37.
- Ali S., Ganai B.A., Kamili A.N. et al. Pathogenesis-related proteins and peptides as promising tools for engineering plants with multiple stress tolerance. *Microbiol. Res.* 2018;212–213:29–37.
- Anisimova, M.A., Kochieva O.K., Shchennikova E.Z., Genome-Wide A.V. Identification and Expression of Chitinase Class I Genes in Garlic (*Allium sativum* L.) Cultivars Resistant and Susceptible to *Fusarium proliferatum*. *Plants*. 2021;10:720.
- Bai S., Dong C., Li B., Dai H. A PR-4 gene identified from *Malus domestica* is involved in the defense responses against *Botryosphaeria dothidea*. *Plant Physiol. Biochem.* 2013;62:23–32.
- Bharti P., Jyoti P., Kapoor P. et al. Host-Induced Silencing of Pathogenicity Genes Enhances Resistance to *Fusarium oxysporum* Wilt in Tomato. *Mol. Biotechnol.* 2017;59:343–352.
- Chen J., Piao Y., Liu Y. et al. Genome-wide identification and expression analysis of chitinase gene family in *Brassica rapa* reveals its role in clubroot resistance. *Plant Sci.* 2018;270:257–267.
- Chodorska M., Paduch-Cichal E., Kalinowska E., Szyn-del M.S. Assessment of allelic diversity of infection in garlic plants in Poland // *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 2014. V. 13(2). P. 179–186.
- De Jesús-Pires C., Ferreira-Neto J.R.C., Pacifico Bezerra-Neto J. et al. Plant Thaumatin-like Proteins: Function, Evolution and Biotechnological Applications. *Curr. Protein Pept. Sci.* 2020;21:36–51.
- Gagkaeva, T., Gavrilova O., Orina A. et al. Analysis of Toxigenic *Fusarium* Species Associated with Wheat Grain from Three Regions of Russia: Volga, Ural, and West Siberia. *Toxins*. 2019; 11:252.
- Gálvez L., Urbaniak M., Waśkiewicz A. et al. *Fusarium proliferatum* – Causal agent of garlic bulb rot in Spain: Genetic variability and mycotoxin production. *Food Microbiol.* 2017;67:41–48.
- Gao Y., Zan X., Wu X. et al. Identification of Fungus-Responsive Cis-Acting Element in the Promoter of Brassica Juncea Chitinase Gene, BjCHI1. *Plant Sci.* 2014;215–216:190–198.
- Kalman B., Abraham D., Graph S. et al. Isolation and Identification of *Fusarium* spp., the Causal Agents of Onion (*Allium cepa*) Basal Rot in Northeastern Israel. *Biology*. 2020;9:69.
- Kumar S., Stecher G., Tamura K. MEGA7: Molecular evolutionary genetics analysis version 7.0. *Molecular biology and evolution*. *Mol. Biol. Evol.* 2016;33:1870–1874.
- Kumar S.; Stecher G., Li M. et al. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms. // *Mol. Biol. Evol.* 2018. № 35. P.1547–1549.
- Leyronas C., Chrétien P.L., Troulet C. et al. First report of *Fusarium proliferatum* causing garlic clove rot in France. *Plant Dis.* 2018; 102:2658.
- Liu S., Kracher B., Ziegler J. et al. Negative regulation of ABA signaling by WRKY33 is critical for Arabidopsis immunity towards *Botrytis cinerea* 2100. *eLife*. 2015;4:e07295.
- Li G., Zhou J., Jia H. et al. Mutation of a histidine-rich calcium-binding-protein gene in wheat confers resistance to *Fusarium* head blight. *Nat. Genet.* 2019;51:1106–1112.
- Mondani L., Chiusa G., Battilani P. Fungi associated with garlic during the cropping season, with focus on *Fusarium proliferatum* and *F. oxysporum*. // *Plant Health Progress*. 2021.
- Samet M., Charfeddine M., Kamoun L. et al. Effect of compost tea containing phosphogypsum on potato plant growth and protection against *Fusarium solani* infection. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2018;25:18921–18937.
- Sun X., Zhu S., Li N. et al. A Chromosome-Level Genome Assembly of Garlic (*Allium sativum*) Provides Insights into Genome Evolution and Allicin Biosynthesis. *Mol. Plant.* 2020;13:1328–1339.
- Tan R., Collins P.J., Wang J. et al. Different loci associated with root and foliar resistance to sudden death syndrome (*Fusarium virguliforme*) in soybean. *Theor. Appl. Genet.* 2019;132:501–513.
- Verma V., Ravindran P., Kumar P.P. Plant hormone-mediated regulation of stress responses. *BMC Plant Biol.* 2016;16:86.
- Yang J., Duan G., Li C. et al. The Crosstalks Between Jasmonic Acid and Other Plant Hormone Signaling Highlight the Involvement of Jasmonic Acid as a Core Component in Plant Response to Biotic and Abiotic Stresses. *Front. Plant Sci.* 2019;10:1349.

## REFERENCES

1. Agafonov A.F., Gerasimova L.I. Selekcija chesnoka // *Ovoshchevodstvo*. 2007. № 8. S. 38-41.
2. Alekseeva T.V. *Usovershenstvovanie sposoba proizvodstva chesnoka ozimogo iz vozdušnykh lukovichek*. Avtoref. diss. ... kand. s.-h. nauk: 06.01.05, M., 2018.
3. Gannibal F.B. *Monitoring al'ternariozov sel'skohozyajstvennykh kul'tur i identifikaciya gribov roda Alternaria*. Metodicheskoe posobie. SPb.: GNU VIZR Rossel'hoz-akademii, 2011. S. 45-46.
4. Lazarev A. *Vrediteli luka i chesnoka vo vremya vegetacii // Ovoshchevodstvo i teplichnoe hozyajstvo*. 2011. № 1. S. 68-71.
5. Pivovarov V.F., Nikul'shin V.P., Timina L.T., Shestakova K.S. *Patogennaya mikroflora chesnoka ozimogo // Vestnik RASKHN*. 2009. № 5. S. 63-64.
6. Polyakov A.V. *Vazhnejšie voprosy razvitiya chesnokovodstva v Rossijskoj Federacii // Ekologicheskie problemy sovremenogo ovoshchevodstva i kachestvo ovoshchnoj produkcii: sb. nauch. tr. M.: FGBNU VNIIO, 2014. Vyp. 1. S. 436-442.*
7. Skorina V.V., Kohtenkova I.G. *Sravnitel'naya ocenka kollekcionnykh sortoobrazcov chesnoka ozimogo po urozhajnosti. Ovoshchi Rossii*. 2021. № 3. S. 60-67. DOI: <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-60-67>.
8. Timina L.T., Engalycheva I.A. *Kompleks patogenov na ovoshchnykh kul'turakh v usloviyah central'nogo regiona RF // Ovoshchi Rossii*. 2015. № 3-4. S. 123-129.
9. Timina L.T., Shestakova K.S., Nikul'shin V.P. *Vliyanie allicina na ustojchivost' sortoobrazcov chesnoka ozimogo // Selekcija i semenovodstvo ovoshchnykh kul'tur. M.: Izd-vo VNIISOK*. 2015. Vyp. 46. S. 561-568.
10. Filyushin M.A., Danilova O.A., Seredin T.M. *Identifikaciya patogennykh gribov v lukovicach chesnoka pri hranenii i v kornevoj sfere v period rosta rastenij // Ovoshchi Rossii*. 2021. № 3. S. 105-109.
11. Chekmarev V.V. *Grib Fusarium proliferatum i ego chuvstvitel'nost' k sovremennym fungicidam // Agricultural sciences / "Colloquium-journal"*. 2020. 18(70). S. 28-332.
12. Shestakova K.S., Nikul'shin V.P., Timina L.T. *Metodika zarazheniya i ocenka ustojchivosti chesnoka k fuzarioznoj gnili // Agrarnyj vestnik Urala*. 2011. № 4(83). S. 78-79.
13. Ali S., Ganai B.A., Kamili A.N. et al. *Pathogenesis-related proteins and peptides as promising tools for engineering plants with multiple stress tolerance. Microbiol. Res*. 2018;212-213:29-37.
14. Ali S., Ganai B.A., Kamili A.N. et al. *Pathogenesis-related proteins and peptides as promising tools for engineering plants with multiple stress tolerance. Microbiol. Res*. 2018;212-213:29-37.
15. Anisimova, M.A., Kochieva O.K., Shchennikova E.Z., Genome-Wide A.V. *Identification and Expression of Chitinase Class I Genes in Garlic (Allium sativum L.) Cultivars Resistant and Susceptible to Fusarium proliferatum. Plants*. 2021;10:720.
16. Bai S., Dong C., Li B., Dai H. *A PR-4 gene identified from Malus domestica is involved in the defense responses against Botryosphaeria dothidea. Plant Physiol. Biochem*. 2013;62:23-32.
17. Bharti P., Jyoti P., Kapoor P. et al. *Host-Induced Silencing of Pathogenicity Genes Enhances Resistance to Fusarium oxysporum Wilt in Tomato. Mol. Biotechnol*. 2017;59:343-352.
18. Chen J., Piao Y., Liu Y. et al. *Genome-wide identification and expression analysis of chitinase gene family in Brassica rapa reveals its role in clubroot resistance. Plant Sci*. 2018;270:257-267.
19. Chodorska M., Paduch-Cichal E., Kalinowska E., Szyndel M.S. *Assessment of allelic viruses infection in garlic plants in Poland // Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 2014. V. 13(2). P. 179-186.
20. De Jesús-Pires C., Ferreira-Neto J.R.C., Pacifico Bezerra-Neto J. et al. *Plant Thaumatin-like Proteins: Function, Evolution and Biotechnological Applications. Curr. Protein Pept. Sci*. 2020;21:36-51.
21. Gagkaeva, T., Gavrilova O., Orina A. et al. *Analysis of Toxigenic Fusarium Species Associated with Wheat Grain from Three Regions of Russia: Volga, Ural, and West Siberia. Toxins*. 2019; 11:252.
22. Gálvez L., Urbaniak M., Waśkiewicz A. et al. *Fusarium proliferatum – Causal agent of garlic bulb rot in Spain: Genetic variability and mycotoxin production. Food Microbiol*. 2017;67:41-48.
23. Gao Y., Zan X., Wu X. et al. *Identification of Fungus-Responsive Cis-Acting Element in the Promoter of Brassica Juncea Chitinase Gene, BjCHI1. Plant Sci*. 2014;215-216:190-198.
24. Kalman B., Abraham D., Graph S. et al. *Isolation and Identification of Fusarium spp., the Causal Agents of Onion (Allium cepa) Basal Rot in Northeastern Israel. Biology*. 2020;9:69.
25. Kumar S., Stecher G., Tamura K. *MEGA7: Molecular evolutionary genetics analysis version 7.0. Molecular biology and evolution. Mol. Biol. Evol*. 2016;33:1870-1874.
26. Kumar S.; Stecher G., Li M. et al. *MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms. // Mol. Biol. Evol*. 2018. № 35. R. 1547-1549.
27. Leyronas C., Chrétien P.L., Troulet C. et al. *First report of Fusarium proliferatum causing garlic clove rot in France. Plant Dis*. 2018; 102:2658.
28. Liu S., Kracher B., Ziegler J. et al. *Negative regulation of ABA signaling by WRKY33 is critical for Arabidopsis immunity towards Botrytis cinerea 2100. eLife*. 2015;4:e07295.
29. Li G., Zhou J., Jia H. et al. *Mutation of a histidine-rich calcium-binding-protein gene in wheat confers resistance to Fusarium head blight. Nat. Genet*. 2019;51:1106-1112.
30. Mondani L., Chiusa G., Battilani P. *Fungi associated with garlic during the cropping season, with focus on Fusarium proliferatum and F. oxysporum. // Plant Health Progress*. 2021.
31. Samet M., Charfeddine M., Kamoun L. et al. *Effect of compost tea containing phosphogypsum on potato plant growth and protection against Fusarium solani infection. Environ. Sci. Pollut. Res. Int*. 2018;25:18921-18937.
32. Sun X., Zhu S., Li N. et al. *A Chromosome-Level Genome Assembly of Garlic (Allium sativum) Provides Insights into Genome Evolution and Allicin Biosynthesis. Mol. Plant*. 2020;13:1328-1339.
33. Tan R., Collins P.J., Wang J. et al. *Different loci associated with root and foliar resistance to sudden death syndrome (Fusarium virguliforme) in soybean. Theor. Appl. Genet*. 2019;132:501-513.
34. Verma V., Ravindran P., Kumar P.P. *Plant hormone-mediated regulation of stress responses. BMC Plant Biol*. 2016;16:86.
35. Yang J., Duan G., Li C. et al. *The Crosstalks Between Jasmonic Acid and Other Plant Hormone Signaling Highlight the Involvement of Jasmonic Acid as a Core Component in Plant Response to Biotic and Abiotic Stresses. Front. Plant Sci*. 2019;10:1349.

Поступила в редакцию 27.01.2023

Принята к публикации 10.02.2023

## ВЛИЯНИЕ СУБСТРАТА И ПИТАТЕЛЬНОГО РАСТВОРА НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ЧИСТУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА САЖЕНЦЕВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ В УСЛОВИЯХ СВЕТОКУЛЬТУРЫ

Виталий Михайлович Кондратьев, кандидат сельскохозяйственных наук  
Анна Николаевна Кононенко, кандидат сельскохозяйственных наук  
Оксана Федоровна Ивахнова  
Максим Владимирович Киселёв, кандидат сельскохозяйственных наук  
Юлия Николаевна Логинова  
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,  
г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия  
E-mail: vitsevsk@mail.ru

**Аннотация.** Исследовано влияние субстрата и питательного раствора на биометрические показатели и чистую продуктивность фотосинтеза саженцев земляники садовой сорта Белый швед, полученных *in vitro*, в условиях светокультуры при мощности облучения 126,8 и 172,3 мкмоль/м<sup>2</sup>/с. Наиболее высокие саженцы с диаметром рожка 0,8 см получены в вариантах с использованием минераловатного субстрата и питательных растворов при мощности облучения 126,8 мкмоль/м<sup>2</sup>/с. Мощность облучения 172,3 мкмоль/м<sup>2</sup>/с способствовала наибольшему количеству листьев в обоих вариантах МВ+ПР и МВ+1МС (по 10,0 ± 0,5 шт.) и активному развитию ассимиляционной площади листьев. Мощность облучения 126,8 мкмоль/м<sup>2</sup>/с и применение питательного раствора помогают лучше развивать корневую систему. Чистая продуктивность фотосинтеза на органическом субстрате с питательным раствором (КС + 1МС) в 1,5–2,5 раза выше, чем с применением заправленного удобрениями органического субстрата (ГТ + вода). Чистая продуктивность фотосинтеза листового аппарата саженцев, выращенных на минераловатном субстрате при мощности облучения 126,8 мкмоль/м<sup>2</sup>/с, была в интервале от 0,27 до 0,33 мг/см<sup>2</sup>/сут., а при 172,3 мкмоль/м<sup>2</sup>/с – от 0,23 до 0,29 мг/см<sup>2</sup>/сут.

**Ключевые слова:** земляника садовая, саженцы, *in vitro*, светокультура, субстрат, питательный раствор, биометрия, чистая продуктивность фотосинтеза

## INFLUENCE OF SUBSTRATE AND NUTRIENT SOLUTION ON BIOMETRIC PERFORMANCE AND NET PRODUCTIVITY OF GARDEN STRAWBERRY SEEDLINGS PHOTOSYNTHESIS UNDER PHOTOCULTURE CONDITIONS

V.M. Kondratiev, *PhD in Agricultural Sciences*  
A.N. Kononenko, *PhD in Agricultural Sciences*  
O.F. Ivakhnova  
M.V. Kiselev, *PhD in Agricultural Sciences*  
Yu.N. Loginova

Saint-Petersburg State Agrarian University, Pushkin, St.-Petersburg, Russia  
E-mail: vitsevsk@mail.ru

**Abstract.** The effect of substrate and nutrient solution on biometric parameters and net photosynthesis productivity of strawberry seedlings of the White Swede variety obtained *in vitro* under light culture conditions at irradiation power of 126.8 and 172.3 mmol/m<sup>2</sup>/s was investigated. The highest seedlings with a horn diameter of 0.8 cm were obtained in variants using a mineral wool substrate and nutrient solutions at an irradiation power of 126.8 mmol/m<sup>2</sup>/s. The irradiation power of 172.3 mmol/m<sup>2</sup>/s contributed to the largest number of leaves in the variants MV + PR and MV + 1 MS of 10.0 ± 0.5 pcs. in both cases, and the active development of the assimilation area of the leaves. The irradiation power of 126.8 mmol/m<sup>2</sup>/s and the use of a nutrient solution contributes to the better development of the root system. The net photosynthesis productivity on an organic substrate using a nutrient solution (CS + 1 MS) is 1.5–2.5 times higher than when using an organic substrate filled with fertilizers (GT + water). The net photosynthesis productivity of the leaf apparatus of seedlings grown on a mineral wool substrate at an irradiation power of 126.8 mmol/m<sup>2</sup>/s was in the range from 0.27 to 0.33 mg/cm<sup>2</sup>/day, and at an irradiation power of 172.3 mmol/m<sup>2</sup>/s – in the range from 0.23 to 0.29 mg/cm<sup>2</sup>/day.

**Keywords:** strawberry, seedlings, *in vitro*, light culture, substrate, nutrient solution, biometrics, net photosynthesis productivity

Земляника садовая (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) – одна из наиболее востребованных ягодных культур в течение всего года благодаря своим вкусовым и питательным качествам. В зависимости от сорта и места выращивания ягоды содержат: воду – 80...90%; растворимые сухие вещества – 8,7...17,0% (сред-

нее – 12,4), сумму сахаров – 5,8...13,2% (среднее – 8,8); титруемые кислоты – 0,54...1,34% (среднее – 0,96); аскорбиновую кислоту – 44,0...110,4 мг/100 г (среднее – 72,9); антоцианы – 7,3...145,4 мг/100 г (среднее – 56,8); азотистые вещества – 0,9...1,7%; дубильные вещества – 0,16...0,25%; белки – 0,8...1,0%;

масла – 0,6%, фолиевую кислоту (витамин В9) – 0,5...0,6 мг%; фенольные соединения – 3,0...7,62 мг, эфирные масла, пектин; магний – 1218 мг; соединения кальция – 28...42; железа – 0,6...10,9; фосфора – 25...29; меди – 0,01...0,03; калия – 161; натрия – 18 мг. [2, 3, 16]

Валовый сбор ягод в России составил в 2019 году 701,8 тыс. т, 2020 – 695,3. [1] Производство земляники садовой в РФ в 2019 году, по данным ФАО ООН – 208,8 тыс. т, 2020 – 218,4 [9], что в среднем – 30% валового сбора ягод.

Получение качественного и обильного урожая начинается со здорового посадочного материала. Согласно данным Федеральной таможенной службы РФ с 2019 по 2021 годы в страну импортировано 76,33 млн шт. рассады земляники [8], когда за этот же период собственное производство составило 7,97 млн шт. [1] Чтобы быстро восполнить дефицит импортного материала, требуется использование современных агротехнологий.

Важную роль в оздоровлении растительного материала играют биотехнологические методы, например микроклональное размножение. Оно дает возможность получения большего количества однородных здоровых растений за короткое время. [5, 6] Оздоровленные растения земляники садовой увеличивают силу роста и способность к вегетативному размножению.

Для промышленного тиражирования посадочного материала лучше всего подходят технологии полной светокультуры, на вертикальных фермах в замкнутой системе (фабрика растений). Это сооружение предназначено для круглогодичного производства овощей. Регулирование и контроль параметров микроклимата и питания обеспечивают технические системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, гидро- и аэропонные методы питания и светокультура растений. Условия выращивания в замкнутых системах характеризуются минимальным негативным влиянием биотических факторов (микроводоросли, полезная или патогенная микрофлора), стабильностью и оптимальностью абиотических факторов (температурно-влажностный режим, содержание CO<sub>2</sub>, питание макро- и микроэлементами, фотопериод), но по сравнению с условиями открытого или защищенного грунта, мощность освещения ниже и спектр отличается от естественного, что приводит к сортовым реакциям при выращивании. В структуре себестоимости продукции замкнутых систем выращивания от 10 до 50% затрат приходится на электроэнергию, поэтому определение оптимальной мощности освещения актуально. [15]

При выращивании земляники садовой замкнутая система позволяет избежать риска заражения растений без использования сильных химических средств защиты и преодолеть сезонность в получении посадочного материала.

Влияние спектра света на рост и развитие саженцев земляники садовой изучено в других исследованиях. В работе И.А. Бьядовского [10] красный спектр света повышает процент укоренения в 1,15...1,25 раза, количество корней – 1,29...1,77 раза у микрорастений. Отмечена сортовая реакция микрорастений земляники садовой

по укореняемости под влиянием различных спектральных составов света.

В исследовании зарубежных авторов [14] утверждается, что с использованием светодиодных светильников с нейтральным спектром света и мощностью облучения 180 мкмоль/м<sup>2</sup>/с микрорастения формируют наибольшее количество листьев, площадь листа, соотношение сухого веса надземной части и корневой системы, количество вновь образовавшихся побегов. Авторы [13] указывают на то, что содержание сухого вещества в саженцах земляники садовой, выращиваемой гидропонным методом, выше при облучении белым и красным светом, чем синим.

Облучение саженцев синим спектром приводит к большему цветению, чем красным, способствующим раннему цветению. [17, 20]

В исследовании Zheng Jianfeng и др. [21] фотосинтетическая активность, максимальное количество корней (7,7) и наибольшая их длина (14,8 см) у земляники садовой были обнаружены при 90 мкмоль/м<sup>2</sup>/с на стадии укоренения. Более высокая интенсивность света в диапазоне 90...270 мкмоль/м<sup>2</sup>/с увеличивала устьичную проводимость новообразованных листьев, улучшая чистую продуктивность фотосинтеза и рост саженцев на стадии рассады. Диаметр розетки листьев, сухая масса надземной части и корневой системы, а также соотношение корней к побегам у укорененных саженцев увеличилась, когда интенсивность света выросла с 90 до 270 мкмоль/м<sup>2</sup>/с. С учетом качества саженцев и экономического баланса для быстрого получения гидропонных саженцев земляники садовой на основе некорневых побегов на вертикальной ферме была предложена интенсивность света 90 мкмоль/м<sup>2</sup>/с на стадии укоренения и 270 мкмоль/м<sup>2</sup>/с – рассады.

У растений, выращенных в условиях низкой мощности облучения, наблюдается снижение скорости фотосинтеза, проводимости устьиц и накопления сахара, образование черешков и урожайность плодов также резко снижаются пропорционально степени уменьшения мощности облучения, но увеличивается содержание пигментов, количество органических кислот и размер листьев существенно не изменяются. [11] При низкой мощности облучения (70,0 мкмоль/м<sup>2</sup>/с) влияние концентрации питательного раствора на рост саженцев земляники не так заметно, как при высокой (180,0 мкмоль/м<sup>2</sup>/с). [12]

Саженцы земляники садовой лучше растут при 16- и 24-часовых фотопериодах при мощности облучения 175 и 115 мкмоль/м<sup>2</sup>/с соответственно. [18]

По данным И.И. Козловой [4] отмечается, что лучший субстрат для развития корневой системы рассады земляники садовой – распушенный торф с перлитом.

В работе [19] изучали влияние субстратов на физиологические и морфометрические параметры саженцев земляники садовой. Установлено, что самая высокая концентрация азота в кокосовом субстрате, самая большая площадь листьев – в смеси кокосового субстрата с вулканическим туфом.

Вертикальные фермы активно используют для круглогодичного выращивания зеленных культур,

но отсутствует достаточное количество исследований по влиянию мощности облучения, субстрата и режима питания на рост саженцев земляники садовой, что не позволяет эффективно внедрять данную технологию в производство.

Цель работы – определить влияние субстрата, питательного раствора и мощности облучения на морфометрические показатели, чистую продуктивность фотосинтеза и баланс развития саженцев земляники садовой.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2022 году в фитотроне Лаборатории светокультуры и сити-фарминга ФГБОУ ВО СПбГАУ. Объект исследования – сорт земляники садовой *Белый швед*. Микрорастения получены и проходили адаптацию к условиям *ex vitro* в Лаборатории микрклонального размножения ФГБОУ ВО СПбГАУ.

Схема опыта: 1. Мощность облучения, мкмоль/м<sup>2</sup>/с (фактор А) – 126,8 и 172,3; 2. Субстрат (фактор Б) – грунт торфяной (смесь торфа с добавлением очищенного песка, агроперлита, комплексных минеральных удобрений: NH<sub>4</sub> + NO<sub>3</sub> – 150 мг/л, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 270 мг/л, K<sub>2</sub>O – 300 мг/л, рН = 6,0–6,5) (ГТ), минеральная вата (МВ), кокосовый субстрат (КС); 3. Питательный раствор (фактор В) – вода (Ес – 0,1 мСм/см, рН – 7,0), питательный раствор (N – 19%; P – 6%; K – 20%; Mg – 1,5%; Fe, Zn, Cu, B, Mn, Mo < 1%; Ес – 2,1 мСм/см, рН – 5,5) (ПР), питательный раствор Мурасиге-Скуга (Ес – 5,8 мСм/см, рН – 4,8) (1 МС), 0,5 МС (Ес – 2,9 мСм/см, рН – 4,7). Поливали питательным раствором один раз в неделю. В остальное время влажность субстрата поддерживали водой. Повторность – трехкратная, по 18 растений.

В течение вегетации поддерживали температуру воздуха в пределах 22...23°С, относительную влажность – 65...75%, фотопериод – 16 ч. Спектрограмма источника облучения представлена на рисунке 1 (3-я стр. обл.). Вегетационный период – 43 дня.

Биометрические измерения включали: высоту растений, количество листьев, диаметр рожка, количество усов, ассимиляционную площадь листьев, сырую и сухую массы надземной части и корневой системы. Выполняли их согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. [7] На основании проведенных измерений рассчитывали показатели чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) и баланс развития растений. Расчет ЧПФ осуществляли по А.А. Ничипоровичу для общей массы растения. Баланс развития растений определяли как соотношение сухой массы надземной части к сухой массе корневой системы.

Содержания сухого вещества находили гравиметрическим методом при сушке до постоянной массы при 105°С. Средние значения показателей указаны с ошибкой среднего.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В начале исследований в вариантах КС + ПР и КС + 0,5 МС выпадения растений составили 100%, поэтому в дальнейшем их не учитывали.

На рисунке 2 (3-я стр. обл.) изображен график зависимости высоты саженцев земляники садовой от субстрата и питательного раствора. Проанализировав полученные данные, мы пришли к заключению, что органический субстрат (ГТ, КС) не оказывает существенного влияния на высоту саженцев ни при использовании различных питательных растворов, ни при различной мощности облучения. Применение минераловатного субстрата показало существенную разницу между вариантами. Наиболее высокие саженцы получены с питательным раствором Мурасиге-Скуга (МВ + 1 МС, Ес – 5,8 мСм/см, рН – 4,8) при мощности облучения 126,8 мкмоль/м<sup>2</sup>/с – 8,5 ± 0,3 см. В вариантах МВ + ПР и МВ + 0,5 МС высота саженцев была существенно выше, чем в начале этапа, при мощности облучения 126,8 мкмоль/м<sup>2</sup>/с – 7,3 ± 0,3 см и 7,2 ± 0,3 см соответственно.

Высокая мощность облучения (172,3 мкмоль/м<sup>2</sup>/с) в нашем исследовании способствовала увеличению количества листьев, по сравнению с 126,8 мкмоль/м<sup>2</sup>/с, в вариантах МВ + ПР и МВ + 1 МС, количество листьев составило 10,0 ± 0,5 шт. и 10,0 ± 0,5 шт. соответственно. Применение кокосового волокна в качестве субстрата и питательного раствора 1 МС приводило к наибольшему количеству листьев независимо от мощности облучения – 10,5 ± 0,5 шт. в обоих случаях (рис. 3, 3-я стр. обл.).

Активное развитие ассимиляционной площади листьев к концу этапа во всех вариантах наблюдали при 172,3 мкмоль/м<sup>2</sup>/с – от 106,5 ± 9,0 до 174,5 ± 9,0 см<sup>2</sup>. При мощности облучения 126,8 мкмоль/м<sup>2</sup>/с ассимиляционная площадь листового аппарата саженцев в вариантах ГТ и МВ составила – 65,9 ± 9,0...101,3 ± 9,0 см<sup>2</sup>, за исключением варианта КС + 1 МС, где ассимиляционная площадь – 223,6 ± 9,0 см<sup>2</sup> (рис. 4, 3-я стр. обл.).

С увеличением мощности облучения количество усов в варианте ГТ + вода выросло с 1 до 4 шт., с минераловатным субстратом общее количество усов было на одном уровне (10,8 и 9,3 шт.), а с КС + 1 МС сократилось с 4,5 до 2,0 шт. К концу этапа диаметр рожка саженцев земляники садовой составил 0,8 см в вариантах МВ + 0,5 МС, МВ + 1 МС, КС + 1 МС при мощности облучения 126,8 мкмоль/м<sup>2</sup>/с и соответствовал второму товарному сорту рассады земляники садовой с закрытой корневой системой согласно ГОСТ Р 53135-2008 «Посадочный материал плодовых, ягодных, субтропических, орехоплодных, цитрусовых культур и чая. Технические условия». Чистая продуктивность фотосинтеза на органическом субстрате с питательным раствором (КС + 1 МС) в 1,5...2,5 раза выше, чем при использовании заправленного удобрениями субстрата (ГТ + вода). Чистая продуктивность фотосинтеза листового аппарата саженцев, выращенных на минераловатном субстрате при мощности облучения 126,8 мкмоль/м<sup>2</sup>/с, была в интервале от 0,27 до 0,33 мг/см<sup>2</sup>/сут., а при 172,3 мкмоль/м<sup>2</sup>/с – 0,23...0,29 мг/см<sup>2</sup>/сут. (табл. 1).

В таблице 2 представлены данные для расчета баланса развития саженцев земляники садовой. Данный показатель позволяет определить смещение развития от листовой массы к корневой системе или обратно в зависимости от условий выращивания. Хо-



**Таблица 1.**  
**Количество усов, диаметр рожка и ЧПФ саженцев земляники садовой в зависимости от мощности облучения, субстрата и питательного раствора, 2022 год**

Вариант	Количество усов, шт.	Диаметр рожка, см	ЧПФ, мг/см <sup>2</sup> /сут.
Мощность облучения 126,8 мкмоль/м <sup>2</sup> /с			
ГТ+вода	1,00	0,40	0,20
МВ+ПР	5,00	0,60	0,33
МВ+1 МС	3,00	0,80	0,30
МВ+0,5 МС	2,80	0,80	0,27
КС+1 МС	4,50	0,80	0,50
Мощность облучения 172,3 мкмоль/м <sup>2</sup> /с			
ГТ+вода	4,00	0,30	0,24
МВ+ПР	4,00	0,70	0,23
МВ+1 МС	2,80	0,70	0,29
МВ+0,5 МС	2,50	0,50	0,24
КС+1 МС	2,00	0,70	0,36

**Таблица 2.**  
**Сырая и сухая массы надземной части и корневой системы, содержание сухих веществ и баланс развития саженцев земляники садовой в зависимости от мощности облучения, субстрата и питательного раствора, 2022 год**

Вариант	Сырая масса, г		Содержание сухих веществ в, %		Сухая масса, г		Баланс развития
	надземной части	корневой системы	надземной части	корневой системы	надземной части	корневой системы	
Начало этапа							
ГТ+вода	0,73	0,13	13,70	7,69	0,10	0,01	9,65
МВ+ПР	0,95	0,15	14,74	13,33	0,14	0,02	5,86
МВ+1 МС	1,00	0,30	16,00	13,33	0,16	0,04	4,00
МВ+0,5 МС	1,50	0,28	16,67	14,29	0,25	0,04	5,69
КС+1 МС	1,00	0,20	16,00	15,00	0,16	0,03	5,33
Мощность облучения 126,8 мкмоль/м <sup>2</sup> /с, конец этапа							
ГТ+вода	1,88	0,37	29,79	16,22	0,56	0,06	10,08
МВ+ПР	3,12	1,60	25,00	15,63	0,78	0,25	3,18
МВ+1 МС	3,20	1,90	25,00	13,68	0,80	0,26	3,08
МВ+0,5 МС	3,80	1,82	29,21	15,38	1,11	0,28	4,02
КС+1 МС	6,22	8,19	29,42	15,14	1,83	1,24	1,47
Мощность облучения 172,3 мкмоль/м <sup>2</sup> /с, конец этапа							
ГТ+вода	2,54	0,64	29,92	15,63	0,76	0,10	7,82
МВ+ПР	3,40	1,10	30,00	14,55	1,02	0,16	6,32
МВ+1 МС	4,10	2,20	29,27	15,00	1,20	0,33	3,64
МВ+0,5 МС	4,07	2,33	29,98	15,02	1,22	0,35	3,46
КС+1 МС	4,83	3,18	29,40	15,09	1,42	0,48	2,95

рошо развитая корневая система обеспечивает лучшую приживаемость саженцев и развитие, поэтому мы постарались определить влияние мощности облучения, субстрата и питательного раствора на баланс развития. Полученные результаты указывают на то, что использование питательного раствора смещает баланс развития в сторону корневой системы. На начальном этапе в варианте ГТ + вода показатель баланса развития составляет 9,65, а с любым питательным раствором он сокращается в 1,6...2,4 раза. Данная тенденция сохранялась на протяжении всего этапа. Сильное влияние на баланс развития оказала

мощность облучения 126,8 мкмоль/м<sup>2</sup>/с. Она сместила баланс в сторону развития корневой системы как на органическом субстрате, так и минераловатном с питательными растворами. На начальном этапе в вариантах МВ и КС баланс развития составлял от 4,00 до 5,86, а к концу при мощности облучения 126,8 мкмоль/м<sup>2</sup>/с сместился в диапазон – 1,47...4,02, 172,3 мкмоль/м<sup>2</sup>/с – 2,95...6,32.

**Выводы.** Наиболее высокие саженцы получены в вариантах с использованием минераловатного субстрата и питательных растворов при мощности облучения 126,8 мкмоль/м<sup>2</sup>/с: МВ+ПР – 7,3 ± 0,3 см, МВ + 0,5 МС – 7,2 ± 0,3 см, МВ + 1 МС – 8,5 ± 0,3 см.

Мощность облучения 172,3 мкмоль/м<sup>2</sup>/с способствовала наибольшему количеству листьев в вариантах МВ + ПР и МВ + 1 МС по 10,0 ± 0,5 шт. в обоих случаях.

Активное развитие ассимиляционной площади листьев наблюдали при 172,3 мкмоль/м<sup>2</sup>/с – 106,5 ± 9,0... 174,5 ± 9,0 см<sup>2</sup>.

Диаметр рожка саженцев земляники садовой – 0,8 см в вариантах МВ + 0,5 МС, МВ + 1 МС, КС + 1 МС при 126,8 мкмоль/м<sup>2</sup>/с.

Чистая продуктивность фотосинтеза на органическом субстрате с питательным раствором (КС + 1 МС) в 1,5...2,5 раза выше, чем при использовании заправленного удобрениями органического субстрата (ГТ + вода). Чистая продуктивность фотосинтеза листового аппарата саженцев, выращенных на минераловатном субстрате при 126,8 мкмоль/м<sup>2</sup>/с, была от 0,27 до 0,33 мг/см<sup>2</sup>/сут., а при 172,3 мкмоль/м<sup>2</sup>/с – 0,23...0,29 мг/см<sup>2</sup>/сут.

Использование питательного раствора приводит к лучшему развитию корневой системы как и мощность облучения 126,8 мкмоль/м<sup>2</sup>/с.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии) // Федеральная служба государственной статистики: [сайт]. 2022. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 15.11.2022).
2. Говорова Г.Ф. Земляника: прошлое, настоящее, будущее (Таксономия, эволюция, биология, агротехника, болезни, генетика, селекция, биотехнология, сорта). М.: ФБГНУ Росинформагротех, 2004. 348 с.
3. Жбанова Е.В., Лукьянчук И.В. Вариативность химического состава плодов отборных гибридных форм земляники // Плодоводство и ягодоводство России. 2021. 64. С. 46–53. DOI: 10.31676/2073-4948-2021-64-46-53
4. Козлова И.И. Влияние субстрата и фиторегуляторов на развитие корневой системы рассады земляники садовой в малообъемных плагах // Плодоводство и ягодоводство России. 2021. 65. С. 54–59. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2021-65-54-59>
5. Куликов И.М. Инновационные технологии возделывания земляники садовой. М.: ФБГНУ Росинформагротех, 2010. 88 с.
6. Мацнева, О.В., Ташматова Л.В. Клональное микро-размножение земляники – перспективный метод современного питомниководства (обзор) // Современное садоводство. 2019. № 4. С. 113–119. DOI: 10.24411/2312-6701-2019-10411.

7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 5: Плодовые, ягодные, субтропические, цитрусовые, орехоплодные культуры, виноград и чай / Подгот. агр. Ю.А. Роговской, А.С. Киселева, А.Д. Крестников [и др.]. М.: Изд-во М-ва сел. хоз-ва СССР, 1970. 160 с.
8. Таможенная статистика внешней торговли РФ // Федеральная таможенная служба: [сайт]. 2022. URL: <http://stat.customs.ru/analysis> (дата обращения: 15.11.2022).
9. ФАОСТАТ // Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций: [сайт]. 2022. URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL> (дата обращения: 15.11.2022).
10. Byadovsky I. The effect of led light sources with varied spectral composition on the in vitro rooting ability of garden strawberry (*Fragaria × ananassa*) // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019. 180. P. 33–37. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-33-37.
11. Choi, Hyo Gil. Correlation among phenotypic parameters related to the growth and photosynthesis of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) grown under various light intensity conditions // Frontiers in Plant Science. 2021. 12. 647585. 10.3389/fpls.2021.647585.
12. Hayashi Makio, Shirasaka M., Sato K., Yamamoto T. Effects of light intensity and concentration of culture solution on the growth of strawberry plantlets rooted by the direct ex-vitro rooting method // Shokubutsu Kojo Gakkaishi. 1997. 9. P. 60–66. 10.2525/jshita.9.60.
13. Hikosaka Sh., Sasaki K., Goto E., Aoki T. Effects of in vitro culture methods during the rooting stage and light quality during the seedling stage on the growth of hydroponic everbearing strawberry // Acta Horticulturae. 2009. 842. P. 1011–1014. 10.17660/ActaHortic.2009.842.225.
14. Hyein L., Seon P., Duy Ph. et al. Effect of the light spectrum of white LEDs on the productivity of strawberry transplants in a plant factory with artificial lighting // Horticulture, Environment, and Biotechnology. 2020. 61. P. 1–9. 10.1007/s13580-020-00284-0.
15. Kondratev V.M., Osipova G.S., Kiselyov M.V., Gudiev O. Yu. Influence of led lighting power on indau (*Eruca Sativa* (Mill.)) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture. 2021. 723. C. 032078. DOI: 10.1088/1755-1315/723/3/032078
16. Lema-Rumińska J., Kulus D., Tymoszek A. et al. Physiological, biochemical, and biometrical response of cultivated strawberry and wild strawberry in greenhouse gutter cultivation in the autumn-winter season in poland-preliminary study // Agronomy. 2021. 11. P. 1633. 10.3390/agronomy11081633.
17. Nishiyama M., Kanahama K. Effect of light quality on growth of everbearing strawberry plants // Acta Horticulturae. 2009. 842. P. 151–154. 10.17660/ActaHortic.2009.842.17.
18. Tsuruyama J., Shibuya T. Growth and flowering responses of seed-propagated strawberry seedlings to different photoperiods in controlled environment chambers // Hort. Technology. 2018. 28. P. 453–458. 10.21273/HORTTECH04061-18.
19. Unal N., Pekmezci M. Various plant development parameters for strawberries grown in soilless culture // Journal of Food, Agriculture and Environment. 2014. 12. P. 692–696.
20. Yoshida H., Mizuta D., Fukuda N., Hikosaka S., Goto E. Effects of varying light quality from single-peak blue and red light-emitting diodes during nursery period on flowering, photosynthesis, growth, and fruit yield of everbearing strawberry // Plant Biotechnol. (Tokyo). 2016. 33(4). P. 267–276. DOI: 10.5511/plantbiotechnology.16.0216a.
21. Zheng Jianfeng, Ji Fang, He Dongxia, Niu Genhua. Effect of light intensity on rooting and growth of hydroponic strawberry runner plants in a led plant factory // Agronomy. 2019. 9. 10.3390/agronomy9120875.

## REFERENCES

1. Byulleteni o sostoyanii sel'skogo hozyajstva (elektronnye versii) // Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki: [sajt]. 2022. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (data obrashcheniya: 15.11.2022).
2. Govorova G.F. Zemlyanika: proshloe, nastoyashchee, budushchee (Taksonomiya, evolyuciya, biologiya, agrotekhnika, bolezni, genetika, selekciya, biotekhnologiya, sorta). M.: FBGNU Rosinformagrotekh, 2004. 348 s.
3. Zhananova E.V., Luk'yanchuk I.V. Variabel'nost' himicheskogo sostava plodov otbornyh gibridnyh form zemlyaniki // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2021. 64. S. 46–53. DOI: 10.31676/2073-4948-2021-64-46-53
4. Kozlova I.I. Vliyaniye substrata i fitoregulyatorov na razvitiye kornevoj sistemy rassady zemlyaniki sadovoj v maloob'emnyh plagah // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2021. 65. S. 54–59. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2021-65-54-59>
5. Kulikov I.M. Innovacionnye tekhnologii vzdelyvaniya zemlyaniki sadovoj. M.: FBGNU Rosinformagrotekh, 2010. 88 s.
6. Macneva, O.V., Tashmatova L.V. Klonal'noe mikrorazmnozhenie zemlyaniki – perspektivnyj metod sovremennogo pitomnikovodstva (obzor) // Sovremennoe sadovodstvo. 2019. № 4. S. 113–119. DOI: 10.24411/2312-6701-2019-10411.
7. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Vyp. 5: Plodovye, yagodnye, subtropicheskie, citrusovye, orekhoplodnye kul'tury, vinograd i chaj / Podgot. agr. Yu.A. Rogovskoj, A.S. Kiseleva, A.D. Krestnikov [i dr.]. M.: Izd-vo M-va sel.hoz-va SSSR, 1970. 160 s.
8. Tamozhennaya statistika vneshnej torgovli RF // Federal'naya tamozhennaya sluzhba: [sajt]. 2022. URL: <http://stat.customs.ru/analysis> (data obrashcheniya: 15.11.2022).
9. ФАОСТАТ // Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций: [сайт]. 2022. URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL> (дата обращения: 15.11.2022).
10. Byadovsky I. The effect of led light sources with varied spectral composition on the in vitro rooting ability of garden strawberry (*Fragaria × ananassa*) // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019. 180. R. 33–37. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-33-37.
11. Choi, Hyo Gil. Sorrelation among phenotypic parameters related to the growth and photosynthesis of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) grown under various light intensity conditions // Frontiers in Plant Science. 2021. 12. 647585. 10.3389/fpls.2021.647585.
12. Hayashi Makio, Shirasaka M., Sato K., Yamamoto T. Effects of light intensity and concentration of culture solution on the growth of strawberry plantlets rooted by the direct ex-vitro rooting method // Shokubutsu Kojo Gakkaishi. 1997. 9. R. 60–66. 10.2525/jshita.9.60.
13. Hikosaka Sh., Sasaki K., Goto E., Aoki T. Effects of in vitro culture methods during the rooting stage and light qual-

- ity during the seedling stage on the growth of hydroponic everbearing strawberry // *Acta Horticulturae*. 2009. 842. R. 1011–1014. 10.17660/ActaHortic.2009.842.225.
14. Hyein L., Seon P., Duy Ph. et al. Effect of the light spectrum of white LEDs on the productivity of strawberry transplants in a plant factory with artificial lighting // *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 2020. 61. R. 1–9. 10.1007/s13580-020-00284-0.
  15. Kondratev V.M., Osipova G.S., Kiselyov M.V., Gudiev O. Yu. Influence of led lighting power on indau (*Eruca Sativa* (Mill.)) // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture*. 2021. 723. S. 032078. DOI: 10.1088/1755-1315/723/3/032078
  16. Lema-Rumińska J., Kulus D., Tymoszek A. et al. Physiological, biochemical, and biometrical response of cultivated strawberry and wild strawberry in greenhouse gutter cultivation in the autumn-winter season in poland—preliminary study // *Agronomy*. 2021. 11. R. 1633. 10.3390/agronomy11081633.
  17. Nishiyama M., Kanahama K. Effect of light quality on growth of everbearing strawberry plants // *Acta Horticulturae*. 2009. 842. R. 151–154. 10.17660/ActaHortic.2009.842.17.
  18. Tsuruyama J., Shibuya T. Growth and flowering responses of seed-propagated strawberry seedlings to different photoperiods in controlled environment chambers // *Hort. Technology*. 2018. 28. R. 453–458. 10.21273/HORTTECH04061-18.
  19. Unal N., Pekmezci M. Various plant development parameters for strawberries grown in soilless culture // *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 2014. 12. R. 692–696.
  20. Yoshida H., Mizuta D., Fukuda N., Hikosaka S., Goto E. Effects of varying light quality from single-peak blue and red light-emitting diodes during nursery period on flowering, photosynthesis, growth, and fruit yield of everbearing strawberry // *Plant Biotechnol. (Tokyo)*. 2016. 33(4). R. 267–276. DOI: 10.5511/plantbiotechnology.16.0216a.
  21. Zheng Jianfeng, Ji Fang, He Dongxia, Niu Genhua. Effect of light intensity on rooting and growth of hydroponic strawberry runner plants in a led plant factory // *Agronomy*. 2019. 9. 10.3390/agronomy9120875.

*Поступила в редакцию 07.12.2022*

*Принята к публикации 21.12.2022*

**БИОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЛОДОВ РЕМОНТАНТНОЙ МАЛИНЫ,  
ВЫРАЩЕННОЙ В ОТКРЫТОМ И ЗАКРЫТОМ ГРУНТЕ****Максим Анатольевич Раченко<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук****Елена Николаевна Киселева<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук****Ольга Федоровна Жилкина<sup>2</sup>****Татьяна Николаевна Малова<sup>2</sup>, кандидат химических наук****Мария Вячеславовна Атанова<sup>2</sup>****Анна Максимовна Раченко<sup>3</sup>**<sup>1</sup>СИФИБР СО РАН, г. Иркутск, Россия<sup>2</sup>ФГБУ «Иркутская МВЛ», г. Иркутск, Россия<sup>3</sup>Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,

п. Молодежный, Иркутская область, Россия

E-mail: bigmks73@rambler.ru

**Аннотация.** Технологии для продленного получения свежей ягодной продукции имеют большое значение для сельского хозяйства территорий экстремального земледелия, к которым относится Прибайкалье. Появление отечественных производителей свежих ягод вымещает с рынка импортную продукцию. Исследование, направленное на разработку технологии получения ранней и поздней свежей ягодной продукции ремонтантной малины в Прибайкалье с высокими питательными качествами, проводили в отделе Прикладных и экспериментальных разработок СИФИБР СО РАН (г. Иркутск). Объект изучения – плоды сортов и форм ремонтантной малины отечественной селекции: Рубиновое ожерелье, Оранжевое чудо, Геракл, Жар птица, 32-151-1, 37-15-4. Исследовано изменение накопления сахаров, витаминов и органических кислот в зависимости от условий произрастания. Плоды собирали в благоприятную погоду, в фазе потребительской спелости на всех объектах одновременно. В лаборатории токсикологии и биохимии ФГБУ «Иркутская МВЛ» выявили, что лимонной кислоты содержится больше в плодах растений, произрастающих в открытом грунте, яблочной – в теплице с поликарбонатным покрытием, а сахаров меньше в плодах, выращенных в пленочной теплице, витамина С – в пленочной и поликарбонатной теплицах.

**Ключевые слова:** сорт, форма, ремонтантная малина, плоды, пленка, поликарбонат, открытый грунт, органические кислоты, фруктоза, глюкоза, сахара, витамины

**BIOCHEMICAL ASSESSMENT OF REMONTANT RASPBERRY FRUITS GROWN  
IN INDOOR AND OUTDOOR CULTIVATED****M.A. Rachenko<sup>1</sup>, Grand PhD in Agricultural Sciences****E.N. Kiseleva<sup>1</sup>, PhD in Agricultural Sciences****O.F. Zhilkina<sup>2</sup>****T.N. Malova<sup>2</sup>, PhD in Chemical Sciences****M.V. Atanova<sup>2</sup>****A.M. Rachenko<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Federal State Budgetary Institution of Science Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry,  
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia<sup>2</sup>Federal State Budgetary Institution "Interregional Veterinary Laboratory", Irkutsk, Russia<sup>3</sup>Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky,  
Molodyozhny village, Irkutsk district, Russia

E-mail: bigmks73@rambler.ru

**Abstract.** Technologies for the extended production of fresh berry products are of great importance for agriculture in the territories of extreme farming, which include the Baikal region. The emergence of domestic producers of fresh berries is actively pushing imported products out of the market. This study is aimed at developing a technology for obtaining early and late fresh berry products of remontant raspberries in the Baikal region with high nutritional qualities. The article introduces the researches carried out in the Department of Applied and Experimental Developments of the SIPPB SB RAS (Irkutsk). The objects of study are the fruits of varieties and forms of remontant raspberries of Russian selection: Rubinovie Ozherel'ye, Orangevoe Chudo, Heracle, Zhar Ptitsa, 32-151-1, 37-15-4. In this work, the change in the accumulation of sugars, vitamins and organic acids depending on the growing conditions was studied. The fruits were harvested in favorable weather, in the phase of consumer ripeness at all sites simultaneously. The studies were carried out in the laboratory of toxicology and biochemistry at the Federal State Budgetary Institution "Irkutsk MVL". As a result of the study, it was found that citric acid in the fruits of remontant raspberry accumulates more in plants growing in open ground, and malic acid - in a greenhouse with a polycarbonate coating. In fruits grown in a film greenhouse, sugars accumulate less than in a polycarbonate greenhouse and open ground. The accumulation of vitamin C in fruits ripened in film and polycarbonate greenhouses is less than in open ground.

**Keywords:** variety, form, remontant raspberry, fruits, film, polycarbonate, open ground, organic acids, fructose, glucose, sugars, vitamins

Плоды малины ремонтантной относятся к продукции с низким показателем лежкости или скоропортящейся. [1] Для решения данной проблемы приходится подбирать сорта, плоды которых с более длительным периодом хранения или использовать новые технологии возделывания, которые продлевают плодоношение. Исследования показывают, что в защищенном грунте растения малины ремонтантной увеличивают урожайность из-за более длительного продуктивного цикла. [14] Технология выращивания малины ремонтантной в теплицах апробирована в условиях Южного Прибайкалья. [6] Помимо возможности получения раннего и позднего урожая интерес могут представлять цены на полученную свежую ягоду до начала или в конце сезона. [15] При подборе сортов и условий выращивания важно, чтобы они соответствовали требованиям к питанию. Известно, что количественное соотношение питательных веществ в плодах – генотипический признак [4], от этого зависят вкусовые и технологические качества ягод малины. [3] Также на качество плодов и их вкус влияют почвенно-климатические условия выращивания растений, агротехника, степень зрелости. [1,3]

Цель работы – провести сравнительный анализ биохимических показателей плодов малины ремонтантной, выращенной в открытом и закрытом грунте.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения – плоды сортов и форм ремонтантной малины (*Рубиновое ожерелье*, *Оранжевое чудо*, *Геркл*, *Жар птица*, 32-151-1, 37-15-4), произрастающие на коллекционном участке СИФИБР СО РАН (г. Иркутск). Площадь коллекционного участка – 0,2 га, площадь исследуемого в теплице с покрытием из поликарбоната (6 мм) – 10 м<sup>2</sup>, из полиэтиленовой пленки (200 мкм) – 16 м<sup>2</sup>. Растения высаживали весной (вторая половина мая) по четыре-пять штук каждого сорта.

Все растения получали подкормки и профилактическую обработку от вредителей и возбудителей инфекции в одни и те же сроки. В начале вегетации использовали корневые подкормки комплексным удобрением диаммофоска (80 г/м<sup>2</sup>), летом – внекорневые мелкодисперсным опрыскиванием с расходом 1 л рабочего раствора на 10 м<sup>2</sup> раз в две недели, в период плодоношения – еженедельно. В фазе бутонизации–начала цветения применяли профилактические обработки биологическими препаратами Алирин Б, Гамаир (10 таблеток на 10 л воды) от возбудителя *Botrytis cinerea* в трехкратной повторности с помощью аккумуляторного опрыскивателя ЭО-12Л. Биологический препарат Битоксибациллин (1%-й р-р) использовали от паутинного клеща (при первых признаках повреждения вредителем), повторность – двух-трехкратная. Основной вид полива – под корень, в жаркие дни – дождевание. Осенью побеги срезали, в поликарбонатной теплице для укрытия растений применяли опилки и укрывной материал, в открытом грунте и пленочной теплице – снежный покров. Исследования проводили с 2020 по 2022 год согласно Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. [12]

Для биохимического изучения отбирали плоды технической степени зрелости, без механических повреждений и признаков повреждения вредителями, возбудителями инфекций. Съем плодов – во второй половине солнечного дня, со всех объектов одновременно, среднюю пробу формировали из пяти выемок. Плоды взвешивали, раскладывали в одноразовые емкости из пластика (250 мл), предварительно охлаждали при температуре 4...6°С в течение двух-четырёх часов. [2] Для биохимического исследования плоды замораживали и хранили в морозильной камере МКТ фирмы Binder при температуре минус 35°С. Установлено, что лучший вид сохранения биологически активных веществ, – заморозка. После шести месяцев хранения при температуре минус 18°С в них сохранилось от 75,9 до 100% витамина С исходного уровня содержания в свежих плодах. [11] После заморозки и при хранении плодов малины незначительно снижается количество катехинов (2,5...10,0%) и антоцианов (4...10%). [1, 9, 13] Анализировали образцы одинакового срока хранения (не более месяца). Исследования проводили в лаборатории токсикологии и биохимии в ФГБУ «Иркутская МВЛ» по принятым стандартам (ГОСТ Р 56373-2015, ГОСТ 32167-2013, ГОСТ 34151-2017, ГОСТ Р 54635-2011, ГОСТ 25999-83, ГОСТ Р 50479-93, ГОСТ Р 54634-2011). Определяли сахара на жидкостном хроматографе SHIMADZU, тип Prominence, оснащённом рефрактометрическим детектором RID-20A; витамины – жидкостным хроматографе «Agilent G 1322» с флуориметрическим и диодно-матричным детекторами. Для приготовления растворов и элюентов использовали деионизированную воду, полученную на установке AquaMAXUltra и ацетонитрил 0-го сорта. Растворы для анализа готовили и хранили без доступа света при 4,0°С в стеклянной посуде с притертыми пробками. Рабочие растворы готовили разбавлением исходного раствора водой перед анализом. Массовую долю органических кислот определяли методом капиллярного электрофореза. Сущность метода – извлечение из проб органических кислот дистиллированной водой, дальнейшем разделении их анионных форм, вследствие различной их электрофоретической подвижности в процессе миграции по кварцевому капилляру в электролите под действием электрического поля, с последующей регистрацией разницы оптического поглощения электролитом и анионных форм определяемых компонентов в ультрафиолетовой области спектра. Все исследования проводили в трехкратной биологической и аналитической повторности. Результаты статистически обрабатывали по стандартной методике с помощью программы Microsoft Office Excel. [12]

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Важный питательный компонент плодов – органические кислоты, которые участвуют в формировании вкуса и аромата плодов (более 90% из них представлены яблочной и лимонной кислотами). [8, 10] В результате биохимического анализа в плодах малины ремонтантной выявлено содержание кислот: щавелевая – менее 0,03%, фумаровая – менее

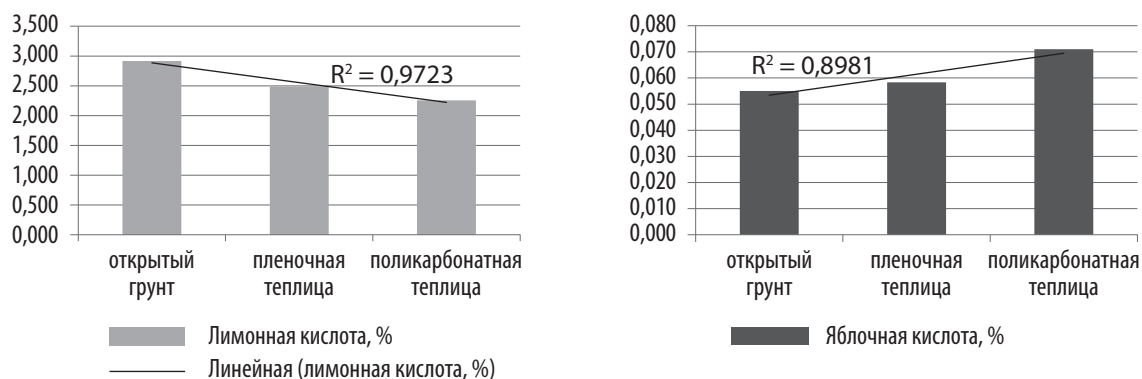


Рис. 1. Изменение содержания яблочной и лимонной кислот в плодах малины ремонтантной от условий выращивания, %, линия тренда.

Содержание яблочной и лимонной кислот в плодах малины ремонтантной, %

Таблица 1.

Сорт, форма	Открытый грунт		Пленочная теплица		Поликарбонатная теплица	
	яблочная кислота	лимонная кислота	яблочная кислота	лимонная кислота	яблочная кислота	лимонная кислота
<i>Оранжевое чудо</i>	0,049	3,637	0,050	2,255	–	–
<i>Рубиновое ожерелье</i>	0,050	2,499	0,100	2,422	0,050	2,077
<i>Геракл</i>	0,050	3,514	0,050	2,685	0,087	1,853
<i>Жар птица</i>	0,050	3,126	0,050	3,168	0,076	2,834
37-15-4	0,050	2,031	0,050	2,442	—	–
32-151-1	0,081	2,699	0,050	1,964	–	–
Среднее содержание, %	0,055±0,01	2,918±0,62	0,058±0,02	2,489±0,41	0,071±0,02	2,255±0,51
НСР 05	0,304	0,722	0,226	0,645	0,402	0,568

0,005%, янтарная – менее 0,05, пропионовая – менее 0,1, молочная – менее 0,12, бензойная – менее 0,005, сорбиновая – менее 0,025%, лимонная – 1,9...3,6% (87% общего количества кислот) и яблочная – 0,05...0,09% (2,5%), сумма остальных составила менее 2%. Похожие результаты были получены Т.Г. Причко. [10] На рисунке 1 видно, что накопление кислот, в зависимости от условий произрастания, нетождественно. Лимонной кислоты больше накапливается в плодах, растения которых произрастали в открытом грунте, яблочной – в теплице с поликарбонатным покрытием.

В среднем в пленочной теплице на 5,5%, а поликарбонатной на 29,1% яблочной кислоты в плодах накапливается больше, чем в открытом грунте. И наоборот, снижение среднего содержания лимонной кислоты в плодах, созревших в пленочной теплице, составило 14,7%, в поликарбонатной теплице – 22,7%.

Анализ по сортам показал, что наибольшее содержание яблочной кислоты выявлено в плодах форм и сортов открытого грунта: 32-151-1 (0,081%, на 38,3% выше, чем в пленочной теплице); в пленочной теплице: *Рубиновое ожерелье* (0,1%, на 100% выше, чем в открытом грунте и поликарбонатной теплице); в поликарбонатной теплице: *Геракл* (0,087%, на 74% выше, чем в открытом грунте и пленочной теплице), *Жар птица* (0,076%, на 52% выше, чем в других образцах) (табл. 1). Лимонной кислоты больше накапливается в сортах *Оранжевое чудо* и *Геракл* (3,637 и 3,514% соответственно) в условиях открытого грунта, в плодах сорта *Жар птица* – 3,168% в пленочной теплице – на 1,3% выше, чем в откры-

том грунте, в поликарбонатной теплице (2,834%) на 9,3% выше, чем в открытом грунте (табл. 1).

Пищевая и диетическая привлекательность плодов малины ремонтантной заключается в том, что в их составе преобладают моносахариды (глюкоза и фруктоза), в меньшем количестве дисахарид (сахароза). [7, 10]

В зависимости от условий созревания плодов, содержание сахаров резко не меняется (рис. 2). В плодах, выращенных в пленочной теплице, сахаров накапливается меньше на 1,48%, в поликарбонатной – на 0,12%, чем в открытом грунте (рис. 2).

Среднее количество фруктозы в плодах, в пленочной теплице выше на 0,64%, чем в открытом грунте, в поликарбонатной – ниже на 1,32%. По сравнению с открытым грунтом, в пленочной теплице, в плодах снижен показатель содержания глюкозы на 3,23%, в поликарбонатной – выше на 5,28%. В теплицах с пленочным и поликарбонатным покрытием, по сравнению с открытым грунтом, содержание сахарозы в плодах выше на 8,23 и 4,83% соответственно.

Наибольшее содержание фруктозы и глюкозы, а также общих сахаров отмечено у сорта *Рубиновое ожерелье* (табл. 2), сахарозы – у формы 37-15-4.

Малина – источник витаминов А, В1, В2, Е, РР. [5] По результатам биохимического исследования, в плодах малины ремонтантной выделены витамины: А – около 0,02 ± 0,004 мг/100 г, В1 и В2 – менее 0,01 ± 0,002, С – 5,78 ± 0,40...11,14 ± 0,79, Е – 0,07 ± 0,01...0,33 ± 0,07, РР – 0,09 ± 0,04...0,36 ± 0,06 мг/100 г.

Накопление витамина С в плодах, созревших в пленочной (7,77 мг/100 г) и поликарбонатной

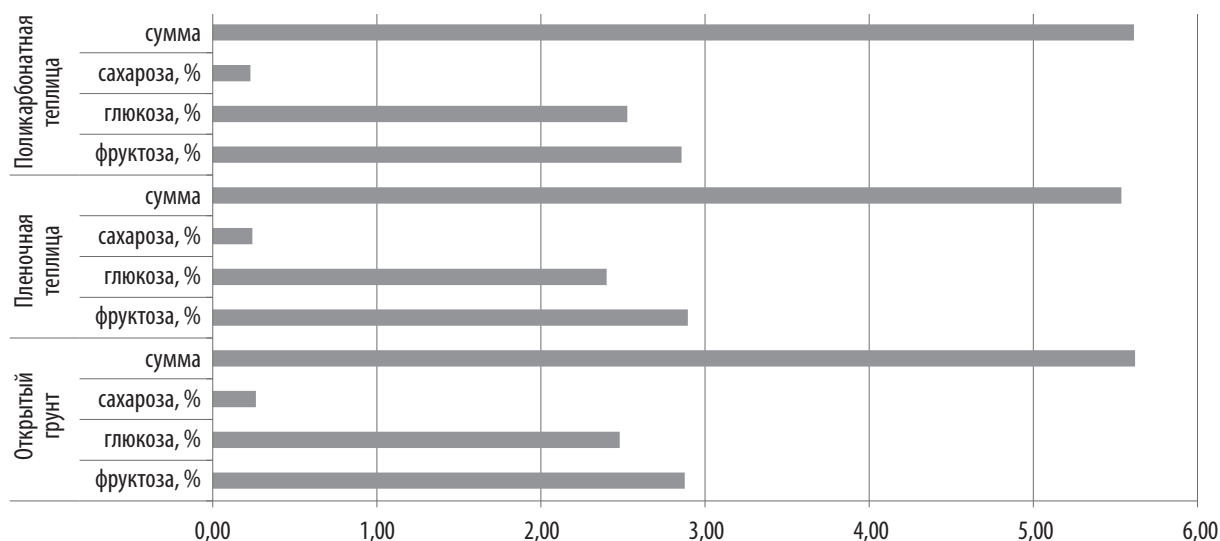


Рис. 2. Изменение содержания сахаров в плодах малины ремонтантной от условий выращивания, %.

Таблица 2.

Содержание сахаров в плодах малины ремонтантной, %

Сорт, форма	Открытый грунт			Пленочная теплица			Поликарбонатная теплица		
	фруктоза	глюкоза	сахароза	фруктоза	глюкоза	сахароза	фруктоза	глюкоза	сахароза
<i>Оранжевое чудо</i>	2,41±0,43	2,18±0,39	0,21±0,04	2,56±0,46	2,24±0,40	0,18±0,04	–	–	–
<i>Рубиновое ожерелье</i>	4,27±0,77	3,97±0,71	0,19±0,04	4,38±0,79	3,58±0,64	0,19±0,04	4,18±0,75	3,84±0,69	0,16±0,03
<i>Геркул</i>	2,18±0,39	1,77±0,32	0,30±0,06	2,26±0,37	1,85±0,28	0,25±0,06	2,05±0,41	1,56±0,33	0,29±0,05
<i>Жар птица</i>	2,36±0,42	2,26±0,41	0,22±0,04	2,35±0,42	2,2±0,39	0,23±0,05	2,34±0,041	2,18±0,038	0,24±0,04
<i>37-15-4</i>	3,53±0,063	2,50±0,045	0,36±0,07	3,46±0,62	2,37±0,41	0,34±0,07	–	–	–
<i>32-151-1</i>	2,51±0,45	2,20±0,40	0,30±0,06	2,36±0,42	2,16±0,39	0,26±0,06	–	–	–
Среднее	2,88±0,91	2,48±0,84	0,26±0,07	2,90±0,85	2,40±0,60	0,24±0,06	2,86±1,16	2,53±1,18	0,23±0,07
НСР 05	0,130	0,181	0,060	0,126	0,164	0,048	0,149	0,987	0,059

(6,94 мг/100 г) теплицах меньше, чем в открытом грунте (8,31 мг/100 г) на 6,5 и 16,5% соответственно (рис. 3).

Витамин РР больше в плодах, созревших в открытом грунте (0,26 мг/100 г), на 3,85%, по сравнению с пленочной теплицей и 11,54% – с поликарбонатной. Витамин Е содержится больше на 14,29% в плодах, собранных в пленочной теплице и на 4,76% – в поликарбонатной, по сравнению с плодами, созревшими в открытом грунте (0,21 мг/100 г).

По накоплению витамина С в плодах лидеры: сорт *Рубиновое ожерелье* (11,14; 9,18; и 9,18 мг/100 г) и форма *37-15-4* (11,2 г и 10,33 мг/100г) (табл. 3).

Витамин Е больше содержится в *Жар птице* и *Рубиновом ожерелье*, РР – в плодах сорта *Жар птица* (0,3; 0,32; 0,31 мг/100г) и формы *37-15-4*.

**Выводы.** Лимонной кислоты накапливается больше в плодах растений малины ремонтантной, произрастающих в открытом грунте, а яблочной – в теплице с поликарбонатным покрытием.

В плодах, выращенных в пленочной теплице, сахаров накапливается меньше на 1,48%, в поликарбонатной – 0,12%, чем в открытом грунте. Среднее содержание фруктозы в плодах в пленочной теплице выше, чем в открытом грунте, в поликарбонатной – ниже. По сравнению с открытым

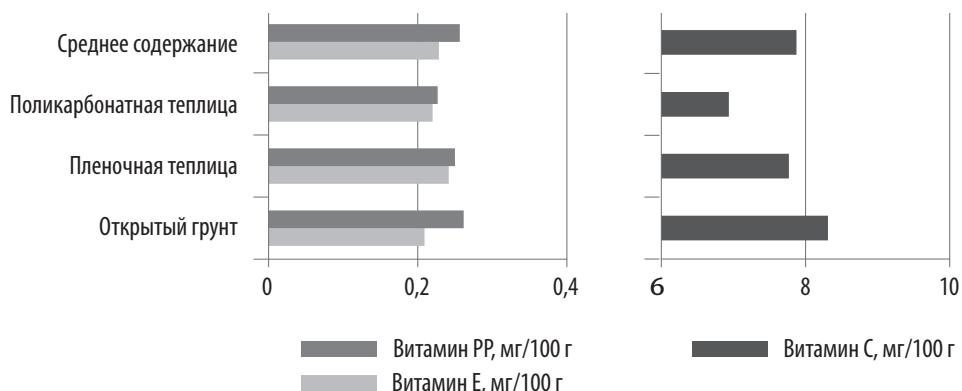


Рис. 3. Изменение содержания витаминов в плодах малины ремонтантной от условий выращивания, мг/100 г.

Содержание витаминов в плодах малины ремонтантной, мг/100 г

Сорт, форма	Витамин С			Витамин Е			Витамин РР		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Оранжевое чудо	8,10±0,57	8,14±0,57	–	0,26±0,05	0,23±0,05	–	0,22±0,04	0,24±0,05	–
Рубиновое ожерелье	11,14±0,79	9,18±0,64	9,18±0,64	0,26±0,05	0,30±0,06	0,29±0,06	0,30±0,06	0,26±0,05	0,28±0,06
Геркул	6,18±0,43	6,09±0,43	6,07±0,42	0,10±0,04	0,16±0,04	0,07±0,01	0,19±0,04	0,18±0,04	0,09±0,04
Жар птица	5,78±0,40	5,54±0,40	5,56±0,40	0,33±0,07	0,30±0,06	0,30±0,06	0,30±0,06	0,32±0,06	0,31±0,06
37-15-4	11,20±0,78	10,33±0,72	–	0,24±0,05	0,28±0,06	–	0,36±0,06	0,27±0,05	–
32-151-1	7,23±0,51	7,34±0,51	–	0,20±0,05	0,18±0,04	–	0,24±0,05	0,23±0,05	–
Среднее содержание	8,31±2,39	7,77±1,67	6,94±1,96	0,21±0,08	0,24±0,06	0,22±0,1	0,26±0,06	0,25±0,04	0,23±0,06
НСР 05		0,792			0,088			0,053	

Примечание. 1 — открытый грунт, 2 — пленочная теплица, 3 — поликарбонатная теплица.

грунтом, в пленочной теплице у плодов снижен показатель содержания глюкозы. В теплицах с пленочным и поликарбонатным покрытием, по сравнению с открытым грунтом, содержание сахарозы в плодах выше.

Накопление витамина С в плодах, созревших в пленочной и поликарбонатной теплицах меньше, чем в открытом грунте. Витамин РР в плодах содержится больше в открытом грунте, Е — в закрытом.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Антипенко М.И. Оценка замороженных ягод малины в условиях Самарской области по некоторым компонентам химического состава // Современные технологии хранения и переработки продукции. 2019. № 58. С. 11–17. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-58-11-17
2. Венгер К.П., Попков В.И., Феськов О.А. и др. Экспериментальные исследования процесса и технологии быстрого охлаждения растительной продукции с использованием газообразного азота // Вестник Международной академии холода. 2017. № 4. С. 66–74. DOI: 10.21047/1606-4313-2017-16-4-66-74
3. Добренков, Е.А., Семенова Л.Г., Добренкова Е.Л. Биохимическая и технологическая оценка ягод малины из коллекции МОС ВИР // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 60(6). С. 102–113. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-6-60-102-113. <http://journalkubansad.ru/pdf/19/05/11.pdf>
4. Евдокименко С.Н., Никулин А.Ф., Бохан И.А. Оценка сортов ремонтантной малины по биохимическим показателям ягод // Вестник Брянской ГСХА. Брянск: Изд-во Брянской ГСХА. 2008. № 3. С. 48–52
5. Жбанова Е.В. Плоды малины *Rubus idaeus* L. как источник функциональных ингредиентов (обзор) // Техника и технология пищевых производств. 2018. Т. 48. № 1. С. 5–14. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-5-14.
6. Киселева Е.Н., Раченко М.А., Раченко А.М. Оценка перспективы возделывания ремонтантной малины в закрытом грунте в условиях Южного Прибайкалья // Основные приемы и технологии совершенствования адаптивно-ландшафтных систем земледелия: мат. Межд. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию со дня рождения доктора с.-х. наук, профессора В.И. Солодуна / Иркут. гос. аграр. ун-т им. А.А. Ежевского; Молодежный: Изд-во Иркутский ГАУ, 2022. С. 115–125. <https://irsau.ru/structure/science/materialy/10-202022.pdf>
7. Матназарова Д.И. Биохимическая оценка ягод малины — начальный этап селекции на улучшение химиче-

ского состава плодов // Вестник аграрной науки. 2019. № 6(81). С. 166–170. <http://dx.doi.org/10.15217/48484>

8. Почицкая И.М., Росляков Ю.Ф., Комарова Н.В., Рослик В.Л. Исследование компонентов, формирующих органолептические характеристики плодов и ягод // Техника и технология производств. 2019. Т. 49. № 1. С. 50–61. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-50-6>
9. Причко Т.Г., Дрофичева Н.В. Влияние заморозки на показатели качества ягод малины // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК — продукты здорового питания. 2015. № 4. С. 40–45.
10. Причко Т.Г., Смелик Т.Л., Хилько Л.А. Биохимические показатели качества ягод малины с учетом сортовых особенностей // Сборник научных трудов ФГБНУ ВСТИСП Плодоводство и ягодоводство России. Т. XXXXVIII. 2017. С. 242–247.
11. Сазонова И.Д. Ягодные культуры как сырье для технической переработки // Научные труды СКФНЦСВВ. Т. 20. 2018. С. 125–134.
12. Седов Е.Н. Огольцова Т.П. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. 608 с.
13. Haffner K. et al. Quality of red raspberry *Rubus idaeus* L. cultivars after storage in controlled and normal atmospheres // Postharvest, Biol Technol. 2002. No. 24. P. 279–289. DOI: 10.1016 / S0925-5214 (01) 00147-8. <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-890efd11-6ce6-3f15-a54a-4218427b744e>
14. Marchi P.M., Carvalho I.R., Pereira I.S. et al. Yield and quality of primocane-fruiting raspberry grown under plastic cover in southern Brazil, *Scientia Agricola*. 2019;76(6):481–486. DOI: 10.1590/1678-992X-2018-0154
15. Miliivojević, J.M., Nikolić M.D., Dragišić J.J., Maksimović D.D. Radivojević Generative and fruit quality characteristics of primocane fruiting red raspberry cultivars // *Turk J Agric For* 35 (2011) 289–296 TÜBİTAK. DOI: 10.3906/tar-1001-617

#### REFERENCES

1. Antipenko M.I. Ocenka zamorozhennyh yagod maliny v usloviyah Samarskoj oblasti po nekotorym komponentam himicheskogo sostava // *Sovremennye tekhnologii hraneniya i pererabotki produkcii*. 2019. № 58. S. 11–17. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-58-11-17
2. Venger K.P., Popkov V.I., Fes'kov O.A. i dr. Eksperimental'nye issledovaniya processa i tekhnologii bystrogo ohlazhdeniya rastitel'noj produkcii s ispol'zovaniem gazoobraznogo azota // *Vestnik Mezhdunarodnoj aka-*



- demii holoda. 2017. № 4. S. 66–74. DOI: 10.21047/1606-4313-2017-16-4-66-74
3. Dobrenkov, E.A., Semenova L.G., Dobrenkova E.L. Biohimicheskaya i tekhnologicheskaya ocenka yagod maliny iz kollektsii MOS VIR // Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. 2019. № 60(6). S. 102–113. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-6-60-102-113 <http://journalkubansad.ru/pdf/19/05/11.pdf>
  4. Evdokimenko S.N., Nikulin A.F., Bohan I.A. Ocenka sortov remontantnoj maliny po biohimicheskim pokazatelyam yagod // Vestnik Bryanskoj GSKHA. Bryansk: Izd-vo Bryanskoj GSKHA. 2008. № 3. S. 48–52
  5. Zhanova E.V. Plody maliny *Rubus idaeus* L. kak istochnik funktsional'nykh ingredientov (obzor) // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. 2018. T. 48. № 1. S. 5–14. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-5-14.
  6. Kiseleva E.N., Rachenko M.A., Rachenko A.M. Ocenka perspektivy vozdel'yvaniya remontantnoj maliny v zakrytom grunte v usloviyah Yuzhnogo Pribajkalya // Osnovnye priemy i tekhnologii sovershenstvovaniya adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya: mat. Mezhd. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 70-letiyu so dnya rozhdeniya doktora s.-h. nauk, professora V.I. Soloduna / Irkut. gos. agrar. un-t im. A.A. Ezhevskogo; Molodezhnyj: Izd-vo Irkutskij GAU, 2022. S. 115–125. <https://irsau.ru/structure/science/materialy/10-202022.pdf>
  7. Matnazarova D.I. Biohimicheskaya ocenka yagod maliny – nachal'nyj etap selektsii na uluchshenie himicheskogo sostava plodov // Vestnik agrarnoj nauki. 2019. № 6(81). S. 166–170. <http://dx.doi.org/10.15217/48484>
  8. Pochickaya I.M., Roslyakov Yu.F., Komarova N.V., Roslik V.L. Issledovanie komponentov, formiruyushchih organolepticheskie harakteristiki plodov i yagod // Tekhnika i tekhnologiya proizvodstv. 2019. T. 49. № 1. S. 50–61. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-50-6>
  9. Prichko T.G., Droficheva N.V. Vliyaniye zamorozki na pokazateli kachestva yagod maliny // Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya. 2015. № 4. S. 40–45.
  10. Prichko T.G., Smelik T.L., Hil'ko L.A. Biohimicheskie pokazateli kachestva yagod maliny s uchedom sortovykh osobennostej // Sbornik nauchnykh trudov FGBNU VSTISP Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. T. XXXXVIII. 2017. S. 242–247.
  11. Sazonova I.D. Yagodnye kul'tury kak syr'e dlya tekhnicheskoy pererabotki // Nauchnye trudy SKFNCSVV. T. 20. 2018. S. 125–134.
  12. Sedov E.N., Ogol'cova T.P. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur. Orel: Izd-vo VNIISPK, 1999. 608 s.
  13. Haffner K. et al. Quality of red raspberry *Rubus idaeus* L. cultivars after storage in controlled and normal atmospheres // Postharvest, Biol Technol. 2002. No. 24. P. 279–289. DOI: 10.1016 / S0925-5214 (01) 00147-8. <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-890efd11-6ce6-3f15-a54a-4218427b744e>
  14. Marchi P.M., Carvalho I.R., Pereira I.S. et al. Yield and quality of primocane-fruiting raspberry grown under plastic cover in southern Brazil, *Scientia Agricola*. 2019;76(6):481–486. DOI: 10.1590/1678-992X-2018-0154
  15. Milivojević, J.M., Nikolić M.D., Dragišić J.J., Maksimović D.D. Radivojević Generative and fruit quality characteristics of primocane fruiting red raspberry cultivars // *Turk J Agric For* 35 (2011) 289–296 TÜBİTAK. DOI: 10.3906/tar-1001-617

*Поступила в редакцию 02.01.2023*

*Принята к публикации 16.01.2023*

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОЛИАРНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОСЕВАХ СОИ

Марьяна Хажмусовна Маржохова<sup>1</sup>, младший научный сотрудник  
Мурат Владимирович Кашукоев<sup>2</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>1</sup>Институт сельского хозяйства —

филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»,  
г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова»,  
г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

E-mail: elenadidanova@gmail.com

**Аннотация.** Исследования проводили в 2020–2022 годах в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики на землях ООО «Черек-Колос». Почва — чернозем выщелоченный среднемошной слабогумусированный тяжелосуглинистый на карбонатных глинах. В опыте по изучению эффективности фолиарного применения макро-микроэлементов в разных формах на культуре сои изучали три фактора: сорта СК Веда — раннеспелый, Рубин — среднеспелый (фактор А); обработка вегетирующих растений жидкими минеральными удобрениями (фактор В); срок обработки (фактор С). Максимальные значения урожайности сои независимо от сорта получены при обработке вегетирующих растений корректором дефицита элементов питания Полидон Бор. Максимальная продуктивность достигается при обработке растений сои в фазе примордиального листа.

**Ключевые слова:** Кабардино-Балкарская Республика, соя, удобрения, Полидон бор, урожайность

## EFFICIENCY OF FOLIAR APPLICATION OF LIQUID MINERAL FERTILIZERS ON SOYBEAN CROPS

M.H. Marzhokhova<sup>1</sup>, Junior Researcher

M.V. Kashukoev<sup>2</sup>, Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor

<sup>1</sup>Institute of Agriculture — branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center “Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

<sup>2</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov”,  
Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

E-mail: elenadidanova@gmail.com

**Abstract.** The studies were carried out in 2020–2022 in the piedmont zone of the Kabardino-Balkarian Republic on the “Cherek-Kolos” LLC lands. The soil is leached, medium-thick, slightly humus loamy chernozem on carbonate clays. In an experiment to study the effectiveness of the macro-microelements foliar application in different forms on soybean culture, three factors were studied: varieties SK Veda — early-ripening, Rubin — mid-ripening (factor A); treatment of vegetative plants with liquid mineral fertilizers (factor B); processing time (factor C). The maximum values of soybean yield regardless of the variety were achieved when vegetative soybean plants were treated with the nutrient deficiency corrector Polydon Bor. Maximum productivity is achieved when soybean plants are treated in the primordial leaf phase.

**Keywords:** Kabardino-Balkarian Republic, soybeans, fertilizers, Polydon Boron, yield

Некорневое питание растений — стандартная технологическая процедура, позволяющая сельскохозяйственным товаропроизводителям получать качественную продукцию с большим экономическим эффектом. [5] Преимущества некорневых подкормок растений — ускоренный процесс вовлечения элементов питания в метаболизм растительного организма, исключение иммобилизации элемента питания тонкодисперсной частью почвы, возможность корректировки питания в определенные периоды вегетации. [1, 4, 6] Фолиарная обработка удобрительными смесями позволяет нивелировать недостаточную активность корневых систем из-за неблагоприятных почвенных условий. [7] Широкий спектр удобрений внекорневого применения позволяет выбрать сбалансированные по элемент-

ному составу препараты для конкретных почвенно-экологических условий и сорта.

Цель работы — изучить эффективность фолиарного применения водорастворимых удобрений на сое.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2020–2022 годах в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики на землях ООО «Черек-Колос». Почва — чернозем выщелоченный среднемошной слабогумусированный тяжелосуглинистый на карбонатных глинах, содержание гумуса в пахотном слое — 3,1%, подвижного фосфора — 7,5, обменного калия — 8,0 мг/100 г почвы, рН<sub>kcl</sub> — 5,0.

Агротехника: дискование в два следа и вспашка на глубину 25 см. Допосевная обработка почвы – ранневесенняя культивация и предпосевная. Внесение минерального удобрения Диаммофоска ( $N_{10}P_{26}K_{26}$ ) под предпосевную культивацию. Посев проводили сеялкой Gaspardo MTR-8 широкорядным способом (45 см) с нормой высева 500 тыс. всх. сем./га. Инкрустировали семена сои с помощью специфического пленкообразователя на основе фосфатидов инокулянтом Нитрофикс П. Глубина посева – 4...6 см. Урожай убирали поделяночно.

В работе использовали методические положения, применяемые в государственных сортоиспытаниях [2] и изложенные в методике полевого опыта Б.А. Доспехова. [3]

Эффективность фолиарного применения макро- и микроэлементов в разных формах на культуре сои устанавливали по трем факторам: сорта *СК Веда* – раннеспелый, *Рубин* – среднеспелый (фактор А); обработка вегетирующих растений жидкими минеральными удобрениями (фактор В); срок обработки (фактор С).

Были взяты водорастворимые удобрения: Молибдат аммония (0,1 кг/га) – неорганическое соединение, соль аммония и молибденовой кислоты ( $(NH_4)_2MoO_4$ ); Полидон молибден (0,2 л/га) – с высоким содержанием молибдена (80 г/л) и кобальта (5 г/л) в хелатной форме; Полидон бор (0,5 л/га) – этаноламинный комплекс с борной кислотой и молибденом: бор (В) – 150 г/л, азот ( $N_{общ}$ ) – 50 г/л, молибден (Мо) – 1 г/л; Полидон NPK (2 л/га): азот ( $N_{общ}$ ) – 180 г/л, фосфор ( $P_2O_5$ ) – 180 г/л, калий ( $K_2O$ ) – 90 г/л + 0,25% МЕ (хелатная форма).

Погодные условия в годы исследований в значительной степени повлияли на развитие растений сои, изменяя интенсивность физиологических процессов, протекающих в растительном организме. В результате эти сложные процессы определяют продолжительность межфазных периодов, общую вегетацию и продуктивность растений. Климат умеренно-жаркий, со средним увлажнением. Среднегодовая температура воздуха 10,7°C. Большая часть осадков выпадает в период активной вегетации – 365...518 мм. Сумма положительных температур за вегетацию – 3131...3407°C. Гидротермический коэффициент – 1,2.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Взаимодействие факторов внешней среды и биологические особенности сортов влияют не только на работу листового аппарата сои, но и определяют накопленный растениями урожай сухого органического вещества.

Результаты исследования эффективности фолиарной обработки вегетирующих растений сои жидкими минеральными удобрениями с содержанием макро- и микроэлементов в разных формах показали, что состав питательных растворов и период обработки воздействуют на процессы, протекающие в растительном организме и характеризуют величину листовой поверхности, урожай биомассы, динамику ее накопления.

Биологическая особенность сои – растянутый период цветения и бобообразования, из-за этого

достигается ее пластичность по отношению к условиям возделывания. При массовом формировании бобов выделены наиболее высокие приросты сухого вещества в агроценозе, когда увеличение площади листовой поверхности растений сои сопряжено с высокой продуктивностью работы листьев, в начальный период роста и развития растений накопление сухого вещества протекает медленно. Фолиарная обработка растений корректорами дефицита элементов питания влияет на этот процесс, при этом отмечаются различия в динамике накопления сухого вещества в зависимости от срока обработки.

Согласно результатам исследований [8], примордиальный лист сои обеспечивает растению успешный старт для дальнейшего роста и развития. Переход на аутоτροφный способ питания происходит в фазе примордиального листа. В начальный период развития растения его функциональное значение заключается в синтезе биохимических компонентов, которые затем распределяются в другие органы, формирующиеся по мере роста. Доля сухой биомассы примордиального листа в фазе первого тройчатого составляет 50,7% листовой части растений, при незначительной доле его площади в общей ассимиляционной поверхности растения (6,2%). [8] Обработка растений в фазе примордиального листа обеспечивает наибольшее накопление сухой биомассы как у среднеспелого сорта *Рубин*, так и у раннеспелого *СК Веда* по всем фазам развития. Наибольшее количество сухой биомассы в фазе второго-третьего листа (732 и 612 кг/га) эти сорта сформировали при обработке питательным минеральным комплексом Полидон NPK (18-18-9+0,25% МЕ), содержащим микроэлементы в хелатной форме. Эффективность была невысокая в варианте с применением по вегетирующим растениям раствора Молибдата аммония (минеральная форма). При обработке растений сорта *СК Веда* в фазе примордиального листа масса сухого вещества в фазе второго-третьего листа увеличилась на 14 кг/га по сравнению с контролем. Обработка в более поздние фазы развития (первый тройчатосложный лист) незначительно влияла на увеличение накопления сухого вещества относительно контроля (6 кг/га). На сорте *Рубин* накопление сухого вещества в фазе второго-третьего листа с использованием Молибдата аммония в фазе примордиального листа – 661 кг/га, что превышает контроль на 7 кг/га. При обработке в фазе первого тройчатосложного листа масса сухого вещества увеличилась на 6 кг/га.

Наиболее высокие приросты сухого вещества в агроценозе сои во всех вариантах фолиарной обработки отмечены в период массового формирования бобов. За период цветения-бобообразования в контроле масса сухого вещества у сорта *СК Веда* увеличилась с 2935 до 4776 кг/га, у *Рубина* – с 3346 до 4916 кг/га. Максимальные значения накопления сухого вещества в фазе бобообразования у сортов сои достигнуты в варианте с препаратом Полидон NPK в фазе примордиального листа: *СК Веда* – 5426 кг/га, *Рубин* – 5871 кг/га. Приросты сухого вещества в период цветения-бобообразования: *СК Веда* – 1703 кг/га, *Рубин* – 1907 кг/га. Максимальный прирост сухого вещества (цветение-бобообра-

Динамика накопления сухого вещества в посевах сои в зависимости от фоллиарной обработки (2020–2022 годы)

Опыт		Сухое вещество, кг/га			
		второй-третий лист	цветение	бобообразование	начало налива семян
<i>СК Веда</i>					
Контроль (без обработки)	–	523	2935	4776	4894
	Примордиальный лист	537	3218	4821	4942
Молибдат аммония	Первый тройчатосложный лист	529	3144	4795	4926
	Начало бутонизации	524	2960	4819	4930
	Примордиальный лист	586	3276	5347	5459
Полидон бор	Первый тройчатосложный лист	540	3228	5326	5418
	Начало бутонизации	526	3017	5290	5375
	Примордиальный лист	551	3225	4947	5264
Полидон молибден	Первый тройчатосложный лист	532	3184	4879	5016
	Начало бутонизации	520	3036	4930	5110
	Примордиальный лист	612	3723	5426	5517
Полидон NPK (18-18-9+0,25% ME)	Первый тройчатосложный лист	549	3680	5405	5483
	Начало бутонизации	524	3022	5358	5396
<i>Рубин</i>					
Контроль (без обработки)	–	648	3346	4916	5228
	Примордиальный лист	661	3363	5129	5340
Молибдат аммония	Первый тройчатосложный лист	654	3351	5084	5296
	Начало бутонизации	646	3340	5036	5217
	Примордиальный лист	704	3778	5570	5784
Полидон бор	Первый тройчатосложный лист	681	3753	5518	5722
	Начало бутонизации	643	3511	5432	5683
	Примордиальный лист	663	3577	5369	5518
Полидон молибден	Первый тройчатосложный лист	650	3526	5271	5464
	Начало бутонизации	644	3415	5183	5345
	Примордиальный лист	732	3964	5871	6038
Полидон NPK (18-18-9+0,25% ME)	Первый тройчатосложный лист	693	3842	5784	5966
	Начало бутонизации	642	3523	5640	5881

зование) отмечено в фазе начала бутонизации: *СК Веда* – 2336, *Рубин* – 2117 кг/га. Прирост сухого вещества при обработке препаратом Полидон бор растений сорта *СК Веда* в фазе начала бутонизации в период цветения-бобообразования составил 2273, на *Рубине* – 1921 кг/га (см. таблицу). Хорошо развитая корневая система при цветении растений сои, обеспечивающая максимальное корневое питание и листовая подкормка питательным минеральным комплексом Полидон NPK с содержанием микроэлементов в хелатной форме, а также обработка корректором дефицита элементов питания Полидон бор (В – 150 г/л, N общий – 50, Мо – 1 г/л) обеспечили синергизм действия, в результате которого нарастала вегетативная масса. Это позволяет растениям образовывать большое количество ассимилятов, расходуемых на рост, цветение, формирование семян.

В среднем за годы исследований продуктивность сои *Рубин* была выше, чем у *СК Веда* как в контроле (2,16 и 1,83 т/га соответственно), так и в вариантах фоллиарной обработки вегетирующих растений питательными комплексами. Максимальные значения урожайности независимо от сорта отмечены при обработке вегетирующих растений сои корректором дефицита элементов питания Полидон бор. В этом варианте обработки сорт *СК Веда* сформировал урожай зерна 2,41...2,59, *Рубин* – 2,73...2,85 т/га (см. рисунок на

4-й стр. обл.). Максимальная продуктивность достигается при обработке растений сои в фазе примордиального листа. Прибавка урожая семян по сравнению с контролем при обработке растений сои сорта *СК Веда* жидкими удобрениями Полидон была существенной во всех вариантах опыта 0,69; 0,51; 0,64 т/га. Используя на вегетирующих растениях сои раствор Молибдат аммония (молибден в минеральной форме) получена наименьшая прибавка – 0,13...0,25 (*СК Веда*), 0,02...0,08 т/га (*Рубин*). Прибавка урожайности сорта *Рубин* была максимальной при использовании в фазе примордиального листа корректора дефицита элементов питания Полидон бор – 0,69 т/га. Применение жидкого минерального комплекса Полидон NPK в фазе примордиального листа на растениях сои сорта *Рубин* имело высокую эффективность – прибавка урожая зерна составила 0,64 т/га.

**Выводы.** Максимальные значения урожайности сои, независимо от сорта, достигнуты при обработке вегетирующих растений корректором дефицита элементов питания Полидон бор. Высокую продуктивность можно получить при обработке растений сои в фазе примордиального листа.

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Васин А.В., Бурунов А.Н., Васин В.Г., Кузнецова Е.С. Влияние применения микроудобрительных смесей на структуру урожая и продуктивность сои в условиях

лесостепи среднего Поволжья // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 4 (40). С. 32–38. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-32-38

2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс, 2014. 352 с.
3. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1989. 195 с.
4. Новикова Н.Е. Физиологическое обоснование листовой подкормки для оптимизации питания зерновых бобовых культур в онтогенезе растений (обзор) // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 1 (25). С. 60–67.
5. Осипов А.И. Роль удобрений в плодородии почв и питании растений // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2020. № 2. С. 874–887.
6. Осипов А.И., Шкрабак Е.С. Роль некорневого питания в повышении продуктивности сельскохозяйственных культур // Известия СПбГАУ. 2019. № 1 (54). С. 44–52.
7. Пироговская Г.В., Лапа В.В., Сороко В.И. Применение удобрений жидких комплексных с хелатными формами микроэлементов под сельскохозяйственные культуры: рекомендации. Минск, 2010. 40 с.
8. Юсова О.А., Асанов А.М., Омелянюк Л.В. Особенности примордиального листа сои в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. Вып. 4 (176). С. 84–89.

## REFERENCES

1. Vasin A.V., Burunov A.N., Vasin V.G., Kuznecova E.S. Vliyaniye primeneniya mikroudobritel'nykh smesey na strukturu urozhaya i produktivnost' soi v usloviyakh lesostepi srednego Povolzh'ya // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2021. № 4 (40). S. 32–38. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-32-38
2. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy. M.: Al'yans, 2014. 352 s.
3. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur. M., 1989. 195 s.
4. Novikova N.E. Fiziologicheskoe obosnovanie listovoy podkormki dlya optimizatsii pitaniya zernovykh bobovykh kul'tur v ontogeneze rasteniy (obzor) // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2018. № 1 (25). S. 60–67.
5. Osipov A.I. Rol' udobreniy v plodorodii pochv i pitanii rasteniy // Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potenciala: problemy i puti ih resheniya. 2020. № 2. C. 874–887.
6. Osipov A.I., Shkrabak E.S. Rol' nekorneвого pitaniya v povyshenii produktivnosti sel'skohozyajstvennykh kul'tur // Izvestiya SPbGAU. 2019. № 1 (54). S. 44–52.
7. Pirogovskaya G.V., Lapa V.V., Soroko V.I. Primenenie udobreniy zhidkih kompleksnykh s helatnymi formami mikroelementov pod sel'skohozyajstvennye kul'tury: rekomendatsii. Minsk, 2010. 40 s.
8. Yusova O.A., Asanov A.M., Omel'yanyuk L.V. Osobennosti primordial'nogo lista soi v usloviyakh yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri // Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskij byulleten' Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur. 2018. Vyp. 4 (176). S. 84–89.

*Поступила в редакцию 01.02.2023*

*Принята к публикации 15.02.2023*

## ОПТИМИЗАЦИЯ СЕВООБОРОТОВ НА СКЛОНОВЫХ ЛАНДШАФТАХ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ\*

Магомед Рамзанович Нахаев, кандидат технических наук  
ФГБОУ ВО «ЧГУ имени А.А. Кадырова», г. Грозный, Россия  
E-mail: mr-nakhaev@mail.ru

**Аннотация.** Оптимизация зерновых севооборотов в настоящее время очень актуальна. В связи с этим на склоновых ландшафтах Чеченской Республики были заложены опыты, в которых изучали четыре севооборота и два участка с бессменными посевами озимой пшеницы и ярового ячменя. Исследования засоренности посевов, структуры урожая, выхода зерна с единицы севооборотной площади показали, что наиболее оптимальный севооборот – пятипольный зернопаровой: пар черный – пшеница озимая – пшеница яровая – горох – ячмень яровой. Выход зерна с единицы площади в данном севообороте (2,79 т/га) был выше на 56–57%, чем в первом варианте, 37–39%, чем во втором, 36–37%, чем в третьем, 13–14%, чем в четвертом, 4–5%, чем в пятом.

**Ключевые слова:** Чеченская Республика, склоновые ландшафты, севообороты, зерновая специализация

## CROP ROTATION OPTIMIZATION ON THE CHECHEN REPUBLIC SLOPE LANDSCAPES

M.R. Nakhaev, PhD in Engineering Sciences  
Kadyrov Chechen State University, Grozny, Russia  
E-mail: mr-nakhaev@mail.ru

**Abstract.** Optimization of crop rotations of grain specialization is currently an urgent task in the light of modern economic realities. In this regard, experiments were conducted on the slope landscapes of the Chechen Republic, in which four crop rotations and two plots with permanent crops of winter wheat and spring barley were studied. Studies of crop contamination, crop structure, grain yield from a unit of crop rotation area have shown that the most optimal crop rotation is a five-field grain-pair crop rotation: black steam – winter wheat – spring wheat – peas – spring barley. The yield of grain per unit of crop area in this crop rotation was 56–57% higher than in the first variant, 37–39% higher than in the second variant, 36–37% higher than in the third variant, 13–14% higher than in the fourth variant, 4–5% higher than in the fifth variant and it was equal to 2.79 t/ha on a sloping landscape.

**Keywords:** Chechen Republic, slope landscapes, crop rotations, grain specialization

Обострившиеся экономические и экологические проблемы требуют изменения агротехнологий. Органическое вещество – важнейший показатель плодородия почвы, источник удовлетворения потребности растений в азоте и других элементах питания. [1, 2, 10, 11]

Альтернатива достижения высокой продуктивности агроэкосистем из-за усиления роли биологических факторов – применение оптимальных севооборотов. [3–6]

Севооборот остается доступным и эффективным агротехническим средством восстановления плодородия почв, защиты от разрушения водной и ветровой эрозией, поддержания благоприятного фитосанитарного состояния посевов. [7–8]

Особенно важен вопрос обеспечения в зерновых севооборотах бездефицитного баланса органического вещества (гумуса), так как при высоком насыщении высокопродуктивными культурами возрастает вынос питательных веществ с урожаем, что приводит к сокращению валовых запасов гумуса в почве. [9]

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили с 2017 по 2021 годы на склоновом ландшафте Грозненского района Чеченской Республики. В опыте на черноземных почвах

изучали четыре севооборота и два участка с бессменными посевами озимой пшеницы и ярового ячменя: № 1 – бессменный посев (пшеница озимая мягкая); № 2 – бессменный посев (ячмень яровой); № 3 – двупольный парозерновой севооборот (пар черный – пшеница озимая мягкая); № 4 – трехпольный зернопаровой севооборот (пар черный – пшеница озимая мягкая – ячмень яровой); № 5 – контроль – четырехпольный зернопаровой севооборот (пар черный – пшеница озимая мягкая – пшеница яровая мягкая – ячмень яровой); № 6 – пятипольный зернопаропропашной севооборот (пар черный – пшеница озимая мягкая – пшеница яровая мягкая – горох – ячмень яровой).

Варианты в опыте размещали последовательно с шахматным смещением по ярусам повторений. Длина посевных делянок – 30 м, ширина – 12 м. Площадь опытной делянки – 360 м<sup>2</sup>, ее учетная часть – 208 м<sup>2</sup> (26 × 8 м), со всех сторон обрезается по 2 м, повторность – четырехкратная.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Слагаемые продуктивности (биологическая урожайность) растений – параллельное повышение количества продуктивных стеблей на единице площади и массы зерна с одного колоса.

\* Работа выполнена в рамках государственного задания в соответствии с соглашением № 075-03-2023-169 / The work was carried out within the framework of the state task in accordance with agreement No. 075-03-2023-169.

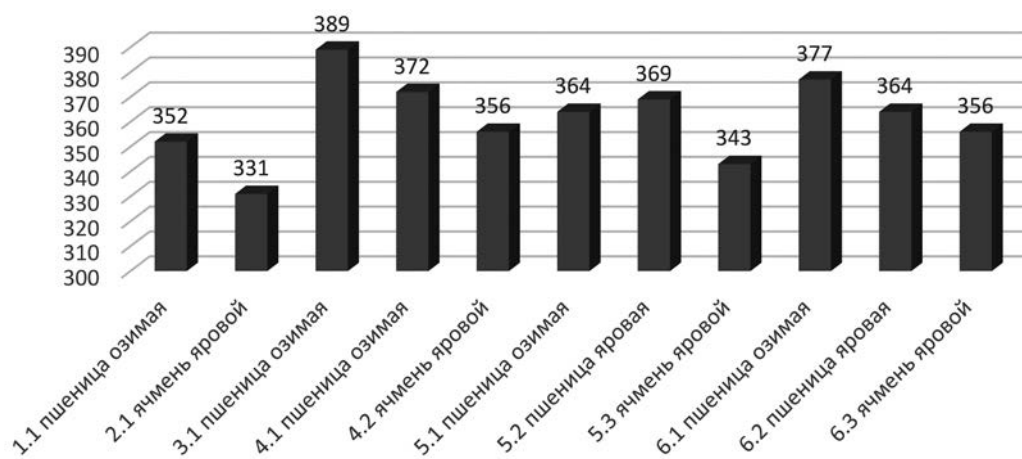


Рис. 1. Количество продуктивных стеблей на 1м², шт.

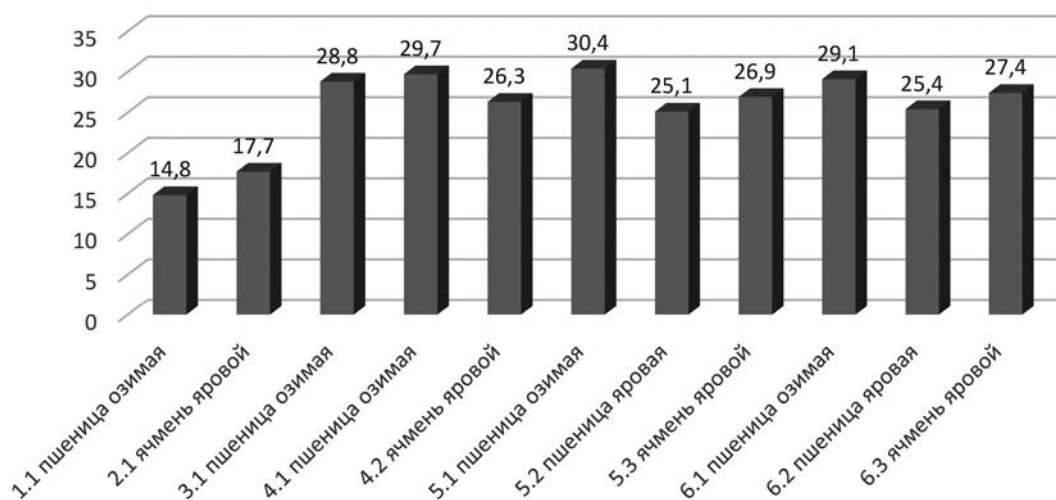


Рис. 2. Число зерен в колосе, шт.

Наименьшее количество продуктивных стеблей у озимой пшеницы формировалось при бессменных посевах и составляло в среднем за годы исследований 352 шт./м². Наибольшее – в третьем варианте (389 шт./м²), на 37 шт./м² больше по сравнению с бессменными посевами. В пятом варианте количество продуктивных стеблей было на 12 шт./м² больше по сравнению с бессменными посевами, четвертом – на 20, шестом – на 25 шт./м².

Наименьшее количество продуктивных стеблей у ярового ячменя образовалось при бессменных посевах – 331 шт./м². Наибольшее – в шестом и четвертом вариантах (356 шт./м²), на 25 шт./м² больше по сравнению с бессменными посевами.

Количество продуктивных стеблей у яровой пшеницы варьировало от 364 (шестой вариант) до 369 шт./м² (пятый). Число растений гороха (шестой вариант) – 66 шт./м².

Наименьшее число зерен в колосе у озимой пшеницы формировалось при бессменных посевах – 14,8 шт. Наибольшее – в пятом варианте (30,4 шт.), на 15,6 шт. больше по сравнению с бессменными посевами. В третьем варианте число зерен в колосе было на 14,0 шт. больше по сравнению с бессмен-

ными посевами, шестом – на 14,3, четвертом – на 14,9 шт.

Наименьшее число зерен в колосе у ярового ячменя при бессменных посевах – 17,7 шт. Наибольшее – в шестом варианте (27,4 шт.), на 9,7 шт. больше по сравнению с бессменными посевами. В четвертом варианте число зерен в колосе у ярового ячменя было на 8,6 шт. больше по сравнению с бессменными посевами, пятом – на 9,2 шт.

Число зерен в колосе у яровой пшеницы варьировало от 25,1 (пятый вариант) до 25,4 шт. (шестой), на одном растении – 3,9 шт.

Число бобов на одном растении гороха в среднем за годы исследований – 5,4 шт., на 1 м² – 343 шт.

Наименьшая масса 1000 зерен у озимой пшеницы была при бессменных посевах, в среднем за годы исследований – 35,9 г. Наибольшая – в шестом варианте – 37,0 г, на 1,1 г больше по сравнению с бессменными посевами. В четвертом варианте масса 1000 зерен у озимой пшеницы была на 0,8 больше по сравнению с бессменными посевами, третьем и пятом – на 0,9 г.

Наименьшая масса 1000 зерен у ярового ячменя была при бессменных посевах – 36,2 г. Наибольшая – в шестом варианте (37,4 г), на 1,2 г больше

по сравнению с бессменными посевами. В пятом варианте масса 1000 зерен у ярового ячменя была на 0,9 г больше по сравнению с бессменными посевами, четвертом – 1 г.

Масса 1000 зерен у яровой пшеницы варьировала от 37,0 (пятый вариант) до 37,1 г (шестой).

Наименьшая масса зерна в колосе у озимой пшеницы при бессменных посевах – 0,53 г. Наибольшая – в пятом варианте (1,12 г), на 0,59 г больше по сравнению с бессменными посевами. В третьем варианте масса зерна в колосе была на 0,53 г больше по сравнению с бессменными посевами, шестом – на 0,54 г, четвертом – на 0,56 г.

Наименьшая масса зерна в колосе у ярового ячменя формировалась при бессменных посевах – 0,64 г. Наибольшая – в шестом варианте (1,02 г), на 0,38 г больше по сравнению с бессменными посевами. В четвертом варианте масса зерна в колосе у ярового ячменя была на 0,34 г больше по сравнению с бессменными посевами, пятом – на 0,36 г.

Масса зерна в колосе у яровой пшеницы варьировала от 0,93 (пятый вариант) до 0,94 г (шестой).

Наименьшая биологическая урожайность у озимой пшеницы была при бессменных посевах – 186,5 г/м<sup>2</sup>.

Наибольшая – в третьем варианте (412,3 г/м<sup>2</sup>), на 225,8 г/м<sup>2</sup> больше по сравнению с бессменными посевами. В шестом варианте биологическая урожайность у озимой пшеницы была на 216,9 г/м<sup>2</sup> больше по сравнению с бессменными посевами, четвертом – на 219,0, пятом – на 221,2 г/м<sup>2</sup>.

Наименьшая биологическая урожайность у ярового ячменя формировалась при бессменных посевах – 211,8 г/м<sup>2</sup>. Наибольшая – в шестом варианте (363,1 г/м<sup>2</sup>), на 176,6 г/м<sup>2</sup> больше по сравнению с бессменными посевами. В пятом варианте биологическая урожайность у ярового ячменя была на 131,2 больше, четвертом – на 137,1 г/м<sup>2</sup>.

Биологическая урожайность яровой пшеницы была наименьшей в шестом варианте – 342,2, пятом – 343,2 г/м<sup>2</sup>. Биологическая урожайность гороха в среднем за годы исследований – 329,3 г/м<sup>2</sup>.

Наименьший выход зерна с гектара в наших исследованиях в совокупности по севооборотам в среднем за 2017–2021 годы наблюдали в первом варианте – 1,78 т/га, втором – на 13...15% выше выхода зерна озимой пшеницы в бессменном посевах – 2,04 т/га. В третьем варианте выход зерна с единицы севооборотной площади был выше на 15...21%,

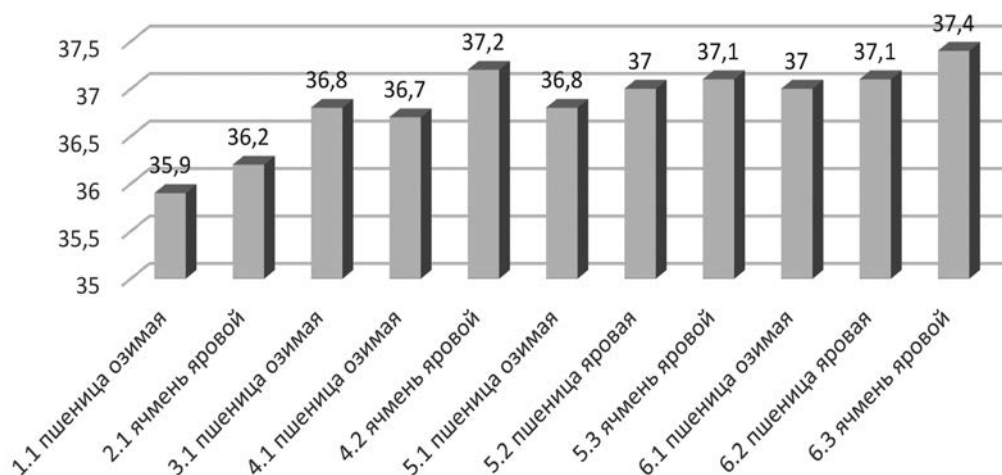


Рис. 3. Масса 1000 зерен, г.

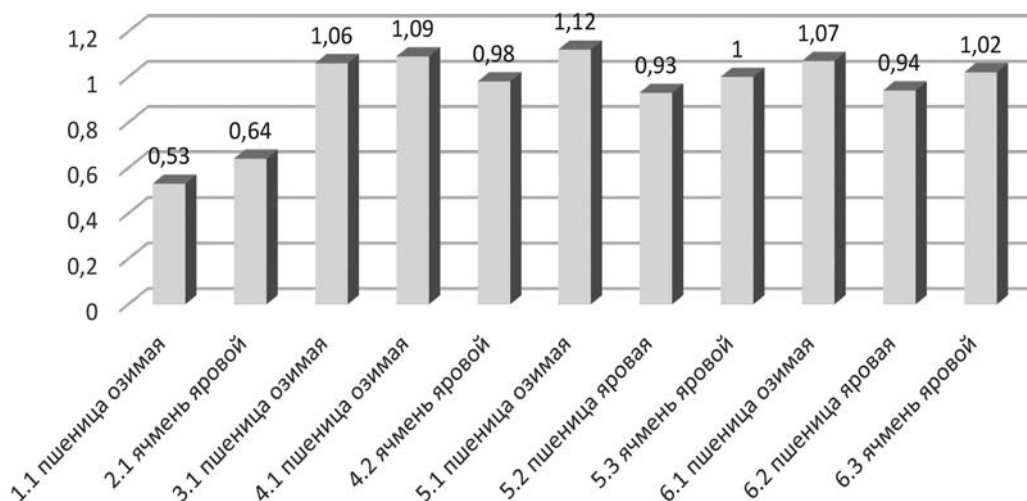


Рис. 4. Масса зерна в колосе, г.



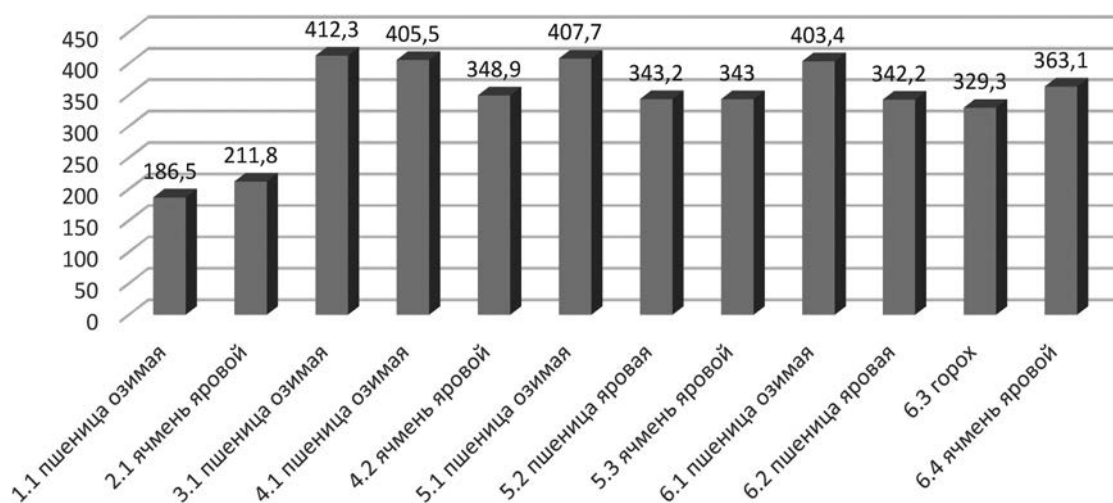


Рис. 5. Биологическая урожайность, г/м².

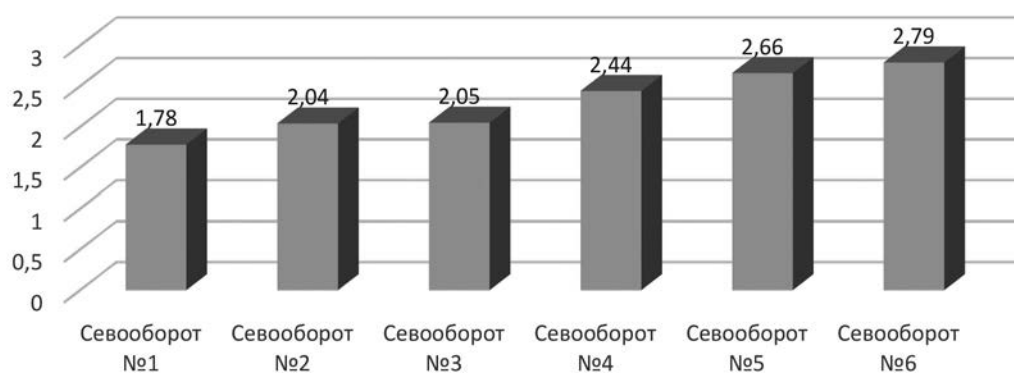


Рис. 6. Выход зерна по севооборотам, среднее за 2017–2021 годы, т/га.

чем в первом, на 1...2%, чем во втором (2,05 т/га). В четвертом варианте выход зерна с единицы севооборотной площади был выше на 37...40%, чем в первом варианте, на 20...23% выше, чем во втором, на 19...21% выше, чем в третьем (2,44 т/га). В пятом варианте выход зерна с единицы севооборотной площади был выше на 48...49%, чем в первом, на 30...32% выше, чем во втором, на 29...30%, чем в третьем, на 7...9%, чем в четвертом (2,66 т/га). В шестом варианте выход зерна с единицы севооборотной площади был выше на 56...57%, чем в первом, на 37...39%, чем во втором, на 36...37%, чем в третьем, на 13...14%, чем в четвертом, на 4...5%, чем в пятом (2,79 т/га).

**Выводы.** В результате исследований по оптимизации зерновых севооборотов в условиях склоновых ландшафтов Чеченской Республики установлено, что наиболее оптимальный вариант – пятипольный зернопаровой севооборот (пар черный – пшеница озимая – пшеница яровая – горох – ячмень яровой).

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Догеев Г.Д., Халилов М.Б. Ресурсосберегающие технологии и машины для обработки почвы // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 2 (38). С. 58–65.
2. Дудкин И.В. Биологические факторы борьбы с засоренностью посевов // Земледелие. 2004. № 3. С. 34–35.

3. Захаров А.И. Совершенствование системы севооборотов и структуры посевов в современных условиях // Земледелие. 2002. № 4. С. 6–7.
4. Иванов Ю.Д. Современные аспекты экологизации севооборотов в земледелии Центральной Нечерноземной зоны России // Агро XXI. 2001. № 9. С. 18–19.
5. Каракулев В.В., Омельченко П.Н. Сравнительная оценка паровых звеньев севооборота // Земледелие. 2005. № 6. С. 22–23.
6. Кузнецов Н.П., Габибов М.А. Севооборот и удобрение // Земледелие. 2001. № 6. С. 22–23.
7. Рассадин А.Я. Урожайность зерновых культур при длительном применении ресурсосберегающей обработке почвы // Сберегающее земледелие. Издание Национального фонда развития сберегающего земледелия. 2004. С. 23–24.
8. Рассадин А.Я. Обработка почвы // Земледелие. 2010. № 4. С. 23–24.
9. Сухов А.Н., Рассадников В.Н. Биологизированные севообороты и их продуктивность // Проблемы АПК: мат. Межд. науч.-практ. конф. Раздел Агротомия / ВГСХА. Волгоград. 2003. С. 8–15.
10. Сухов А.Н., Беленков А.И., Карякин А.Ф. Плодородие почвы и продуктивность различных видов полевых севооборотов в зависимости от приемов их биологизации и площади чистого пара в аридном земледелии Нижнего Поволжья // Адаптивные системы и природоохранные технологии производства сельскохозяй-

ственной продукции в аридных районах Волго-Донской провинции. М. 2003. С. 414–418.

11. Чуб М.П. Действие однолетних сидератов на урожайность зерновых культур и плодородие почвы в условиях Нижнего Поволжья // *Агрохимия*. 2002. № 9. С. 34–40.

**REFERENCES**

1. Dogeev G.D., Halilov M.B. Resursosberegayushchie tekhnologii i mashiny dlya obrabotki pochvy // *Problemy razvitiya APK regiona*. 2019. № 2 (38). S. 58–65.
2. Dudkin I.V. Biologicheskie faktory bor'by s zasorennost'yu posevov // *Zemledelie*. 2004. № 3. S. 34–35.
3. Zaharov A.I. Sovershenstvovanie sistemy sevooborotov i struktury posevov v sovremennykh usloviyakh // *Zemledelie*. 2002. № 4. S. 6–7.
4. Ivanov Yu.D. Sovremennye aspekty ekologizatsii sevooborotov v zemledelii Central'noj Nechernozemnoj zony Rossii // *Agro XXI*. 2001. № 9. S. 18–19.
5. Karakulev V.V., Omel'chenko P.N. Sravnitel'naya ocenka parovykh zven'ev sevooborota // *Zemledelie*. 2005. № 6. S. 22–23.

6. Kuznecov N.P., Gabibov M.A. Sevooborot i udobrenie // *Zemledelie*. 2001. № 6. S. 22–23.
7. Rassadin A.Ya. Urozhajnost' zernovykh kul'tur pri dlitel'nom primenении resursosberegayushchej obrabotke pochvy // *Sberegayushchee zemledelie. Izdanie Nacional'nogo fonda razvitiya sberegayushchego zemledeliya*. 2004. S. 23–24.
8. Rassadin A.Ya. Obrabotka pochvy // *Zemledelie*. 2010. № 4. S. 23–24.
9. Suhov A.N., Rassadnikov V.N. Biologizirovannye sevooboroty i ih produktivnost' // *Problemy APK: mat. Mezhd. nauch.-prakt. konf. Razdel Agronomiya / VGSKHA. Volgograd*. 2003. S. 8–15.
10. Suhov A.N., Belenkov A.I., Karyakin A.F. Plodorodie pochvy i produktivnost' razlichnykh vidov polevykh sevooborotov v zavisimosti ot priemov ih biologizatsii i ploshchadi chistogo para v aridnom zemledelii Nizhnego Povolzh'ya // *Adaptivnye sistemy i prirodoohrannye tekhnologii proizvodstva sel'skohozyajstvennoj produkcii v aridnykh rajonakh Volgo-Donskoj provincii*. М. 2003. S. 414–418.
11. Chub M.P. Dejstvie odnoletnih sideratov na urozhajnost' zernovykh kul'tur i plodorodie pochvy v usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya // *Agrohimiya*. 2002. № 9. S. 34–40.

*Поступила в редакцию 17.01.2023*

*Принята к публикации 31.01.2023*

## МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АГРОЭКОСИСТЕМАХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ РОССИИ

Сергей Викторович Лукин<sup>1,2</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0003-0986-9995

<sup>1</sup>Центр агрохимической службы «Белгородский», г. Белгород, Россия

<sup>2</sup>Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

E-mail: serg.lukin2010@yandex.ru

**Аннотация.** Исследования проводили в рамках программы государственного агроэкологического мониторинга в юго-западной части Центрального Черноземья на территории Белгородской области. Почвенный покров лесостепной зоны представлен черноземами типичными. Образцы почвы и зерна анализировали в аккредитованной испытательной лаборатории по общепринятым методикам. Территория области после аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году подверглась радиоактивному загрязнению. Установлено, что по среднему валовому содержанию в пахотных черноземах типичных тяжелые металлы образуют убывающий ряд (мг/кг): Mn (345) > Zn (36,5) > Cu (13,9) > Pb (10,3) > Co (8,48) > As (4,18) > Cd (0,23) > Hg (0,022), по содержанию подвижных форм закономерность иная: Mn (16,7) > Pb (0,40) > Zn (0,39) > Cu (0,09) > Co (0,08) > Cd (0,05). По удельной активности радионуклиды образуют ряд (Бк/кг): <sup>40</sup>K (530,2) > <sup>232</sup>Th (38,1) > <sup>226</sup>Ra (23,8) > <sup>137</sup>Cs (17,3). Превышений нормативов ориентировочно и предельно допустимых концентраций изучаемых элементов в пахотных почвах не наблюдали. Обеспеченность пахотных почв подвижными формами Zn, Cu и Co низкая, для повышения урожайности сельскохозяйственных культур рекомендуется вносить микроудобрения с этими элементами. В зерне озимой пшеницы содержание изучаемых элементов и удельная активность <sup>137</sup>Cs были существенно ниже предельно допустимых уровней.

**Ключевые слова:** мониторинг, тяжелые металлы, радионуклиды, чернозем, агроэкосистема, предельно-допустимая концентрация, удельная активность

## MONITORING OF THE RADIONUCLIDES AND HEAVY METALS CONTENT IN THE AGROECOSYSTEMS OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION OF RUSSIA

S.V. Lukin<sup>1,2</sup>, *Grand PhD in Agricultural Sciences*, ORCID: 0000-0003-0986-9995

<sup>1</sup>Belgorod Center for Agrochemical Service, Belgorod, Russia

<sup>2</sup>Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

E-mail: serg.lukin2010@yandex.ru

**Abstract.** The research was carried out as part of the state agroecological monitoring program in the southwestern part of the Central Chernozem region in the Belgorod region. The soil cover of the forest-steppe zone was represented by typical chernozems. All analytical studies were carried out in an accredited testing laboratory according to generally accepted methods. The territory of the region after the accident at the Chernobyl NPP in 1986 was subjected to radioactive pollution. As a result of the studies, it was found that the average gross content of typical heavy metals in arable chernozems forms the following decreasing series (mg/kg): Mn (345) > Zn (36.5) > Cu (13.9) > Pb (10.3) > Co (8.48) > As (4.18) > Cd (0.23) > Hg (0.022). In terms of the content of mobile forms of heavy metals, the pattern is slightly different: Mn (16.7) > Pb (0.40) > Zn (0.39) > Cu (0.09) > Co (0.08) > Cd (0.05). According to the specific activity of radionuclides, they form a series (Bq/kg): <sup>40</sup>K (530.2) > <sup>232</sup>Th (38.1) > <sup>226</sup>Ra (23.8) > <sup>137</sup>Cs (17.3). There was no excess of the standards of the approximate permissible and maximum permissible concentrations of the studied elements in the studied arable soils. The availability of arable soils with mobile forms of Zn, Cu and Co is assessed as low, in which microfertilization containing these elements is recommended to increase crop yield. In winter wheat grains, the content of the studied elements and the specific activity of the <sup>137</sup>Cs were significantly lower than the maximum permissible levels.

**Keywords:** monitoring, heavy metals, radionuclides, chernozem, agroecosystem, maximum allowable concentration, specific activity

В связи с широким применением тяжелых металлов (ТМ) в промышленности и радионуклидов в ядерной энергетике возрастает риск загрязнения агроэкосистем этими поллютантами. Термин «тяжелые металлы» используют для большой группы металлов с атомной массой более 40, к ней же часто относят мышьяк (металлоид). Некоторые ТМ (Mn, Zn, Cu, Co) участвуют в физиологических процессах растений и человека, их называют микроэлементами. Основные естественные радионуклиды, удельная активность которых периодически контролируется в почвах, — <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th и <sup>40</sup>K, искусственные — <sup>137</sup>Cs

и <sup>90</sup>Sr. Они попадают в агроэкосистемы с атмосферными осадками и на долгое время депонируются в почвах. [1, 13]

Главные антропогенные источники поступления ТМ в почвы — предприятия цветной металлургии и машиностроения, тепловые электростанции, транспорт. В результате антропогенной эмиссии ТМ их концентрации в промышленно развитых районах превышают фоновые значения в десятки раз. Большое количество их попадает в почву с осадками сточных вод (ОСВ). [13, 14] При высоких дозах внесения важный источник

поступления ТМ в почвы – органические удобрения. [9]

После аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году большая часть Центральной России подверглась радиоактивному загрязнению. В Белгородской области искусственные радионуклиды <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr обнаружены практически на всей территории, но сильнее всего пострадали восточные районы, где около 140 тыс. га пашни были загрязнены радиоцезием (критический радионуклид) в пределах 1...5 Ки/км<sup>2</sup>.

Определение содержания ТМ и радионуклидов в почвах включено в программу государственного мониторинга земель. В рамках локального агроэкологического мониторинга агрохимической службой России периодически анализируется содержание этих токсикантов в растениеводческой продукции. [15]

Для корректной агроэкологической оценки уровня загрязнения почвенного покрова необходимо знать содержание ТМ и естественных радионуклидов в фоновых, не используемых в сельскохозяйственном производстве почвах. Фоновый мониторинг проводят на землях особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Для фоновых почв характерна высокая пространственная вариабельность содержания ТМ и радионуклидов, обусловленная взаимодействием факторов: особенности водного, кислотного, окислительно-восстановительного режимов, гранулометрического, химического и минералогического составов. [2]

Цель работы – проанализировать и обобщить данные мониторинга по содержанию основных ТМ и радионуклидов в почвах и растениеводческой продукции агроэкосистем лесостепной зоны Центрально-Черноземного района России.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2016–2022 годах в лесостепной зоне Белгородской области, расположенной на юго-западе Центрально-Черноземного района (ЦЧР). Самые распространенные в лесостепной зоне почвы – черноземы типичные, которые в структуре пашни занимают 3,52 млн га (32,9%). [11]

На пахотных почвах было заложено 22 разреза чернозема типичного тяжелосуглинистого. В заповеднике «Белогорье» (участок «Ямская степь») на целинном черноземе типичном – один разрез. В пахотных почвах среднее содержание в слое 0...25 см физической глины – 56,8%, органического вещества по Тюрину – 5,6%, рН<sub>вод</sub> – 6,7, в целинной почве – 57,3, 10,1 и 7,0% соответственно.

Образцы почвы и зерна анализировали в аккредитованной испытательной лаборатории. Удельную активность радионуклидов <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K, <sup>137</sup>Cs в почве и зерне озимой пшеницы определяли методом γ-спектрометрии на спектрометре-радиометре гамма-бета-излучений МКГБ-01 «РАДЭК». Валовое содержание элементов (экстрагент 5М HNO<sub>3</sub>) и концентрацию их подвижных форм в почве, извлекаемых ацетатно-аммонийным буферным (ААБ) раствором с рН – 4,8, определяли методом атомно-эмиссионной спектрометрии. [6]

Тестовая культура – озимая пшеница, которая в структуре посевных площадей Белгородской обла-

сти в 2016–2020 годах занимала 26,8%. Анализировали 30 проб зерна. Валовое содержание элементов в зерне определяли по общепринятым методикам. [6]

В качестве метода графического представления распределения ТМ и радионуклидов в почве использовали изображение в виде «ящика с усами» (Box-Plot): арифметическое среднее, доверительный интервал к среднему значению ( $\bar{x} \pm t_{0,5} s_{\bar{x}}$ ) – «ящик», размах варьирования – «усы».

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По валовому содержанию в слое 0...25 см чернозема типичного участка «Ямская степь» государственного заповедника «Белогорье» (фоновая почва) элементы образуют убывающий ряд (мг/кг): Mn (416) > Zn (43,6) > Cu (12,7) > Pb (10,6) > Co (8,8) > As (4,41) > Cd (0,22) > Hg (0,018).

Среднее валовое содержание Co, As, Cd и Pb в пахотных черноземах типичных было сопоставимо с концентрацией этих элементов в фоновой почве. Валовое содержание Hg в целинной почве соответствовало нижнему пределу варьирования концентрации элемента в пахотной почве. Фоновое валовое содержание Zn и Cu было выше, чем их средняя концентрация, но в пределах варьирования этих параметров в пахотных почвах. Фоновая концентрация Mn – немного выше верхнего значения содержания элемента в пахотных почвах (рис. 1).

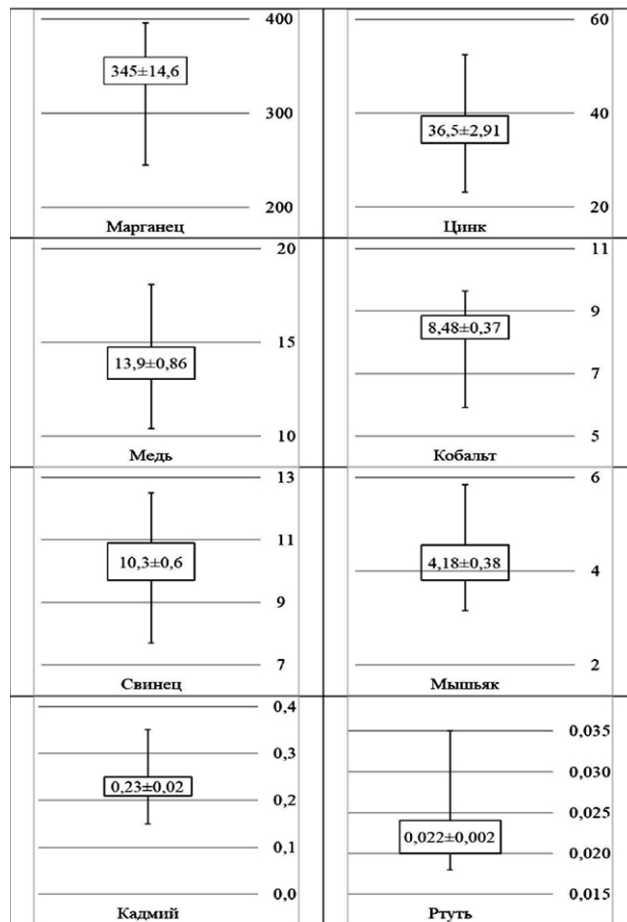


Рис. 1. Валовое содержание ТМ в пахотном слое чернозема типичного, мг/кг.

Таблица 1.

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в пахотном черноземе типичном, мг/кг

Элемент	Содержание в фоновой почве	Предельно допустимая концентрация	Уровень низкой обеспеченности	Вариационно-статистические показатели содержания элементов в почве		
				$\bar{x} \pm t_{0,95} s\bar{x}$	lim	V, %
Mn	19,7	140	<10	16,7±2,68	9,30...30,2	36,2
Pb	0,62	6	—	0,44±0,04	0,25...0,59	19,9
Zn	0,69	23	<2	0,39±0,05	0,24...0,68	29,3
Cu	0,10	3	<0,2	0,09±0,01	0,05...0,16	31,9
Co	0,10	5	<0,15	0,08±0,01	0,04...0,15	31,1
Cd	0,05	—	—	0,05±0,01	0,01...0,07	25,9

Превышения уровней предельно-допустимых концентраций (ПДК), установленных для Hg (2,1 мг/кг) и Mn (1500 мг/кг) не наблюдали. Не выявлено превышения уровней ориентировочно-допустимых концентраций (ОДК) в тяжелосуглинистых почвах с рН > 5,5 для Zn (220 мг/кг), Cu (132), Pb (130), As (10) и Cd (2 мг/кг). [8]

Исследуемые черноземы типичные лесостепной зоны характеризуются более низким валовым содержанием ТМ по сравнению с черноземами обыкновенными степной зоны ЦЧР. Это связано, в первую очередь, с более тяжелым гранулометрическим составом почвы и низким выщелачиванием ТМ из пахотного слоя в степной зоне. Например, среднее валовое содержание в пахотных черноземах обыкновенных Mn, Zn, As, Co, Pb и Cd выше, чем в типичных на 52, 6,4, 1,3, 1,03, 0,9 и 0,12 мг/кг соответственно. [7,9,15]

Основной антропогенный источник поступления ТМ в почвы агроэкосистем Белгородской области – органические удобрения. За 2010–2014 годы с ними в почву вносили: Pb – 76,3, Cd – 74,0, Hg – 76,2, As – 41,2% общего поступления. Баланс ТМ был отрицательным. [9]

В 2015–2018 годах с органическими удобрениями в пахотные почвы вносили Mn – 79,3, Zn – 86,3 и Co – 66,6% общего поступления. Баланс Mn и Co – отрицательный, Zn – положительный. [15]

Для прогнозирования накопления ТМ в растениеводческой продукции необходимо иметь ин-

формацию не только об их валовом содержании, но и концентрации подвижных форм в почве. [15] На содержание подвижных форм ТМ сильно влияет кислотность почв. При подщелачивании реакции почвенной среды подвижность большинства ТМ снижается. Для черноземов типичных лесостепной зоны ЦЧР в процессе сельскохозяйственного использования характерно систематическое подкисление в отличие от черноземов обыкновенных степной зоны, которым свойственно подщелачивание. Поэтому содержание подвижных форм большинства ТМ в черноземах типичных несколько выше, чем в обыкновенных. [7, 9, 15]

Среднее содержание подвижных форм Mn, Zn, Cu, Pb и Co в пахотном черноземе типичном было ниже, а Cd соответствовало их концентрации в фоновой почве. Фоновое содержание подвижных соединений Zn и Pb было немного выше верхнего предела варьирования концентраций этих элементов в пахотной почве. Содержание подвижных форм ТМ в пахотных черноземах типичных было значительно ниже значений ПДК (табл. 1). Обеспеченность почв пашни подвижными формами Zn, Cu и Co низкая, что обуславливает целесообразность применения в агротехнологиях микроудобрений, содержащих дефицитные элементы. [15]

Черноземы ЦЧР, несмотря на высокий уровень потенциального плодородия, характеризуются низким уровнем обеспеченности подвижными формами многих микроэлементов. В Липецкой области к категории низкообеспеченных по содержанию подвижных форм относятся Mn – 19,0, Zn – 95,0, Co – 23,0% обследованной пашни. [10] В Воронежской области в группу низкообеспеченных по содержанию подвижных форм Zn, Cu, Co и Mn входят соответственно 99,7, 96,5, 94,7 и 61,0% пахотных почв. [5]

В фоновой почве по удельной активности естественные радионуклиды образуют ряд (Бк/кг):  $^{40}\text{K}$  (523) >  $^{232}\text{Th}$  (38,2) >  $^{226}\text{Ra}$  (18,2). В пахотных почвах средняя удельная активность  $^{40}\text{K}$  (530,2 Бк/кг) и  $^{232}\text{Th}$  (38,1 Бк/кг) практически совпадала с фоновыми значениями, а  $^{226}\text{Ra}$  (23,8) была несколько выше (рис. 2). Удельная активность искусственного радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в фоновой почве составляла 22,1 Бк/кг, пахотной – 17,3. С момента Чернобыльской катастрофы большая часть  $^{137}\text{Cs}$  уже распалась, поскольку его период полураспада ( $T_{1/2}$ ) – 30,17 года. Определенная часть  $^{137}\text{Cs}$  выносятся из почвы с растениеводческой продукцией. Размеры миграции  $^{137}\text{Cs}$  за пределы пахотного слоя незначительны.

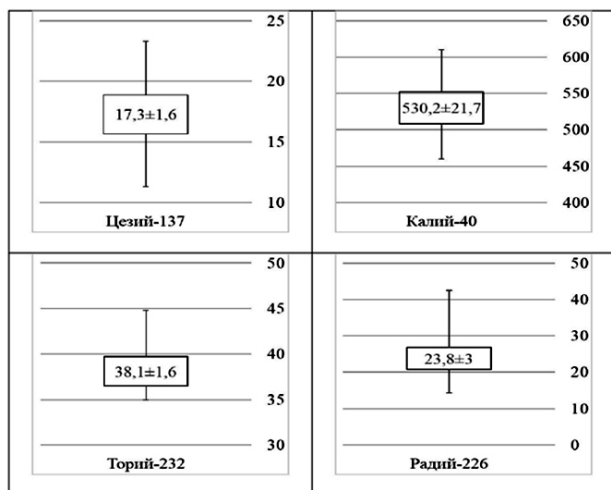


Рис. 2. Удельная активность радионуклидов в пахотном слое чернозема типичного, Бк/кг.

В исследованиях, проведенных спустя 26 лет после выпадений <sup>37</sup>Cs, на пахотных дерново-подзолистых песчаных почвах в слое 0...20 см обнаружено 92,2, 20...30 – 7,6, 30...60 см – 0,2% общего количества этого радионуклида. [3]

Очень близкие к нашим результаты по удельной активности <sup>232</sup>Th и <sup>226</sup>Ra получены в исследованиях по Волгоградской области на пахотных черноземах южных. В слое 0...20 см удельная активность <sup>232</sup>Th в среднем составляла 40,2 (29,0...52,6 Бк/кг), <sup>226</sup>Ra – 21,1 (13,1...39,8 Бк/кг). Средняя удельная активность <sup>40</sup>K в данной работе была выше, чем установленная в Белгородской области – 625 (523...798 Бк/кг). [2]

Содержание ТМ и удельная активность радионуклидов в растениеводческой продукции – важнейшие показатели, характеризующие экологическое состояние агроэкосистем. Величины данных параметров сильно варьируют в зависимости от химических особенностей элементов, вида растений, свойств почвы и агротехники возделывания культур. В полевых опытах, проведенных на дерново-подзолистых почвах в Новозыбковском районе Брянской области, в зависимости от применения средств химизации, в зерне озимой ржи содержание Cd изменялось от 0,0073 до 0,0105, Zn – 20,2...30,1 мг/кг, удельная активность <sup>137</sup>Cs – 15...84 Бк/кг. [3]

По содержанию в зерне озимой пшеницы ТМ образуют убывающий ряд: Mn > Zn > Cu > Pb > Co > Cd > As > Hg. Среднее количество наиболее токсичных элементов Hg, As, Cd и Pb было соответственно в 10,0, 12,5, 2,7 и 1,7 раза ниже допустимых уровней, установленных для продовольственного зерна. Содержание Zn, Cu и Co было соответственно в 2,3, 7,4 и 9,5 раза ниже временных максимально допустимых уровней (ВМДУ) для зерна, поставляемого на кормовые цели (табл. 2).

Таблица 2.

**Содержание тяжелых металлов и удельная активность радионуклидов в зерне озимой пшеницы (влажность 14%)**

Элемент	Предельно допустимые уровни [12] для зерна, поставляемого на		Вариационно-статистические показатели		
	пищевые цели	кормовые цели	$\bar{x} \pm t_{05} \bar{Sx}$	lim	V, %
Содержание ТМ, мг/кг					
Mn	–	–	23,3±1,47	14,6...32,0	16,3
Zn	–	50*	21,9±2,15	12,4...33,7	26,3
Cu	–	30*	4,08±0,41	2,06...5,4	24,8
Co	–	1,0*	0,105±0,01	0,07...0,13	15,4
Pb	0,5	5,0	0,298±0,026	0,163...0,378	22,5
Cd	0,1	0,3	0,037±0,0043	0,020...0,052	30,0
As	0,2	0,5	0,016±0,0015	0,011...0,025	24,1
Hg	0,03	0,1	0,003±0,0003	0,002...0,004	22,1
Удельная активность радионуклидов, Бк/кг					
<sup>40</sup> K	–	–	37,3±1,86	30,1...48,2	11,8
<sup>226</sup> Ra	–	–	6,48±0,50	4,3...10,2	20,3
<sup>232</sup> Th	–	–	5,63±0,37	3,5...6,9	17,4
<sup>137</sup> Cs	60	180	2,89±0,22	1,6...3,6	20,0

Примечание. \*ВМДУ–87 [4].

По величине удельной активности радионуклиды образуют ряд: <sup>40</sup>K > <sup>226</sup>Ra > <sup>232</sup>Th > <sup>137</sup>Cs. Средняя удельная активность искусственного радионуклида <sup>137</sup>Cs была в 20,7 раза ниже допустимого уровня для продовольственного зерна. Средняя удельная активность естественных радионуклидов <sup>40</sup>K, <sup>226</sup>Ra и <sup>232</sup>Th превышала величину данного показателя, установленного для <sup>137</sup>Cs, соответственно в 12,9, 2,2 и 1,9 раза.

**Выводы.** Установлено, что по среднему валовому содержанию в пахотных черноземах типичных ТМ выстроены по убыванию (мг/кг) – Mn (345) > Zn (36,5) > Cu (13,9) > Pb (10,3) > Co (8,48) > As (4,18) > Cd (0,23) > Hg (0,022), по содержанию подвижных форм закономерность иная – Mn (16,7) > Pb (0,40) > Zn (0,39) > Cu (0,09) > Co (0,08) > Cd (0,05). По удельной активности радионуклиды образуют ряд (Бк/кг): <sup>40</sup>K (530,2) > <sup>232</sup>Th (38,1) > <sup>226</sup>Ra (23,8) > <sup>137</sup>Cs (17,3). Превышения нормативов ОДК и ПДК изучаемых ТМ в исследуемых пахотных почвах не наблюдали. Обеспеченность пахотных почв подвижными формами Zn, Cu и Co низкая, поэтому для повышения урожайности сельскохозяйственных культур рекомендуется вносить микроудобрения, содержащие эти элементы. В зерне озимой пшеницы количество изучаемых ТМ и удельная активность <sup>137</sup>Cs были существенно ниже предельно допустимых уровней.

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в агроландшафте. СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН, 2008. 216 с. ISBN: 978-5-86763-213-7.
2. Апарин Б.Ф., Мингареева Е.В., Санжарова Н.И., Сухачева Е.Ю. Содержание радионуклидов (<sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K, <sup>137</sup>Cs) в черноземах Волгоградской области разных сроков отбора образцов // Почвоведение. 2017. № 12. С. 1457–1467.
3. Белоус И.Н. Научное обоснование систем удобрения озимой ржи в условиях радиоактивного загрязнения дерново-подзолистых песчаных почв юго-запада Центральной России. Автореф. дис. ...докт. с.-х. наук. М.: ВНИА имени Д.Н. Прянишникова, 2022. 50 с.
4. ВМДУ–87 «Временный максимально допустимый уровень содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках», 1987.
5. Корчагин В.И. Эколого-агрохимическая оценка плодородия почв Воронежской области. Автореф. дис.... канд. с.-х. наук. Воронеж, 2017. 28 с.
6. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: Типография Московской с.-х. академии им. К.А. Тимирязева, 1992. 61 с.
7. Протасова Н.А., Щербаков А.П. Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Sr, Ba, B, I, Mo) в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья. Воронеж: Изд-во Воронежского государственного университета, 2003. 368 с.
8. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021. № 2.

9. Селюкова С.В. Экологическая оценка содержания свинца, кадмия, ртути и мышьяка в агроэкосистемах юго-западной части Центрально-Черноземного района России. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2019. 25 с.
10. Сискевич Ю.И., Никоноренков В.А., Долгих О.В. и др. Почвы Липецкой области / Липецк: Изд-во ООО «Позитив Л», 2018. 209 с. ISBN 978-5-6041045-9-0.
11. Соловichenko В.Д., Тютюнов С.И., Уваров Г.И. Воспроизводство плодородия почв и рост продуктивности сельскохозяйственных культур Центрально-Черноземного региона. Белгород: «Отчий край», 2012. 256 с.
12. ТРТС015/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности зерна» (с изменениями на 15 сентября 2017 года) Технический регламент Таможенного союза от 09.12.2011 N015/2011. Режим доступа docs.cntd.ru/document/902320395 (дата обращения 10.11.2022).
13. Черных Н.А., Овчаренко М.М. Тяжелые металлы и радионуклиды в биогеносах. М.: Агроконсалт, 2003. 200 с.
14. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants, 2011. P. 41.
15. Lukin S.V., Zhuikov D.V. Monitoring of the Contents of Manganese, Zinc, and Copper in Soils and Plants of the Central Chernozemic Region of Russia // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. No 1. P. 63–71. DOI: 10.1134/S1064229321010099.
5. Korchagin V.I. Ekologo-agrohimicheskaya ocenka plodorodiya pochv Voronezhskoj oblasti. Avtoref. dis. ...kand. s.-h. nauk. Voronezh, 2017. 28 s.
6. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu tyazhyolyh metallov v pochvah sel'hozugodij i produkcii rastenievodstva. M.: Tipografiya Moskovskoj s.-h. akademii im. K.A. Timiryazeva, 1992. 61 s.
7. Protasova N.A., Shcherbakov A.P. Mikroelementy (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Sr, Ba, B, I, Mo) v chernozyomah i seryh lesnyh pochvah Central'nogo Chernozem'ya. Voronezh: Izd-vo Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 2003. 368 s.
8. SanPiN 1.2.3685-21 “Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya”. Utverzhdeny Postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 28.01.2021. № 2.
9. Selyukova S.V. Ekologicheskaya ocenka soderzhaniya svinca, kadmiya, rtuti i mysh'yaka v agroekosistemah yugo-zapadnoj chasti Central'no-Chernozemnogo rajona Rossii. Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. M.: RGAU – MSKHA imeni K.A. Timiryazeva, 2019. 25 s.
10. Siskevich Yu.I., Nikonorenkov V.A., Dolgih O.V. i dr. Pochvy Lipeckoj oblasti / Lipeck: Izd-vo ООО “Pozitiv L”, 2018. 209 s. ISBN 978-5-6041045-9-0.
11. Solovichenko V.D., Tyutyunov S.I., Uvarov G.I. Vosproizvodstvo plodorodiya pochv i rost produktivnosti sel'skohozyajstvennyh kul'tur Central'no-Chernozemnogo regiona. Belgorod: “Otchij kraj”, 2012. 256 s.
12. ТРТС015/2011 Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza “O bezopasnosti zerna” (s izmeneniyami na 15 sentyabrya 2017 goda) Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza ot 09.12.2011 N015/2011. Rezhim dostupa docs.cntd.ru/document/902320395 (data obrashcheniya 10.11.2022).
13. Chernykh N.A., Ovcharenko M.M. Tyazhelye metally i radionuklidy v biogeocenoazah. M.: Agrokonsalt, 2003. 200 s.
14. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants, 2011. R. 41.
15. Lukin S.V., Zhuikov D.V. Monitoring of the Contents of Manganese, Zinc, and Copper in Soils and Plants of the Central Chernozemic Region of Russia // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. No 1. P. 63–71. DOI: 10.1134/S1064229321010099.

#### REFERENCES

1. Alekseev Yu. V. Tyazhelye metally v agrolandshafte. SPb.: Izd-vo PIYAF RAN, 2008. 216 s. ISBN: 978-5-86763-213-7.
2. Aparin B.F., Mingareeva E.V., Sanzharova N.I., Suhacheva E.Yu. Soderzhanie radionuklidov (<sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K, <sup>137</sup>Cs) v chernozemah Volgogradskoj oblasti raznyh srokov otbora obrazcov // Pochvovedenie. 2017. № 12. S. 1457–1467.
3. Belous I.N. Nauchnoe obosnovanie sistem udobreniya ozimnoj rzhii v usloviyah radioaktivnogo zagryazneniya derno-vo-podzolistykh peschannyh pochv yugo-zapada Central'noj Rossii. Avtoref. dis. ...dokt. s.-h. nauk. M.: VNIA imeni D. N. Pryanishnikova, 2022. 50 s.
4. VMDU-87 “Vremennyj maksimal'no dopustimyj uroven' soderzhaniya nekotoryh himicheskikh elementov i gossipola v kormah dlya sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh i kormovyh dobavkah”, 1987.

*Поступила в редакцию 16.01.2023*

*Принята к публикации 30.01.2023*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АМАРАНТОВОГО ЖМЫХА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ЦЫПЛЯТ ПЛЕМЕННОЙ ЯИЧНОЙ ПТИЦЫ\*

Иван Федорович Горлов, академик РАН, профессор  
Марина Ивановна Сложенкина, член-корреспондент РАН, профессор  
Людмила Викторовна Хорошевская, доктор сельскохозяйственных наук  
Евгения Александровна Струк, кандидат биологических наук  
Ольга Юрьевна Дробязко  
Дарья Александровна Мосолова  
Александра Алексеевна Сложенкина

Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции,  
г. Волгоград, Россия  
E-mail: niimmp@mail.ru

**Аннотация.** Тематика выполненных исследований актуальна и значима, так как развитие отечественного промышленного птицеводства требует совершенствования кормовой базы и внедрения передовых технологий, способствующих реализации высокого генетического потенциала, заложенного в современных кроссах мясного и яичного направлений, в максимальной степени, а также производству запланированного объема высококачественного инкубационного яйца для получения полноценного, качественного племенного суточного цыпленка. В статье приведены данные по уровню яйценоскости стада при включении в рацион молодых кур жмыха из семян амаранта нового сорта Воронежский и последовавших изменений показателей качества инкубационных яиц и суточного молодняка под действием испытываемого рациона. Установлено позитивное влияние рационов кур при вводе в их рецептуру жмыха из амаранта на качественные показатели состава яйца, роста и развития зародышей, что приводит к получению более качественного племенного цыпленка, в больших объемах, с более крепкой иммунной системой, способной сопротивляться внешним и внутренним негативным факторам.

**Ключевые слова:** кормовая база, жмых из семян амаранта, новые сорта селекции, уровень яйценоскости, качество инкубационного яйца, качество суточного племенного молодняка, развитие зародышей, вывод суточного цыпленка, состояние иммунной системы и сохранность поголовья молодняка

## AMARANTH OIL CAKE USAGE FOR INCREASING OF PRODUCTIVITY AND QUALITY OF CHICKENS OF BREEDING EGG POULTRY CHICKENS

I.F. Gorlov, Academician of the RAS, Professor  
M.I. Slozhenkina, Corresponding Member of the RAS, Professor  
L.V. Khoroshevskaya, Grand PhD in Agricultural Sciences  
E.A. Struk, PhD in Biological Sciences  
O.Yu. Drobyazko  
D.A. Mosolova  
A.A. Slozhenkina

Povolzhskiy Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products, Volgograd, Russia  
E-mail: niimmp@mail.ru

**Abstract.** Due the domestic industrial poultry farming at the current stage development requires the improvement of the feed base and the introduction of advanced technologies that contribute to the full realization of the high genetic potential inherent in modern meat and egg crosses as well as the production of the planned volume of high-quality incubation eggs and full-fledged, high-quality breeding day-old chicken, this study is relevant and significant. The article presents data of the level of egg production of the herd when young chickens are included in the diet at the beginning of the spreading of cake from amaranth seeds of the new variety "Voronezh" and the subsequent changes in the quality indicators of incubation eggs and daily young under the influence of the tested diet. As a result of the study of morphological and biochemical parameters of the incubation egg, a day-old chicken, a positive effect of chicken diets, with the introduction of amaranth cake into their composition, on the qualitative indicators of egg composition, growth and development of embryos, which leads to a higher-quality breeding chicken, in large volumes, with a stronger immune system capable of resist external and internal negative factors.

**Keywords:** fodder base, amaranth seed cake, new varieties of breeding, egg production level, quality of incubation eggs, quality of daily breeding young, embryo development, hatching of a day-old chicken, the state of the immune system, the safety of the young stock

Рост промышленного производства яиц и мяса птицы в последние десятилетия — причина повышенного спроса на белковые корма растительного

происхождения. По различным данным экономические санкции, наложенные на РФ после февраля 2022 года, вызвали стремительный рост цен на

\* Исследование выполнено за счет гранта РФФИ № 22-16-00041, ГНУ НИИММП / The study was carried out at the expense of the RNF grant No. 22-16-00041, GNU NIIMMP.



данную категорию кормов. Поиск альтернативных кормов местного производства, создание на их базе новых ингредиентов для приготовления полнорационных комбикормов – основные задачи отечественного птицеводства. [3, 4] От оперативности их решения во многом будет зависеть экономическая эффективность отрасли в целом.

Производителям мясо-яичной продукции приходится больше учитывать ориентированность потребителей на экологически чистую продукцию, выращенную без антибиотиков и кормов, содержащих ГМО. [3, 4] В настоящее время забыты источники высокобелкового растительного сырья, позволяющие обогатить рационы промышленной птицы биологически активными веществами природного происхождения. Например, применение амарантового жмыха, содержащего макро- и микронутриенты, способствующие правильному развитию организма, снизит использование синтетических препаратов в кормлении и повысит экологическую чистоту продукции. [1, 10]

Амарант (ширица) – травянистое растение семейства Амарантовые (*Amaranthaceae*), многофункциональная культура, широко культивируется для кормовых, пищевых, лекарственных и технических целей в странах Северной и Южной Америки, Азии, Африки, Европы (см. рисунок на 3-й стр. обл.).

По данным Ш.Р. Холикназаровой, Н.Х. Тухтабоева [7], амарант превосходит все традиционные зерновые и зернобобовые культуры по содержанию белка, аминокислот, витаминов, макро- и микроэлементов и прекрасно подходит для выращивания в жарких, засушливых регионах, так как не требует особого ухода и полива. При благоприятных условиях урожайность зеленой массы достигает 400...600 ц/га, зерна – 16...25 ц/га. Во всех частях растения накапливается большое количество биологически активных веществ и соединений, что обуславливает возможность их использования как в перерабатывающей промышленности, так и животноводстве. [1, 2, 5] Зеленую массу амаранта применяют для кормления коров, коз, овец, свиней, кроликов и птицы, семена идут на производство ценного масла, обладающего антиокислительными и регенерирующими свойствами, содержащего в своем составе высокий процент сквалена (вещество с многочисленными полезными свойствами).

Из-за низкого содержания ингибиторов трипсина и фитина можно вводить в рацион животных и птицы зерно и жмых без дополнительной подготовки в виде термической обработки. [2, 5–7, 10]

А.М. Адыгезалова [1] говорит об особой ценности белка в зерне, характеризующегося сбалансированным аминокислотным составом и обладающего уникальными свойствами. Из аминокислот больше всего содержится лизина, метионина и цистина. Липидный состав зерна амаранта представлен ненасыщенными жирными кислотами. Из них линолевой кислоты – более 50% общего количества жирных кислот, олеиновой – около 25, пальмитиновой – 20, линоленовой – 1%. Установлено, что скармливание амаранта способствует снижению содержания холестерина в сыворотке крови, интенсификации обменных процессов в организме животных и птицы. [1]

О.А. Багно и др. [2] для снижения себестоимости производства мяса перепелов предложили использовать в составе полнорационных комбикормов до 12% пропаренных семян амаранта. В результате был получен дополнительный прирост перепелов и улучшение вкусовых качеств мяса.

В России амарант и продукты его переработки применяются редко, а эффективность амарантового жмыха в качестве кормового ингредиента для промышленного птицеводства до сих пор не установлена.

Недостаточная изученность агротехнологии возделывания, отсутствие экономической заинтересованности в новых скороспелых сортах, ранее препятствовали широкому внедрению культуры в производство. Ситуация изменилась после ввода экономических санкций и роста цен на синтетические аминокислоты импортного производства. Созданы современные, безалкалоидные, высокоурожайные сорта амаранта (*Рубин*, *Добрыня*, *Воронежский*), которые широко внедрены в культуру производства по южному региону России (Волгоградская и Воронежская области). На данном этапе важно разработать систему агротехнологии культуры, производство дорогостоящего масла, изучить и внедрить амарант и продукты его переработки в рационы сельскохозяйственных животных и птицы. Химический состав зерна амаранта и питательная ценность жмыха, полученного из него в процессе отжима масла, отражены в таблице 1.

Цель работы – изучить эффективность использования амарантового жмыха в кормлении ремонтного молодняка и племенного родительского стада кур кросса *Хайсекс Коричневый* яичного направления, его влияние на обменные процессы, развитие органов пищеварения, продуктивные качества кур по яйценоскости, качеству инкубационного яйца и уточного племенного молодняка.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Провели три последовательных научно-практических опыта на поголовье ремонтного молодняка (1), племенных курах в начале яйценоскости и выходе на продуктивную кривую (2), в инкубатории предприятия для определения качества инкубационного яйца и племенного молодняка (3).

**Таблица 1.**  
**Химический состав и питательная ценность зерна амаранта и жмыха**

Сорт	СВ	СП	СЖ	СК	СЗ	Лизин, г/кг	Фосфор, г/кг	Кальций, г/кг	Линолевая кислота, г/кг
<i>Рубин</i>	88,8	20,1	9,7	6,2	4,5	15,87	4,3	2,8	21,6
<i>Добрыня</i>	89,1	19,8	7,5	6,3	4,1	17,73	4,4	2,6	23,4
<i>Воронежский</i>	89,3	20,5	10,2	6,1	3,2	20,6	4,6	2,9	26,8
<b>Жмых</b>	<b>94,6</b>	<b>32,4</b>	<b>10,0</b>	<b>10,2</b>	<b>7,4</b>	<b>26,7</b>	<b>4,9</b>	<b>3,6</b>	<b>25,7</b>

*Примечание.* СВ – сухое вещество, %; СП – сырой протеин, %; СЖ – сырой жир, %; СК – сырая клетчатка, %; СЗ – сырая зола, %.

Таблица 2.

Схема опыта, n = 50 (12...17 недель)

Контрольная	Основной рацион (ОР)
I-я опытная	ОР + 3% амарантового жмыха
II-я опытная	ОР + 5% амарантового жмыха

Таблица 3.

Зоотехнические показатели подопытного поголовья, n=50

Показатель	Группа			Нормативные требования кросса
	контрольная	I-я опытная	II-я опытная	
Сохранность поголовья, %				
в начале опыта	100	100	100	100
в конце опыта	98	100	100	-
Живая масса, г				
12 недель	1052±4,1	1053±3,7	1054±2,3	1054±1,5
17 недель	1465±5,4	1412±4,1***	1405±3,5***	1402±1,5
Однородность стада (17 нед.), %	88,4	89,7	90,1	90±0,5

Примечание. \*\*\* P < 0,001.

Первый научно-практический опыт проходил на площадке СП «Светлый» АО «Агрофирма «Восток» Волгоградской области (репродуктор II-го порядка) на ремонтном молодняке родительского стада кросса *Хайсекс Коричневый*. Лабораторные исследования – на базе ГНУ НИИММП.

Из числа курочек, отобранных после бонитировки по внешнему виду и массе в возрасте 12-и недель, сформировали три группы ремонтного молодняка по 50 голов в каждой: контрольная – скормили обычный рацион в виде гранулированного корма; I группа – взамен соответствующей части рациона вводили амарантовый жмых в количестве 3%, II группа – амарантовый жмых в количестве 5% (табл. 2). Гематологические исследования выполняли на автоматическом анализаторе URIT-3020 Vet. Показатели естественной резистентности определяли в соответствии с классическими методиками, принятыми в иммунологии. Исследования внутренних органов проводили после анатомического вскрытия пяти голов из каждой испытуемой группы. Статистический анализ полученных данных выполняли с помощью программы Statistica и биометрических алгоритмов по Н.А. Плохинскому. Графический материал обрабатывали с использованием пакета программ Microsoft Office.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Главная задача в выращивании племенного ремонтного молодняка в период 12...17 недель – правильная подготовка организма курочек к разнесу и высокому уровню яйцекладки. Поэтому необходимо максимально обеспечить организм макро- и микронутриентами (особенно кальцием, фосфором и витаминами) для формирования долгого интервала продуктивности, развития крепкого и правильного костяка, нормативного набора жи-

вой массы и пищеварительного тракта, получения более однородного поголовья к моменту перевода во взрослое стадо. Основные зоотехнические показатели при промышленном выращивании племенного ремонтного молодняка яйценоского направления кросса *Хайсекс Коричневый* с использованием в рационе амарантового жмыха отражены в таблице 3.

Систематическое наблюдение за состоянием и поведением испытуемого ремонтного молодняка и результаты индивидуального контроля за массой курочек путем перевески поголовья показали, что рационы с вводом амарантового жмыха обеспечили высокую сохранность и однородность стада к моменту перевода во взрослое поголовье, оптимальный набор живой массы. В контрольной группе наблюдали отклонение по живой массе от установленных разработчиком кросса показателей (на 4,27%) из-за повышенного отложения абдоминального жира, выявленного при вскрытии тушки. Ввод в рацион ремонтного молодняка амарантового жмыха в дозе 5% обеспечил испытуемой птице II-й опытной группы наилучшие зоотехнические показатели по основным параметрам.

Уровень кормления ремонтного молодняка в течение всего периода онтогенеза – первостепенный фактор, определяющий рост и развитие организма курочек по заданной возрастной программе, заложенной производителем кросса, которую необходимо соблюдать в процессе выращивания, поэтому потребление корма и прирост жестко ограничиваются и контролируются с учетом возраста, продуктивности, живой массы. При избытке кормления наблюдается ускоренное развитие птицы, сверхнормативный набор живой массы, отложение подкожного и абдоминального жира, более раннее половое созревание, в результате чего продуктивное долголетие сокращается, а генетический потенциал не успевает реализоваться в полной степени. [3, 4] При дефиците кормления, наоборот, рост и развитие птицы замедляются, что негативно сказывается не только на показателях яичной продуктивности, но и приводит к стрессу, на фоне которого известны случаи расклева. [9] По данным И.А. Егорова и других исследователей [3, 4], корма для ремонтного молодняка, обогащенные высоким содержанием сырой клетчатки, которыми богаты жмыхи, в том числе и амарантовый, обеспечивают ремонтному молодняку чувство сытости, положительно действуют на развитие органов пищеварительной системы.

Различия между экспериментальными группами по длине и массе органов пищеварения отражены в таблице 4.

Органы пищеварения у курочек опытных групп более развиты, чем контрольной. Органы размножения у курочек обеих испытуемых групп, наоборот, по массе и длине уступали аналогам контрольной группы, что согласуется с результатами исследований живой массы птиц, на основании чего можно сделать вывод, что у курочек контрольной группы раньше, чем требует производитель кросса, наступит половое созревание и в недостаточно полной мере сформированный организм будет обязан начать противостоять высоким нагрузкам, что приведет к ранней яйцекладке, преждевременному ее прекращению, снижению качества племенного яйца.

**Таблица 4.**  
**Показатели развития органов пищеварения,**  
 **$M \pm m$  (n=5, 17 недель)**

Показатель	Группа		
	контрольная	I-я опытная	II-я опытная
Весовые характеристики, г			
Яичник	9,52±0,17	8,72±0,24**	8,65±0,12***
Железистый желудок	7,96±0,04	8,11±0,07*	8,20±0,05**
Мышечный желудок	33,50±0,16	34,42±0,18**	34,87±0,20***
Печень	39,40±0,21	39,90±0,11*	40,10±0,13**
Линейные характеристики, см			
Тонкий кишечник	140,7±2,1	145,9±1,8*	146,5±2,2*
Слепые отростки	8,3±0,1	10,7±0,3***	12,3±0,2***
Яйцевод	21,8±0,3	21,2±0,1*	21,1±0,2*

*Примечание.* \*P < 0,05; \*\*P < 0,01; \*\*\*P < 0,001 (то же в табл. 5).

**Таблица 5.**  
**Морфологический состав крови подопытной птицы,**  
 **$M \pm m$  (n=5, 17 недель)**

Показатель	Группа		
	контрольная	I-я опытная	II-я опытная
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /л	3,12±0,08	3,52±0,07**	3,57±0,05***
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л	28,51±0,21	27,79±0,15*	27,7±0,11**
Гемоглобин, г/л	108,5±1,4	114,5±1,7*	116,5±1,9**

**Таблица 6.**  
**Показатели естественной резистентности,**  
 **$M \pm m$  (ед./л, 17 недель, n = 5)**

Группа	Лизоцимная активность	Бактерицидная активность
Контрольная	0,245±0,004	0,355±0,002
I-я опытная	0,254±0,002*	0,364±0,004*
II-я опытная	0,259±0,006*	0,363±0,003*

Введение в рацион амарантового жмыха повлияло на гематологический профиль птиц. В крови кур опытных групп, по сравнению с аналогами из контрольной, повысилось содержание гемоглобина и эритроцитов, а количество лейкоцитов снизилось, что свидетельствует о повышении обменных и снижении воспалительных процессов в организме (табл. 5).

Курочки опытных групп имели более стойкий иммунитет к различным внешним неблагоприятным факторам. При изучении показателей бактерицидной и лизоцимной активности сыворотки крови отмечен рост значений по сравнению с аналогичными показателями курочек из контрольной группы (табл. 6).

**Выводы.** Скармливание ремонтному молодняку курочек яичного направления кросса *Хайсекс Коричневый* полнорационного корма с вводом 3 и 5% амарантового жмыха не оказало негативного воздействия на организм птицы и сохранность поголовья. Из-за высокого содержания в жмыхе доступных для организма, хорошо растворимых незаменимых аминокислот, особенно лизина и метионина, микро- и макроэлементов, отме-

чено позитивное влияние данного компонента на рост и развитие курочек, процессы кроветворения и иммунную защиту организма, что согласуется с имеющимися выводами других исследователей. [5–9]

Скармливание амарантового жмыха привело к удлинению тонкого отдела кишечника, увеличению объемов железистого и мускульного желудков и благотворно отразилось на развитии птиц и однородности стада.

Наиболее подходящая дозировка ввода амарантового жмыха в рацион молодняка – 5%. Более высокое его содержание не рекомендуется по причине прироста живой массы выше установленного значения, рекомендованного производителем кросса.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Адыгезалов А.М. Объективная возможность замены зерновых на зерна амаранта в кормлении растущих птиц // Инновационные направления в химизации земледелия и сельскохозяйственного производства: мат. Всерос. науч.-практ. конф. с межд. уч. и Всероссийской школы молодых ученых (19–21 июня 2019 г.). Белгород: ООО «Принт», 2019. С. 538–544.
2. Багно О.А., Шарыкин О.В., Шевченко С.А., Шевченко А.И. Использование Амаранта при откорме перепелов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 4 (210). С. 77–82.
3. Егоров И.А. Использование нетрадиционных кормов и кормовых добавок в современных реалиях птицеводческой отрасли // Мат. XVI Межд. конф. «Безопасные и качественные комбикорма как гарантия эффективного развития отраслей животноводства». «Комбикорма-2022» (18–20.04.2022).
4. Имангулов Ш.А., Егоров И.А., Околелова Т.М. Рекомендации по кормлению сельскохозяйственной птицы // ВНИТИП. Сергиев Посад, 2000. 68 с.
5. Магомедов И.М., Чиркова Т.В. Амарант – прошлое, настоящее и будущее // Успехи современного естествознания. 2015. № 1. С. 1108–1113.
6. Хошимжонова Н. Амарант – как нетрадиционная культура многоцелевого использования // Science and Education Scientific Journal. 2020. № 1 (6). С. 27–34.
7. Холикназарова Ш.Р., Тухтабоев Н.Х. Амарант: химический состав и как культура многоцелевого использования // Actual Problems of Applied Sciences Journal World. 2019. № 4 (14). С. 57–66.
8. Хавкин А.И. Микробиоценоз кишечника и иммунитет // РМЖ. 2003. № 3. С. 54.
9. Черных М., Федотов С., Капитонов Е. Влияние ассоциации микроорганизмов на резистентность птицы // Птицеводство. 2009. № 5. С. 30.
10. Molina E., González-Redondo P., Moreno R., et al. Effect of the inclusion of *Amaranthus dubius* in diets on carcass characteristics and meat quality of fattening rabbits. Journal of Applied Animal Research. 2017. № 46. С. 1–6.

#### REFERENCES

1. Adygezalov A.M. Ob'ektivnaya vozmozhnost' zameny zernovykh na zerna amaranta v kormlenii rastushchih ptic // Innovacionnye napravleniya v himizacii zemledeliya i sel'skohozyajstvennogo proizvodstva: mat. Vseros. nauch.-prakt. s mezhd. uch. i Vserossijskoj shkoly molodykh uchenykh (19–21 iyunya 2019 g.). Belgorod: ООО "Print", 2019. S. 538–544.

2. Bagno O.A., Sharykin O.V., Shevchenko S.A., Shevchenko A.I. Ispol'zovanie Amaranta pri otkorme perepelov // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022. № 4 (210). S. 77–82.
3. Egorov I.A. Ispol'zovanie netradicionnyh kormov i kormovyh dobavok v sovremennyh realiyah pticevodcheskoj otrasli // Mat. XVI Mezhd. konf. "Bezopasnye i kachestvennyye kombikorma kak garantiya effektivnogo razvitiya otraslej zhivotnovodstva". "Kombikorma-2022" (18–20.04.2022).
4. Imangulov Sh.A., Egorov I.A., Okolelova T.M. Rekomendacii po kormleniyu sel'skohozyajstvennoj pticy // VNITIP. Sergiev Posad, 2000. 68 s.
5. Magomedov I.M., Chirkova T.V. Amarant – proshloe, nastoyashchee i budushchee // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2015. № 1. S. 1108–1113.
6. Hoshimzhonova N. Amarant – kak netradicionnaya kul'tura mnogocelevogo ispol'zovaniya // Science and Education Scientific Journal. 2020. № 1 (6). S. 27–34.
7. Holiknazarova Sh.R., Tuhtaboev N.H. Amarant: himicheskij sostav i kak kul'tura mnogocelevogo ispol'zovaniya // Actual Problems of Applied Sciences Journal World. 2019. № 4 (14). S. 57–66.
8. Havkin A.I. Mikrobiocenozy kishhechnika i immunitet // RMZH. 2003. № 3. S. 54.
9. Chernyh M., Fedotov S., Kapitonov E. Vliyaniye associacij mikroorganizmov na rezistentnost' pticy // Pticevodstvo. 2009. № 5. S. 30.
10. Molina E., González-Redondo P., Moreno R., et al. Effect of the inclusion of *Amaranthus dubius* in diets on carcass characteristics and meat quality of fattening rabbits. Journal of Applied Animal Research. 2017. № 46. S. 1–6.

*Поступила в редакцию 16.01.2023*

*Принята к публикации 30.01.2023*

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ СУКЦИНАТА КОБАЛЬТА В СОСТАВЕ ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЯ И ГЛИЦЕРИНА ДЛЯ ВОСПОЛНЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ КОРОВ

Алексей Алексеевич Евглевский, доктор ветеринарных наук, профессор  
ФГБНУ Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск, Россия  
E-mail: evgl46@yandex.ru

**Аннотация.** В качестве активаторов процессов пищеварения и энергетического обмена обосновывается возможность применения сукцинатов, в частности сукцината кобальта. Это хорошо известный в ветеринарии и молочном животноводстве препарат. Показание для его применения чаще всего обусловлено потерей аппетита и не только. Кобальта хлорид входит в состав кобаламинов (витамин В12). При его дефиците значительно ухудшается синтез пропионовой кислоты – основного предшественника образования глюкозы, то есть энергии. В наших опытах сукцинат кобальта (соль янтарной кислоты) применялся в комплексе с кормовыми энергетиками пропиленгликолем и глицерином. В ходе биохимических исследований установлено, что данная комбинация обеспечивает хорошо выраженный клинический эффект, качественно улучшает метаболическую функцию печени. На это указывает восстановление показателей триглицеридов, кетоновых тел, ферментов переаминирования (AsAt и AlAt). Нормализация резервной щелочности свидетельствует о том, что энергетический обмен идет без накопления субстратов – лактата и кетокислот. Такой эффект достигается за счет активации аэробного пути синтеза энергии, который в 19 раз превосходит анаэробный гликолиз. Из-за технологической и экономической доступности, экологической безопасности и абсолютной безвредности для организма животных разработку целесообразно применять в производстве.

**Ключевые слова:** коровы, кормовые энергетика, энергетический обмен, кобальта хлорид, сукцинаты

## THE EFFECTIVENESS OF COBALT SUCCINATE IN PROPYLENE GLYCOL AND GLYCERIN COMPOSITION TO REPLENISHMENT OF ENERGY DEMANDS FOR CAWS

Al.A. Evglevskiy, *Grand PhD in Veterinary Sciences, Professor*  
FGBNU Kursk Federal Agrarian Research Center, Kursk, Russia  
E-mail: evgl46@yandex.ru

**Abstract.** As activators of digestive processes and energy metabolism, the possibility of using succinates, in particular cobalt succinate, is justified. This is a well-known drug in veterinary medicine and dairy farming. The indication for its use is most often due to the perversion of appetite and not only. The fact is that cobalt chloride is part of the cobalamines – that is, vitamin B-12. Just with a deficiency of vitamin B-12, the synthesis of propionic acid, the main precursor of glucose formation, that is, energy, significantly worsens. In our experiments, cobalt succinate (succinic acid salt) was used in combination with feed energetics propylene glycol and glycerin. In the course of biochemical studies, it was found that this combination provides a well-pronounced clinical effect, qualitatively improves the metabolic function of the liver. This is indicated by the positive results of normalization of triglycerides, ketone bodies, transamination enzymes- AsAt and AlAt. Normalization of the reserve alkalinity index indicated that the energy exchange goes on without accumulation of problematic lactate and ketoacids substrates. It is quite obvious that this effect is achieved by activating the aerobic pathway of energy synthesis. Activation of the aerobic pathway of energy synthesis is the most effective approach to filling the energy deficit in the body. The aerobic energy synthesis pathway is 19 times more powerful than anaerobic glycolysis. As for the application of the development in production? Then here, everything is technologically simple, economically affordable, environmentally safe and absolutely harmless to the body of animals.

**Keywords:** cows, feed energy, energy exchange, cobalt chloride, succinates

Мировой опыт современного промышленного животноводства свидетельствует о том, что на фоне достижений в селекции коров на высокую молочную продуктивность появился целый спектр трудно разрешимых проблем. Одна из них – высокая энергетическая потребность высокоудойных коров, которая невосполнима при использовании традиционных кормов, в том числе высококалорийных концентратов зерновых. Особенно важно обеспечить организм коров энергией в предотельный период и при выходе на пик молочной продуктивности. В настоящее время разработано большое количество энергетических добавок. [13] Многие из них основаны на использовании в качестве энергетического компонен-

та многоатомных спиртов – пропиленгликоля (ПГ) и глицерина (жироподобные энергетика), реже – защищенных жиров. Но их применение сопряжено с отрицательным действием на здоровье лактирующих коров. Механизм действия заключается в том, что, всасываясь из пищеварительной системы (рубец), они гематогенным путем поступают в печень, где быстро вовлекаются в энергетический обмен. По скорости глюкогенного действия экзогенный глицерин опережает эндогенный, синтезирующийся из жировых запасов собственного тела. Применение кормового глицерина позволяет снизить интенсивность эндогенного гидролиза жиров, но не решить проблему жирового метаболизма, синтеза

глюкозы и энергетического обеспечения организма коров в напряженные производственные периоды эксплуатации.

Синтез глюкозы происходит из глицерина. Пропиленгликоль вначале должен превратиться в глицерин, а это дополнительные энергетические затраты для организма, что учитывают в животноводстве стран Европы, отдавая предпочтение кормовому глицерину, а не пропиленгликолю. [1, 18, 20, 22]

Таким образом, использование в моноформе пропиленгликоля и глицерина – не оптимальный подход восполнения энергетических потребностей организма и, как свидетельствуют клинические наблюдения, не снижает риск развития жирового гепатоза у коров. [13] Существует большое количество энергетических добавок, в основе которых пропиленгликоль и глицерин. [11] Однако включение в состав пропиленгликоля или глицерина тех или иных компонентов, зачастую не обосновывается. Что касается энергоёмкости жиров, то она значительно выше, чем у углеводов. При окислении одной молекулы глюкозы производится 38 молекул АТФ, одной молекулы жира – 130. Но при окислении жира требуется намного больше кислорода, чем при окислении углеводов. От того по какому пути пойдет синтез энергии зависит ее количественный выход. При аэробном окислении одной молекулы глюкозы синтезируется 38 молекул АТФ, в 19 раз больше, чем при анаэробном гликолизе. Из-за крайне низкой энергетической продуктивности, анаэробный гликолиз способен произвести энергию лишь для минимального обеспечения жизнеспособности организма. В условиях анаэробноза, синтез энергии идет с образованием большого количества побочных продуктов энергетического обмена – лактата, кетокислот, холестерина. А это основной патобиохимический аспект, от которого зависит состояние здоровья и продуктивное долголетие высокоудойных коров. [9, 10, 15] При большом накоплении лактата, кетокислот и ограниченной вовлеченности их в энергетический обмен они становятся токсичными для организма. [9, 19] Животные (коровы) быстро слабеют, теряют продуктивность и многих из них приходится выбраковывать. До последнего времени в медицинском и ветеринарном практическом здравоохранении анаэробноза энергетических процессов не принимали во внимание. Отсюда трудно разрешимые проблемы метаболизма, здоровья людей и животных. Принимая во внимание побочное действие пропиленгликоля и глицерина, нами проведены многочисленные экспериментальные и клинические опыты по применению сукцинатов для активации энергетического обмена. [3]

Цель работы – раскрытие проблемных аспектов превращения жироподобных энергетиков пропиленгликоля и глицерина в энергию и обоснование применения сукцината кобальта для потенцирования энергетического метаболизма.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве кормовых энергетиков использовали пропиленгликоль, глицерин и их экспериментальные варианты, включающие сукцинат кобальта

(Янтарная кислота (ЯК) в комплексе с кобальта хлоридом). Целесообразность ввода в состав пропиленгликоля сукцината кобальта, а также количественный объем используемых компонентов, мы отражаем в научном обосновании результатов исследований.

Клинические опыты проведены на высокоудойных коровах Льговской опытно-селекционной станции.

В подопытные группы включали новотельных коров при наличии клинически выраженных симптомов ацидоза рубца. Отбор дополнительно подтверждали результатами биохимических исследований крови. Анализ проводили на автоматическом анализаторе Eos Bravo forte (Hospitex Diagnostics, Италия) Курской областной ветеринарной лаборатории с использованием диагностических наборов Абрис (Россия). Основные биохимические показатели – резервная щелочность, уровень содержания кетоновых тел, глюкоза. Исследовали гематологические показатели. Уровень гемоглобина определяли с помощью гемометра Сали, количество эритроцитов – в камере Горяева.

Испытуемые композиции выпаивали индивидуально с кратностью – раз в два дня (на 10, 13, 15, 17-е сутки).

В каждой группе отобрали по пять коров, имевших близкие фоновые биохимические показатели. У них брали кровь (из яремной вены) для последующих контрольных биохимических и гематологических исследований.

Цифровые данные биометрически обрабатывали в программе Excel. Значимость различий между группами оценивали с помощью параметрического t-критерия Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Возможность потенцирования энергетической и метаболической активности пропиленгликоля мы показали при разработке комплексных энерго-метаболических составов на основе пропиленгликоля и янтарной кислоты, глицерина и янтарной кислоты. [2, 4] Результаты клинических опытов свидетельствуют о том, что композиции на основе пропиленгликоля (глицерин) с янтарной кислотой или ее солями (сукцинаты) обладают не только энергетической, но и метаболической активностью. В ходе применения энергометаболических композиций было выявлено, что клиническая эффективность значительно повышается при параллельном применении инъекционного цианокобаламина или таблетированного кобальта хлорида. Цианокобаламин (витамин В12) в гуманной и ветеринарной медицине – один из важнейших эссенциальных для живого организма витаминов. [1, 7]

Витамин В12 необходим для лактирующих коров. [6, 8, 14] Синтезируемая в рубце пропионовая кислота (основной предшественник образования глюкозы) тесно связана с витамином цианокобаламином. [16, 17, 21] При дефиците витамина В12 значительно ухудшается синтез пропионовой кислоты, у коров развиваются заболевания (молочная лихорадка, кетоацидоз, ожирение печени), приводящие к преждевременному выбытию. Эссенциальная по-

требность цианокобаламина у жвачных животных — миллионная доля грамма на килограмм массы тела. Кобальта хлорид входит в состав витамина В12. Показание для применения кобальта хлорида — отсутствие аппетита. Его вводят в пищевой рацион животным при нарушении рубцового пищеварения. Кроме того, витамин В12 — катализатор эритропоэза, поэтому его можно использовать для активации аэробного пути синтеза энергии.

Экзогенно вводимая янтарная кислота и ее соли даже при минимальных дозировках обеспечивают нетипично высокий энергетический и метаболический эффект, например, в десятки раз увеличивается способность потребления кислорода клетками печени. [6]

Так как печень — это центральный орган выработки глюкозы, то в условиях низкого кислородного обеспечения применение сукцинатов будет способствовать активации аэробного пути синтеза энергии.

Мощность системы энергопродукции, замыкающейся на янтарной кислоте и ее солях, в сотни раз превосходит все другие системы энергообразования организма. [5, 8, 12, 14] Вышеуказанные аргументы послужили основанием для использо-

вания сукцината кобальта в качестве потенциального активатора аэробного пути синтеза энергии и для улучшения процессов рубцового пищеварения, в том числе усвоения пропионовой кислоты. В конечном итоге высока вероятность, что это позволит активизировать энергетический обмен, снизить риск развития патобиохимических процессов при активном эндогенном липолизе и белковым перекорме. В предварительных опытах установлено, что выпаивание кобальта хлорида (0,05 г) в комплексе с янтарной кислотой (30 мг/кг живой массы) приводило к более выраженному улучшению аппетита, по сравнению с применением кобальта хлорида в моноформе. Имеющиеся данные мы использовали в комбинациях на основе базовых энергетиков пропиленгликоля и глицерина вместе с янтарной кислотой и кобальта хлоридом. В разовой дозе испытуемые композиции включали следующие компоненты.

*Композиция № 1.* Глицерин — 150 г, янтарная кислота — 15 г, кобальта хлорид — 0,1 г. Разведение питьевой водой до объема 500 мл (IV группа). В качестве сравнения использовали глицерин (150 г) в комплексе с янтарной кислотой (15 г), разведение до 500 мл (V).

**Влияние испытуемых композиций на биохимические и гематологические показатели коров**

Показатель	Нормативный показатель	Группа I (ЯК+кобальта хлорид)	Группа II (ПГ+ЯК +кобальта хлорид)	Группа III (ПГ+ЯК)	Группа IV (глицерин+ЯК+ кобальта хлорид)	Группа V (глицерин + ЯК)	Группа VI (кобальта хлорид)
Общий белок, г/л	70...85	85,48±3,44	85,47±3,52	85,74±3,56	85,73±2,56	85,74±3,65	85,76±3,42
		84,32±3,39	83,45±3,44	83,37±3,42	82,43±2,24	82,56±3,47	85,29±3,52
		83,54±3,42	83,52±3,23	83,41±3,46	83,18±2,43	83,52±3,45	83,48±3,47
Резервная щелочность, ммоль/л	19...27	16,76±0,52	17,08±0,54	17,12±0,39	17,12±0,42	17,19±0,38	17,29±0,19
		19,53±0,47	19,43±0,37*	19,56±0,62*	20,39±0,56*	19,87±0,54*	17,58±0,41
		19,39±0,62	20,31±0,43*	20,42±0,51*	21,15 ± 0,24*	20,45±0,54*	18,53±0,31
Билирубин общий, мкмоль/л	0,2...5,1	6,39±0,25	6,29±0,42	6,31±0,34	6,32±0,41	6,35±0,52	6,37±0,48
		5,43±0,34	5,41±0,32	5,86±0,43	5,19±0,33	5,33±0,29	6,29±0,42
		5,19±0,27*	5,36±0,41*	5,47±0,35*	5,16±0,21*	5,18±0,36*	6,22±0,34
Кетоновые тела, ммоль/л	0,3...1,2	1,7±0,03	1,8±0,02	1,8±0,02	1,8±0,03	1,8±0,02	1,9±0,04
		1,5±0,03	1,5±0,03	1,7±0,03	1,3±0,04*	1,6±0,04	1,8±0,03
		1,3±0,02*	1,4±0,02*	1,5±0,03	1,2±0,02*	1,3±0,04	1,7±0,05
Глюкоза, ммоль/л	2,2...3,3	2,3±0,05	2,3±0,04	2,2±0,05	2,3±0,07	2,2±0,02	2,2±0,03
		2,4±0,04	2,4±0,02*	2,4±0,05	2,5±0,06*	2,4±0,07	2,3±0,05
		2,5±0,02	2,6±0,01	2,6±0,02	2,7±0,04*	2,6±0,04	2,4±0,06
Триглицериды, ммоль/л	0,17...0,50	0,63±0,08	0,61±0,07	0,72±0,07	0,74±0,05	0,59±0,07	0,61±0,08
		0,54±0,05	0,67±0,05	0,69±0,05	0,64±0,04	0,60±0,01	0,53±0,09
		0,53±0,03	0,55±0,04	0,59±0,04	0,62±0,03	0,60±0,05	0,55±0,08
Аспартат аминотрансфераза (АсАТ), ед/л	30...90	92,6±5,2	91,8±5,2	92,6±4,9	92,8±4,5	91,7±4,6	92,3±4,5
		86,7±4,8	86,5±4,7	87,2±4,3	81,6±3,7	85,4±3,9	91,6±3,7
		73,4±4,1*	74,6±4,2*	76,5±4,3	72,5±3,2*	74,3±3,7*	90,5±3,2
Аланин аминотрансфераза (АлАТ), ед/л	25...50	52,7±3,1	53,2±2,9	52,8±2,7	52,5±2,5	53,6±2,7	52,6±2,4
		41,6±2,8*	41,4±2,6*	43,2±2,6*	41,3±2,4*	41,2±2,5*	51,7±2,9
		39,2±2,6*	40,3±2,5*	42,4±2,8*	39,6±2,7*	40,7±2,6*	49,3±2,7
Эритроциты, 10...12/мл	5...7,5	5,11±0,59	5,12 ± 0,55	5,16 ± 0,47	5,14 ± 0,51	5,08 ± 0,45	5,09 ± 0,42
		6,07±0,52	6,59 ± 0,43	6,54 ± 0,59	7,02 ± 0,57*	5,91 ± 0,52	5,64 ± 0,35
		6,74±0,48	7,24 ± 0,36*	6,71 ± 0,45	7,23 ± 0,34*	6,05 ± 0,29	5,76 ± 0,28
Гемоглобин, г/л	90...120	87,4±3,7	88,5±3,4	89,1±3,4	89,5±3,4	89,7±3,5	89,6±3,3
		90,4±3,9	91,4±3,7	90,6±3,7	93,2±3,3	90,8±3,7	89,4±3,5
		95,7±4,1	96,8±3,8	94,54±3,8	95,4±3,2	94,5±3,2	89,8±3,4

*Примечание.* Первое цифровое значение — до эксперимента, второе — на седьмые сутки эксперимента, третье — на десятые; \* P<0,05 по отношению к показателям коров VI группы.

*Композиция № 2.* Пропиленгликоль – 150 г, янтарная кислота – 15 г, кобальта хлорид – 0,1 г. Разведение до 500 мл (II). Для сравнения применяли водный раствор пропиленгликоля (150 г) вместе с янтарной кислотой (15 г), разведение до 500 мл (III).

*Контрольная композиция № 3.* Янтарная кислота – 15 г, кобальта хлорид – 0,1 г, разведение до 500 мл (I).

Коровам VI группы давали водный раствор кобальта хлорида (0,1 г).

Испытуемые композиции выпаивали животным на седьмые–восьмые сутки после отела индивидуально, четырехкратно, кратность – раз в три дня.

Выраженные изменения в клиническом статусе стали проявляться уже на вторые сутки у коров, которым выпаивали композиции, содержащие янтарную кислоту. Повысился интерес к корму, жвачка стала активнее. Эффективность действия глицерина с янтарной кислотой была выше, чем у пропиленгликоля с янтарной кислотой.

На третьи сутки видимой разницы в клиническом состоянии коров, которым выпаивали комбинации пропиленгликоль (глицерин) + янтарная кислота в комплексе с кобальта хлоридом (сукцинат кобальта) и получавших композиции с одной янтарной кислотой, не выявлено. В этот же период у коров II, III, IV, V групп обозначились показатели роста молочной продуктивности и повышения содержания жира в молоке. Разница в клиническом состоянии стала проявляться на пятые сутки.

У коров II и IV групп, которым выпаивали комбинации энергетиков с сукцином кобальта, аппетит был гораздо лучше.

У животных VI группы, получавших в моноформе сукцинат кобальта, позитивные изменения (повышение аппетита и слабая жвачка) наблюдали только на 7...10-е сутки.

Биохимические и гематологические исследования представлены в таблице.

Исходные данные общего белка находились в пределах верхней границы физиологических значений. Несколько выше были показатели ферментов АсАТ и АлАТ, кетоновых тел, триглицеридов. Это свидетельствовало о том, что метаболические процессы в печени протекают на пределе ее физиологических возможностей. Повышенные исходные значения кетоновых тел на фоне низкого показателя резервной щелочности указывают на недостаточное кислородное обеспечение окислительных процессов в печени. Отсюда низкий уровень глюкозы и повышенное количество кетоновых тел.

При контрольных биохимических исследованиях на 7...10-е сутки тенденция роста резервной щелочности у коров I-V групп свидетельствовала о том, что окислительные процессы в печени идут в условиях достаточного кислородного обеспечения и не сопровождаются накоплением побочных продуктов энергетического обмена в виде кетокислот, лактата.

На нормализацию метаболической функции печени у коров этих групп указывают показатели снижения уровня ферментов АлАТ и АсАТ, общего билирубина, кетоновых тел.

С применением в моноформе кобальта хлорида (VI группа) значимых биохимических изменений не отмечено.

У коров II и IV групп, получавших пропиленгликоль (глицерин) + янтарная кислота + кобальта хлорид, биохимические показатели на десятые сутки имели более выраженные позитивные значения по сравнению с аналогичными показателями животных III и V групп. В этот период уровень эритроцитов и гемоглобина коров I, II и IV групп был выше, чем у особей других групп. Это обусловлено позитивным фармакологическим действием кобальта хлорида на синтез цианокобаламина, что положительно отразилось на эритропоэзе. Процесс эритропоэза тоже энергозатратный и для его активации требуется энергетическая стимуляция, поэтому у коров VI группы менее выраженный эффект влияния на эритропоэз и насыщенность гемоглобином эритроцитов по отношению к аналогичным показателям животных I, II и IV групп.

**Выводы.** Проведенный научный анализ, посвященный вопросам превращения жироподобных энергетиков пропиленгликоля и глицерина в энергию, проблеме активации энергетического обмена, клинические наблюдения, результаты биохимических и гематологических исследований подтверждают, что активация аэробного синтеза энергии с применением сукцинатов – ключевое звено выполнения энергетических потребностей организма высокопродуктивных коров. Экономически доступно и абсолютно безопасно для снижения побочного действия кормовых энергетиков пропиленгликоля и глицерина может быть использование сукцината кобальта. Включение сукцината кобальта в состав пропиленгликоля и глицерина обеспечивает хорошо выраженный клинический эффект, качественно улучшает метаболическую функцию печени, создает условия для вовлечения в энергетический обмен субстратов лактата и кетокислот.

Научно обоснована концепция активации аэробного синтеза энергии с сукцинатами и в клинических исследованиях доказана эффективность сукцината кобальта в составе пропиленгликоля и глицерина для выполнения энергетических потребностей высокопродуктивных коров.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бышевский А.Ш., Волосатов А.А., Карпова И.А. и др. Витамин В-12 и гомеостаз. Фундаментальные исследования. 2013. № 2-1. С. 221–226;
2. Евглевская Е.П., Евглевский А.А. Известные и неизвестные аспекты применения пропиленгликоля и глицерина и возможные пути их решения // Ветеринария и кормление. 2022. № 1. С. 24–28. DOI: 10.30917/АТТ-ВК-1814-9588-2022-1-5.
3. Евглевский А.А., Скира В.Н., Михайлова И.И. Активация энергетического обмена и коррекция метаболизма у коров с применением энергетиков. Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 5. С. 68–72
4. Евглевский А.А., Скира В.Н., Турнаев С.Н. и др. Эффективность применения энергометаболического состава на основе органических кислот при кормовом микотоксикозе коров. Ветеринария. 2018. № 10. С. 44–47.
5. Кондрашова М.Н., Захарченко М.В., Самохвалов В.А. и др. Сигнальное действие янтарной кислоты и ее лечебное применение в малых дозах. Регуляторы энер-



- гетического обмена. Клинико-фармакологические аспекты. Под ред. В.А. Хазанова. Томск, 2005. С. 8–16.
6. Кондрашова М.Н., Маевский Е.И., Бабаян Г.В. Адаптация к гипоксии посредством переключения метаболизма на превращения янтарной кислоты. В сб. Митохондрии. Биохимия и ультраструктура. М.: Наука, 1973. С. 112–129.
  7. Красновский А.Л., Григорьев С.П., Алёхина Р.М. и др. Современные возможности диагностики и лечения дефицита витамина В-12. Клиницист. 2016. Т. 10. № 3. <https://doi.org/10.17650/1818-8338-2016-10-3-15-25>
  8. Маевский Е.И., Гришина Е.В., Розенфельд А.С. Обоснование использования биологически активных добавок Янтавит и Митомин на основе янтарной кислоты. Научно-популярный мед. Журнал. 2000. Т. 1. С. 25–31.
  9. Мищенко В.А., Мищенко А.В., Черных О.Ю. Проблема патологии печени у высокопродуктивных коров Ветеринария Кубани. 2014. № 2. С. 11–12.
  10. Мищенко В.А., Мищенко А.В., Яшин Р.В. и др. Метаболические заболевания крупного рогатого скота. Ветеринария сегодня. 2021. № 3 (38). С. 184–189.
  11. Морозова Л.А., Миколайчик И.Н. Пропиленгликоль как источник энергии для высокопродуктивных коров // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2009. № 5. С. 29–32
  12. Орлов Ю.П. Энергетический дефицит при критических состояниях: значение сукцинатов. Ж. «Медицина неотложных состояний». 2016. № 7 (78). С. 124–131.
  13. Подобед Л.И. Какие энергетика для высокопродуктивных коров предпочтительнее? Ж. Эффективное животноводство. 2018. № 4. С. 70–73.
  14. Романцов М.Г., Суханов Д.С., Петров А.Ю. и др. Применение субстратов энергетического обмена при хроническом поражении печени для коррекции метаболических нарушений (экспериментально-клинические исследования. Фундаментальные исследования). 2011. № 3 С. 131–141.
  15. Рядчиков В.Г. Питание и здоровье высокопродуктивных коров. Научный журнал. Куб.ГАУ, 2012. № 79 (05). С. 147–165.
  16. Duplessis M., Lapierre H., Ouattara B. et al. Whole-body propionate and glucose metabolism of multiparous dairy cows receiving folic acid and vitamin B-12 supplements J J. Dairy Sci. 100:8578–8589 <https://doi.org/10.3168/jds.2017.13056>
  17. Duplessis M., Lapierre H., Pellerin D. et al. Effects of intramuscular injections of folic acid, vitamin B-12, or both, on lactational performance and energy status of multiparous dairy cows. J. Dairy Sci. 100:4051–4064 <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12381>
  18. Kupczynski R., Bodarski R., Janeczek W., Kuczaj M. Effect of glycerol and propylene glycol supplementation on metabolic parameters and production performance in periparturient period of dairy cows. Agric. J. 2012. PP. 88–94.
  19. Kupczy ´R., Szumny A., Wujcikowska K., Pachura N. Metabolism, Ketosis Treatment and Milk Production after Using Glycerol in Dairy Cows
  20. Department of Chemistry, Wroclaw University of Environmental and Life Science, Norwida 25, 50-375 Published: 8 August. 2020.
  21. Piantoni P., Allen M. Evaluation of propylene glycol and glycerol infusions as treatments for ketosis in dairy cows. J. Dairy Sci. 2015. V. 98. PP. 5429–5439.
  22. Spence J.D. Metabolic vitamin B-12 deficiency: a missed opportunity to prevent dementia and stroke. Nutr Res. 2016. V. 36(2). PP. 109–116.
  23. White H., Carvalho E., Koser S. et al. Regulation of hepatic gluconeogenic enzymes by dietary glycerol in transition dairy cows. J. Dairy Sci. 2016. V. 99. PP. 812–817.

REFERENCES

1. Byshevskij A.Sh. Volosatov A.A. Karpova I.A. i dr. Vitamin V-12 i gomeostaz. Fundamentalnye issledovaniya. 2013. № 2-1. S. 221–226
2. Evglevskaya E.P. Evglevskij A.A. Izvestnye i neizvestnye aspekty primeneniya propilenglikolya i glicerina i vozmozhnye puti ix resheniya Veterinariya i kormlenie. 2022. № 1. S. 24–28. DOI: 10.30917ATT-VK-1814-9588-2022-1-5.
3. Evglevskij A.A. Skira V.N. Mixajlova I.I. Aktivaciya energeticheskogo obmena i korrekciya metabolizma u korov s primeneniem energetikov. Vestnik Rossijskoj selskoxozyajstvennoj nauki. 2020. № 5. S. 68–72
4. Evglevskij A.A. Skira V.N. Turnaev S.N. i dr. E”ffektivnost primeneniya energometabolicheskogo sostava na osnove organicheskix kislot pri kormovom mikotoksikoze korov. Veterinariya. 2018. № 10. S. 44–47.
5. Kondrashova M.N. Zaxarchenko M.V. Samoxvalov V.A. i dr. Signalnoe dejstvie yantarnoj kisloty i ee lechebnoe primenenie v malyx dozax. Reguljatory energeticheskogo obmena. Kliniko-farmakologicheskie aspekty. Pod red. V.A. Xazanova. Tomsk 2005. S. 8–16.
6. Kondrashova M.N. Maevskij E.I. Babayan G.V. Adaptaciya k gipoksii posredstvom pereklyucheniya metabolizma na prevrashheniya yantarnoj kisloty. V sb. Mitoxondrii. Bioxi-miya i ultrastruktura. M.: Nauka, 1973. S. 112–129.
7. Krasnovskij A.L. Grigorev S.P. Alyoxina R.M. i dr. Sovremennye vozmozhnosti diagnostiki i lecheniya defici-ta vitamina V-12. Klinicist. 2016. T. 10. 3. DOI: 10.176501818-8338-2016-10-3-15-25
8. Maevskij E.I. Grishina E.V. Rozenfeld A.S. Obosnovanie ispolzovaniya biologicheskix aktivnyx dobavok Yantavit i Mitomin na osnove yantarnoj kisloty. Nauchno-populyarnyj med. Zhurnal. 2000. T. 1. S. 25–31.
9. Mishhenko V.A. Mishhenko A.V. Chernyx O.Yu. Problema patologii pecheni u vysokoproduktivnyx korov Veterinariya Kubani. 2014. № 2. S. 11–12.
10. Mishhenko V.A. Mishhenko A.V. Yashin R.V. i dr. Metabolicheskie zabolevaniya krupnogo rogatogo skota. Veterinariya segodnya. 2021. № 3 (38). S. 184–189.
11. Morozova L.A. Mikolajchik I.N. Propilenglikol kak istochnik energii dlya vysokoproduktivnyx korov Kormlenie selskoxozyajstvennyx zhivotnyx i kormoproizvodstvo. 2009. № 5. S. 29–32
12. Orlov Yu.P. E”nergeticheskij deficit pri kriticheskix sostoyaniyax znachenie sukcinatov. Zh. «Medicina neotlozhnyx sostoyanij». 2016. № 7(78). S. 124–131.
13. Podobed L.I. Kakie energetiki dlya vysokoproduktivnyx korov predpochitelnee Zh. E”ffektivnoe zhivotnovodstvo. 2018. № 4. S. 70–73.
14. Romancov M.G. Suxanov D.S. Petrov A.Yu. i dr. Primenenie substratov energeticheskogo obmena pri xronicheskom porazhenii pecheni dlya korrekcii metabolicheskix narushenij (eksperimentalno-klinicheskie issledovaniya. Fundamentalnye issledovaniya). 2011. № 3. S. 131–141.
15. Ryadchikov V.G. Pitanie i zdorove vysokoproduktivnyx korov. Nauchnyj zhurnal. Kub.GAU 2012. № 79 (05). S. 147–165.
16. Duplessis M. Lapierre N. Ouattara V. et al. Whole-body propionate and glucose metabolism of multiparous dairy cows receiving folic acid and vitamin B-12 supplements J J. Dairy Sci. 1008578–8589. DOI: 10.3168jds.2017.13056

17. Duplessis M. Lapiere H. Pellerin D. et al. Effects of intramuscular injections of folic acid vitamin B-12 or both on lactational performance and energy status of multiparous dairy cows. *J. Dairy Sci.* 1004051–4064. DOI: 10.3168/jds.2016-12381
18. Kupczynski R. Bodarski R. Janeczek W. Kuczaj M. Effect of glycerol and propylene glycol supplementation on metabolic parameters and production performance in periparturient period of dairy cows. *Agric. J.* 2012. PP. 88–94.
19. Kupczy ´R. Szumny A. Wujcikowska K. Pachura N. Metabolism Ketosis Treatment and Milk Production after Using Glycerol in Dairy Cows
20. Department of Chemistry Wroclaw University of Environmental and Life Science Norwida 25 50-375 Published 8 August 2020.
21. Piantoni P. Allen M. Evaluation of propylene glycol and glycerol infusions as treatments for ketosis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2015. V. 98. PP. 5429–5439.
22. Spence J.D. Metabolic vitamin B-12 deficiency a missed opportunity to prevent dementia and stroke. *Nutr Res.* 2016. V. 36 (2). PP. 109–16.
23. White H. Carvalho E. Koser S. et al. Regulation of hepatic gluconeogenic enzymes by dietary glycerol in transition dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2016. V. 99. PP. 812–817.

*Поступила в редакцию 16.01.2023*

*Принята к публикации 30.01.2023*

## ФАРМАКОЛОГИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ ГЕПАТОТОКСИЧНОСТИ ИНДУЦИРОВАННОЙ КИНМИКСОМ

Эмиль Касымович Рахматуллин, доктор ветеринарных наук

Жанна Равилевна Насыбуллина

Гузалия Рустамовна Ямалова, младший научный сотрудник

Николай Михайлович Василевский, доктор ветеринарных наук

Андрей Валериянович Маланьев, кандидат биологических наук

Кадрия Фагимовна Халикова, кандидат ветеринарных наук

Дамир Вазыхович Алеев, кандидат биологических наук

Наиля Наримановна Мишина, кандидат биологических наук

Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности,

г. Казань, Республика Татарстан, Россия

E-mail: amil59@yandex.ru

**Аннотация.** Неправильное применение пиретроидных пестицидов, несоблюдение правил хранения и транспортировки может привести к негативным последствиям (отравление, аллергическая реакция, хроническое нарушение функций систем организма, летальный исход). В последние десятилетия внимание ученых привлекает проблема токсического поражения печени пестицидами. Кинмикс – пиретроидный инсектицид, действующее вещество –  $\beta$ -циперметрин (50 г/л). Проведенные комплексные экспериментальные исследования показали, что Кинмикс при внутрижелудочном введении животным провоцирует развитие патологических реакций и оказывает токсическое действие на печень. Сделан вывод о том, что при комплексном лечении отравлений пестицидами, содержащими  $\beta$ -циперметрин, следует применять дипироксим и пиридоксина гидрохлорид. Для ранней диагностики отравления пестицидами в качестве маркеров можно использовать билирубин, альбумин, АЛТ, щелочную фосфатазу и отношение АЛТ к щелочной фосфатазе.

**Ключевые слова:** Кинмикс, синтетические пиретроиды, циперметрин, лабораторные животные, биохимические показатели, общий белок, глюкоза, билирубин, ферменты, аспарат- и аланинаминотрансфераза, лактатдегидрогеназа

## PHARMACOLOGICAL CORRECTION OF HEPATOTOXICITY INDUCED BY KINMIKS

E.K. Rakhmatullin, *Grand PhD in Veterinary Sciences*

J.R. Nasybullina

G.R. Yamalova, *Junior Researcher*

N.M. Vasilevskiy, *Grand PhD in Veterinary Sciences*

A.V. Malanyev, *PhD in Biological Sciences*

K.F. Khalikova, *PhD in Veterinary Sciences*

D.V. Aleev, *PhD in Biological Sciences*

N.N. Mishina, *PhD in Biological Sciences*

Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia

E-mail: amil59@yandex.ru

**Abstract.** Improper usage of pyrethroid pesticides, non-compliance with the rules of storage and transportation can lead to negative consequences (poisoning, allergic reactions, chronic disorders of body systems, death). In recent decades, the attention of scientists has been attracted by the problem of toxic damage to the liver by pesticides. Kinmiks is a pyrethroid insecticide, the active ingredient is beta-cypermethrin (50 g/l). Conducted complex experimental studies have shown that Kinmiks, when administered intragastrically to animals, provokes the development of pathological reactions and has a toxic effect on the liver. It was concluded that in the complex treatment of poisoning with pesticides containing  $\beta$ -cypermethrin, the diproxime and pyridoxine hydrochloride should be used. For early diagnosis of pesticide poisoning the indicators of bilirubin, albumin, ALT, alkaline phosphatase and the ratio of ALT to alkaline phosphatase can be used as markers.

**Keywords:** Kinmiks, synthetic pyrethroids, cypermethrin, laboratory animals, biochemical parameters, total protein, glucose, bilirubin, enzymes, aspartate and alanine aminotransferase, lactate dehydrogenase

Использование пиретроидных пестицидов в сельском хозяйстве способствует получению высоких урожаев, в то же время известно, что они относятся к группе биологически активных соединений и, воздействуя на организм животных и человека, нередко вызывают острые отравления, особенно при несоблюдении гигиенических нор-

мативов. Неправильное применение пестицидов, несоблюдение правил хранения и транспортировки может привести к негативным последствиям (отравление, аллергическая реакция, хроническое нарушение функций систем организма, летальный исход). Возможны и специфические эффекты, такие как канцерогенез и онкогенез. [4]

Цель работы – изучение динамики гепатотоксического действия пестицида Кинмикс и его фармакологическая коррекция.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыты проводили на 42 белых крысах (180...210 г), которые были разделены на семь групп по шесть голов в каждой по принципу аналогов с учетом возраста и живой массы. Кормили животных в соответствии с зоотехническими нормами.

Кинмикс – пиретроидный инсектицид кишечного контактного действия, действующее вещество – β-циперметрин (50 г/л). Производитель: Агро-Кем Кфт, Венгрия. [1] Кинмикс вводили животным внутрижелудочно в дозе 60 мг/кг. Схема эксперимента представлена в таблице 1.

Животным первой группы (контроль) внутрижелудочно вводили обычную воду, второй, третьей и четвертой – Кинмикс. Крысы пятой, шестой и седьмой групп получали пестицид и лечебные препараты с наступлением клинических признаков отравления.

В качестве лечебных средств использовали дипироксим (30 мг/кг живой массы) и раствор пиридоксина гидрохлорид (50 мг/кг). Препараты вводили внутримышечно при развитии характерных клинических признаков отравления (угнетение, бронхоспазм, судороги, тремор).

Для изучения биохимических показателей кровь брали у животных первой группы на десятые сутки эксперимента, второй и пятой – через сутки после введения Кинмикс, третьей, шестой – через пять дней, четвертой, седьмой – 10 дней.

Для изучения влияния Кинмикса на функцию печени были исследованы биохимические показатели крови: содержание общего белка, альбуминов, глюкозы, билирубина общего, активность аланиновой и аспаратаминотрансфераз (АЛТ, КФ 2.6.1.2 и АСТ, ЕС 2.6.1.1), щелочная фосфатаза (ЩФ, КФ 3.1.3.1), коэффициент де Ритиса и R-индекс. Коэффициент де Ритиса определяют по соотношению АСТ к АЛТ, индекс R – по соотношению активности АЛТ и ЩФ, общий белок – по биуретовой реакции, количество альбумина – колориметрическим методом с бромкрезоловым пурпурным. [5, 6, 10–12] Концентрацию общего билирубина находили колориметрическим способом с 2,4-дихлоранилином, активность АЛТ и АСТ – унифицированным динитрофенилгидразивным методом. [6, 13, 14] Активность щелочной

фосфатазы (ЩФ, КФ 3.1.3.1.) изучали кинетическим колориметрическим методом. [1, 6]

Эксперименты проводили в соответствии с рекомендациями, установленными Международным и Институциональным комитетами по этике работы с лабораторными животными и в соответствии с Директивой 2010/63/US от 22 сентября 2010 г. [9]

Данные обрабатывали методом вариационной статистики с помощью программы Statistica 13.3. [7] Статистическую значимость различий определяли по величине критерия Стьюдента.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

При изучении гепатотоксичности ксенобиотиков и пестицидов необходимо проводить клинико-лабораторные исследования для выявления характера токсического действия и оценки степени поражения. Проводя биохимический анализ крови, можно наиболее полно диагностировать функциональное состояние систем и органов организма, выявить воспалительные процессы, дисбаланс микроэлементов и нарушения водно-солевого обмена. [4]

После введения пестицида в дозе 60 мг/кг клинические признаки отравления у животных наступали через 10...15 мин. в виде слабости, малоподвижности, потирания глаз и носа. Через 30...35 мин. нарушалась координация движений, через 35...40 мин. начинался тремор, а также обильное слюноотделение и одышка, 40...45 мин. – судороги. Клинические признаки отравления исчезали через 20...25 мин. после введения лечебных средств. Животные начинали передвигаться по клетке, их дыхание восстанавливалось, через 60...90 мин. они принимали воду и пищу. Результаты биохимических исследований крови белых крыс при отравлении Кинмиксом на фоне применения лечебных средств представлены в таблице 2.

После внутрижелудочного введения Кинмикса животным опытных групп без лечебных препаратов отмечали достоверное увеличение количества общего белка, билирубина, глюкозы, активности ферментов АЛТ, АСТ, ЩФ и снижение количества альбумина, отношения АЛТ к ЩФ. У экспериментальных животных, которым вводили Кинмикс и лекарственные препараты (дипироксим и пиридоксина гидрохлорид), при появлении клинических признаков отравления содержание общего белка, альбумина, билирубина, глюкозы, активность ферментов АЛТ, АСТ, ЩФ, коэффициент де Ритиса и отношение АЛТ к ЩФ были на уровне животных контрольной группы.

В литературе есть данные, свидетельствующие о том, что повышение активности аминотрансфераз (АЛТ и АСТ) в 1,5...5 раз по сравнению с верхней границей нормы расценивается как минимальная активность процесса, в 4...10 раз – об умеренной, более чем в 10 раз – о высокой биохимической активности. Степень повышения активности аминотрансфераз отмечает выраженность цитолитического синдрома, но прямо не указывает на глубину нарушения функции печени. [8]

По данным научной литературы известно, что гепатоцеллюлярный тип поражения печени харак-

Таблица 1.

Схема опыта

Группа животных (n=6)	Алгоритм исследования		Взятие крови	
	затравка	лечение		
1 контрольная	Вода	–	Через 10 суток	
2 опытная	Кинмикс	–	Через сутки	
3 опытная		–	Через 5 суток	
4 опытная		–	Через 10 суток	
5 опытная		Дипироксим, пиридоксина гидрохлорид	–	Через сутки
6 опытная			–	Через 5 суток
7 опытная			–	Через 10 суток

Таблица 2.

Биохимические показатели крови белых крыс при отравлении Кинмиксом и на фоне применения лечебных средств

Показатель	Единицы измерения	Контроль	Сутки		
			первые	пятые	десятые
Общий белок		55,37±1,34	72,50±1,39*	78,68±1,24*	71,03±1,06*
			57,50±1,49	58,23±1,49	56,34±1,49
Альбумин	г/л	28,58±0,70	21,72±0,32*	22,32±1,00*	20,23±0,64*
			25,47±0,70	27,35±0,70	29,26±0,70
Общий билирубин	мкмоль/л	3,78±0,14	8,67±0,05*	9,16±0,09*	9,86±0,04*
			3,72±0,14	3,82±0,14	3,68±0,14
АСТ		179,6±1,03	264,5±1,8*	287,2±1,7*	278,4±1,6*
			248,1±1,5*	178,8±1,5	182,5±0,8
АЛТ		56,3±0,25	89,7±1,29*	86,1±0,82*	83,5±1,31*
			72,3±0,31*	61,2±0,47	57,3±0,32
Коэффициент де Ритиса	ед/л	3,2±0,12	2,95±0,21	3,34±0,31	3,33±0,21
			3,43±0,84	2,92±0,19	3,19±0,84
Щелочная фосфатаза		114,8±2,4	287,4±1,6*	223,8±1,5*	297,4±1,3*
			175,2±1,7*	121,4±1,3*	117,5±1,2
R (АлАТ/ЩФ)		0,49±0,02	0,31±0,02*	0,38±0,06*	0,28±0,05*
			0,41±0,03	0,50±0,04	0,49±0,03
Глюкоза	ммоль/л	4,51±0,06	6,43±0,05*	7,19±0,09*	7,07±0,08*
			5,71±0,08*	5,36±0,07	4,64±0,07

Примечание. \* — Достоверная разница между опытными группами и контрольной. В числителе — показатели после введения Кинмикса, в знаменателе — Кинмикса и лечебных препаратов.

теризуется повышением активности АЛТ более чем в два раза относительно верхней границы нормы или соотношением АЛТ/ЩФ  $\geq 5$ , холестатический тип — ростом активности щелочной фосфатазы более чем в два раза относительно верхней границы нормы (АЛТ/ЩФ  $\leq 2$ ), смешанный тип — увеличением активности АЛТ более чем в два раза относительно верхней границы нормы или соотношением АЛТ/ЩФ от двух до пяти раз. [2, 3]

При изучении показателей АЛТ, ЩФ и R после введения Кинмикса установлено, что пестицид влияет на эти показатели. Он оказывает гепатотоксическое действие при оральном попадании. Кинмикс провоцирует развитие патологических реакций печени.

При комплексном лечении отравлений пестицидами, содержащими  $\beta$ -циперметрин, необходимо применять дипироксим и пиридоксина гидрохлорид. Для ранней диагностики таких отравлений можно использовать в качестве маркеров билирубин, альбумин, АЛТ, ЩФ и отношение АЛТ к ЩФ.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации по состоянию на 5 сентября 2018 г. С. 44.
2. Давыдова А.В. Клиническая интерпретация биохимического анализа крови при заболеваниях печени: учебное пособие для студентов. ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России. Иркутск : ИГМУ, 2013. С. 7–9.
3. Дорюфеев В.В., Борисова И.В., Тарасова М.А. и др. Лабораторная диагностика лекарственно-индуцированных поражений печени при беременности. Трансляционная медицина. 2017. № 4 (3). С. 35–44. <https://doi.org/10.18705/2311-4495-2017-4-3-35-44>.
4. Иванов А.В., Галютдинова Г.Г., Трмасов М.Я. Актуальные вопросы пиретроидных инсектицидов. Ветеринарный врач. 2005. № 4. С. 6–8.

5. Ивашкин, В.Т., Барановский А.Ю., Райхельсон К.Л. и др. Лекарственные поражения печени (клинические рекомендации для врачей). Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2019. № 29 (1). С. 101–131. <https://doi.org/10.22416/1382-4376-2019-29-1-101-131>.
6. Карпищенко А.И. и др. Клиническая лабораторная диагностика заболеваний печени и желчевыводящих путей: руководство для врачей. М.: ГЭОТАР Медиа, 2020. 464 с. ISBN 978-5-9704-5256-1. Текст: электронный // ЭБС «Консультант студента»: [сайт]. URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970452561.html> (дата обращения: 23.04.2021). Режим доступа: по подписке.
7. Солнцева О.В. Анализ статистических данных в пакете STATISTICA. Практическое руководство для пользователей. Ульяновск: ГСХА, 2004. 43 с.
8. Ярец Ю.И. Биохимические тесты в практической медицине: практическое пособие для врачей: в 2 частях. Гомель, 2016. Часть I. С. 12.
9. Directive 2010/63/EU of The European Parliament and of The Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes, L 276/52.
10. DE Ritis F, Coltorti M, Giusti G. An enzymic test for the diagnosis of viral hepatitis; the transaminase serum activities. Clin Chim Acta. 1957 Feb. Vol. 2 (1). PP. 70–4. DOI: 10.1016/0009-8981(57)90027-x. PMID: 13447217.
11. IFCC primary reference procedures for the measurement of catalytic activity concentrations of enzymes at 37°C. Part 9. Reference procedure for the measurement of catalytic concentration of alkaline phosphatase. Clin Chem Lab Med. 2011. Vol. 49. PP. 1439–1446.
12. Reporting adverse drug reactions definitions of terms and criteria for their use. Geneva: CIOMS, 2000. 146 p.
13. The De Ritis Ratio: The Test of Time Mona Botros, Kenneth A Sikaris Clin Biochem Rev. 2013 Nov. Vol. 34 (3). PP. 117–130.
14. Sociedad Española de Química Clínica, Comité Científico, Comisión de Enzimas. Método recomendado para la

determinación en rutina de la concentración catalítica de la aspartato aminotransferasa en suero sanguíneo humano. *Quim Clin.* 1987. Vol. 6. PP. 235–239.

REFERENCES

1. Gosudarstvennyj katalog pesticidov i agroximikatov razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossijskoj Federacii po sostoyaniyu na 5 sentyabrya 2018 g. S. 44.
2. Davydova A.V. Klinicheskaya interpretaciya bioximicheskogo analiza krovi pri zabolevaniyax pecheni uchebnoe posobie dlya studentov. GBOU VPO IGMU Minzdrava Rossii. Irkutsk IGMU 2013. S. 7–9.
3. Dorofejkov V.V. Borisova I.V. Tarasova M.A. i dr. Laboratornaya diagnostika lekarstvenno-inducirovannykh porazhenij pecheni pri beremennosti. *Translyacionnaya medicina.* 2017. 4 (3). S. 35–44. DOI: 10.187052311-4495-2017-4-3-35-44.
4. Ivanov A.V. Galyautdinova G.G. Tremasov M.Ya. Aktualnye voprosy piretroidnykh insekticidov. *Veterinarnyj vrach.* 2005. 4. S. 6–8.
5. Ivashkin V.T. Baranovskij A.Yu. Rajxelson K.L. i dr. Lekarstvennye porazheniya pecheni (klinicheskie rekomendacii dlya vrachej). *Rossijskij zhurnal gastroenterologii gepatologii koloproktologii.* 2019. 29 (1). S. 101–131. DOI: 10.224161382-4376-2019-29-1-101-131.
6. Karpishhenko A.I. i dr. Klinicheskaya laboratornaya diagnostika zabolevanij pecheni i zhelchevyvodyashhix putej rukovodstvo dlya vrachej. M. GE"OTAR Media 2020. 464 s. ISBN 978-5-9704-5256-1. Tekst elektronnyj E"BS Konsultant studenta sajt. URL <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970452561.html> (data obrashheniya 23.04.2021). Rezhim dostupa po podpiske.
7. Solnceva O.V. Analiz statisticheskix dannyx v pakete STATISTICA. *Prakticheskoe rukovodstvo dlya polzovatelej.* Ulyanovsk GSXA 2004. 43 s.
8. Yarec Yu.I. Bioximicheskie testy v prakticheskoy medicine prakticheskoe posobie dlya vrachej v 2 chastyax. Gomel 2016. Chast I. S. 12.
9. Directive 201063EU of The European Parliament and of The Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes L 27652.
10. DE Ritis F Coltorti M Giusti G. An enzymic test for the diagnosis of viral hepatitis the transaminase serum activities. *Clin Chim Acta.* 1957 Feb. Vol. 2 (1). PP. 70–4. DOI: 10.10160009-8981(57)90027-x. PMID 13447217.
11. IFCC primary reference procedures for the measurement of catalytic activity concentrations of enzymes at 37°C. Part 9. Reference procedure for the measurement of catalytic concentration of alkaline phosphatase. *Clin Chem Lab Med.* 2011. Vol. 49. PP. 1439–1446.
12. Reporting adverse drug reactions definitions of terms and criteria for their use. Geneva CIOMS 2000. 146 p.
13. The De Ritis Ratio The Test of Time Mona Botros Kenneth A Sikaris *Clin Biochem Rev.* 2013 Nov. Vol. 34 (3). PP. 117–130.
14. Sociedad Española de Química Clínica, Comité Científico, Comisión de Enzimas. Método recomendado para la determinación en rutina de la concentración catalítica de la aspartato aminotransferasa en suero sanguíneo humano. *Quim Clin.* 1987. Vol. 6. PP. 235–239.

*Поступила в редакцию 19.01.2023  
Принята к публикации 02.02.2023*

## СВЯЗЬ ЭКСТЕРЬЕРНЫХ ПРИЗНАКОВ С КОМПОНЕНТНЫМ СОСТАВОМ МОЛОКА У АЙРШИРСКИХ КОРОВ\*

Елена Анатольевна Романова, *младший научный сотрудник*  
Ольга Васильевна Тулинова, *кандидат сельскохозяйственных наук*  
Марина Владимировна Позовникова, *кандидат биологических наук*  
Екатерина Николаевна Васильева, *кандидат сельскохозяйственных наук*  
Анна Владимировна Петрова, *младший научный сотрудник*  
Виктория Борисовна Лейбова, *кандидат биологических наук*

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», г. Санкт-Петербург – Пушкин, Россия  
E-mail: pozovnikova@gmail.com

**Аннотация.** Чтобы эффективно управлять генетическими ресурсами популяции айрширского крупного рогатого скота и проводить направленный подбор родительской группы для улучшения признаков продуктивного долголетия и качества молока, выявили взаимосвязи линейной оценки экстерьера, а также индексов вымени и ног (UDC и FLC) с основными показателями компонентного состава молока. В результате оценки экстерьерного типа установили, что качество вымени коров первого отела в среднем имело положительные характеристики:  $UDC = 1,0 \pm 0,09$  единиц генетического отклонения из-за высоких показателей прикрепления передних долей вымени, высоты прикрепления задних долей и борозды вымени. Отмечено в среднем отрицательное значение индекса композиции ног ( $FLC = -0,2 \pm 0,07$ ), что связано с невысокой классификационной оценкой конечностей и недостаточной высотой пятки у исследуемых животных. Коровы с более качественным прикреплением вымени и крепкими ногами из групп  $UDC \geq 0$  и  $FLC \geq 0$  производили молоко с большим содержанием полиненасыщенных жирных кислот (PUFA) на  $0,008$  г/100 г ( $P \leq 0,01$ ), но в молоке коров с более здоровыми конечностями было меньше соматических клеток (SCC), мочевины (Urea) и среднецепочечных жирных кислот (MCFA). Разница между группами  $UDC \geq 0$  и  $UDC < 0$  по содержанию SCC составила 153,97 тыс./мл. Найдены положительные корреляции между углом копыта (FA) и полиненасыщенными жирными кислотами (PUFA)  $r = 0,346$  ( $P \leq 0,001$ ), а также FA и мононенасыщенными жирными кислотами (MUFA)  $r = 0,208$  ( $P \leq 0,01$ ). В исследованиях установлены отрицательные корреляции индекса UDC с мочевиной (Urea)  $r = -0,235$  ( $P \leq 0,01$ ) и SCC  $r = -0,181$  ( $P \leq 0,05$ ), индекса FLC с Urea  $r = -0,332$  ( $P \leq 0,001$ ) и FLC с SCC  $r = -0,180$  ( $P \leq 0,05$ ).

**Ключевые слова:** айрширская порода, молоко, экстерьер, соматические клетки, жирные кислоты, UDC, FLC

## RELATIONSHIP BETWEEN EXTERIOR FEATURES WITH MILK COMPONENT COMPOSITION OF AYRSHIRE COWS

E.A. Romanova, *Junior Researcher*  
O.V. Tulinova, *PhD in Agricultural Sciences*  
M.V. Pozovnikova, *PhD in Biological Sciences*  
E.N. Vasilyeva, *PhD in Agricultural Sciences*  
A.V. Petrova, *Junior Researcher*  
V.B. Leibova, *PhD in Biological Sciences*

Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding –  
Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, St. Petersburg – Pushkin, Russia  
E-mail: pozovnikova@gmail.com

**Abstract.** In order to effectively manage the genetic resources of the Ayrshire cattle population and conduct a directed selection of the parent group to improve traits related to productive longevity and milk quality, a study was conducted to identify the relationship between the linear assessment of the conformation, as well as the udder and leg indices (UDC and FLC) with the main indicators of the component composition of milk. As a result of the conformation type assessment, it was found that the quality of the udder of cows of the first calving had, on average, positive estimates:  $UDC = +1.0 \pm 0.09$  units of genetic deviation, due to the high rates of attachment of the front udder lobes, the height of attachment of the hind lobes and the udder furrow. An average negative value of the leg composition index ( $FLC = -0.2 \pm 0.07$ ) was noted, which is associated with a low classification score of the limbs and insufficient heel height in the study sample. Animals with better udder attachment and strong legs from the  $UDC \geq 0$  and  $FLC \geq 0$  groups produced milk with a high content of polyunsaturated fatty acids (PUFA) by  $0.008$  g/100 g ( $P \leq 0.01$ ), along with this, milk from cows with more healthy limbs contained less somatic cells (SCC), urea (Urea) and medium chain fatty acids (MCFA). The difference between the groups  $UDC \geq 0$  and  $UDC < 0$  in terms of SCC content was 153.97 thousand/ml. There were positive correlations between hoof angle (FA) and polyunsaturated fatty acids (PUFA)  $r = 0.346$  ( $P \leq 0.001$ ) and FA and monounsaturated fatty acids (MUFA)  $r = 0.208$  ( $P \leq 0.01$ ). The studies found negative correlations of the UDC index with urea (Urea)  $r = -0.235$  ( $P \leq 0.01$ ) and SCC  $r = -0.181$  ( $P \leq 0.05$ ), and the FLC index and Urea  $r = -0.332$  ( $P \leq 0.001$ ) and FLC and SCC  $r = -0.180$  ( $P \leq 0.05$ ).

**Keywords:** Ayrshire breed, milk, conformation, somatic cells, fatty acids, UDC, FLC

\* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-16-00049 / The study was funded by a grant Russian Science Foundation No. 21-16-00049.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

*Айрширская* порода скота сочетает в себе высокие продуктивные, технологические и экономические качества – уровень продуктивности и жирномолочность, приспособленность к интенсивной технологии производства, устойчивость к заболеваниям. [6] Коровы характеризуются здоровым и крепким костяком, компактным и гармоничным телосложением, характерным для скота молочного типа продуктивности. Грудь глубокая, хорошо развитая, спина прямая, брюхо объемистое, но не отвисшее.

Высокая продуктивность стада – одна из основных задач в животноводстве. Экстерьер и уровень продуктивности отражают состояние здоровья животного, что определяет продолжительность его хозяйственного использования. Каждый биологический признак представляет собой функцию многих переменных, например, молочная продуктивность коров напрямую зависит от качества вымени. Установлена достоверная связь удоя с линейными параметрами вымени: от +0,07 с прикреплением передних долей до +0,38 с положением дна. [1] В наших предыдущих исследованиях, проведенных на первотелках *айрширской* породы (n = 1428), отмечены наибольшие положительные высокодостоверные (P < 0,001) корреляции удоя с шириной задних долей (+0,30) и длиной передних долей вымени (+0,24). [5] Задача отбора по экстерьеру усилить или закрепить в стаде нужную крепость конституции, габариты и пропорциональность телосложения соответственно направлению продуктивности. [2, 3]

В работах зарубежных авторов [8] установлено, что коровы *джерсейской* породы с плохо прикрепленным неглубоким выменем и слабой поддерживающей связкой подвержены к увеличению соматических клеток в молоке. Найдены достоверные генетические корреляции оценки сосков *голландских* коров с величиной удоя и количеством соматических клеток – 0,862 и 0,439 соответственно. [11] Генетические корреляции оценок глубины, прикрепления и баланса вымени достоверно связаны с показателями клинического мастита и количеством соматических клеток, в диапазоне от –0,29 до –0,46. [10] Коровы с объемистым выменем и выраженной центральной связкой меньше подвержены интермаммарным инфекциям, вызванным *Staphylococcus aureus* и *Streptococcus uberis* (P < 0,001), *Escherichia coli* (P < 0,01). [7]

Улучшение здоровья коров может быть достигнуто с помощью менеджмента, оптимальных условий содержания, балансировки и оптимизации питания для исключения метаболических нарушений в организме, а также генетического контроля, который имеет кумулятивное действие и требует постоянного мониторинга стада. [9] Таким образом, понимание связи между компонентным составом молока и особенностями экстерьера, включая индексную оценку вымени и ног, значительно расширяет возможности для создания здоровых высокопродуктивных молочных стад и совершенствования племенных и продуктивных качеств *айрширской* породы.

Цель работы – изучить связь компонентного состава молока коров *айрширской* породы с экстерьерными признаками телосложения, индексами вымени и ног (UDC и FLC) для разработки стратегии совершенствования высокопродуктивного молочного стада.

Исследовали базу данных по продуктивным и экстерьерным признакам коров первой лактации одного из племенных хозяйств Ленинградской области за 2021 год. Животных *айрширской* породы (n = 118) изучали в соответствии с «Правилами оценки телосложения дочерей быков-производителей молочно-мясных пород», разработанными и утвержденными Департаментом животноводства и племенного дела Министерства сельского хозяйства и продовольствия РФ. [4] Определили связь компонентов молока со следующими признаками экстерьера: рост (St – stature), глубина туловища (BD – body depth), крепость (Conf – conformation), молочные формы (DS – dairy strength), положение таза (RA – rump angle), ширина таза (RW – rump width), постановка задних ног сзади (RLRV – rear legs rear view), угол копыта (FA – foot angle), постановка задних ног сбоку (RLSV – rear legs side view), оценка ног при классификации – (FLS – feet & legs score), прикрепление передних долей вымени (FUA – fore udder attachment), высота прикрепления задних долей (RUH – rear udder height), ширина задних долей (RUW – rear udder width), борозда (US – udder support), положение дна (UD – udder depth), расположение передних сосков (FTP – front teat placement), длина сосков (TL – teat length), расположение задних сосков (RTP – rear teat placement).

Сложением произведений стандартной передающей способности на соответствующие весовые коэффициенты вычисляли индекс строения вымени (UDC):

$$UDC = 0,30STA_{UD} + 0,16STA_{FUA} + 0,16STA_{FTP} + 0,16STA_{RUH} + 0,12STA_{RUW} + 0,10STA_{US},$$

где STA – стандартная передающая способность по признакам, характеризующим вымя.

Индекс композиции конечностей (FLC) определяли с помощью уравнения:

$$FLC = 0,50 (0,48STA_{FA} + 0,37STA_{RLRV} - 0,15STA_{RLSV}) + 0,50STA_{FLS},$$

где STA – стандартная передающая способность по признакам, характеризующим конечности.

Передающую способность экстерьерных признаков STA (Standart Transmissing Ability), выраженную в долях стандартного отклонения, находили по формуле:

$$STA = (x_i - x_j) / \sigma_g,$$

где  $x_i$  – показатель особи,  $x_j$  – показатель сверстниц,  $\sigma_g$  – генетическое стандартное отклонение.

Отбор проб молока (40...50 мл) осуществляли ежемесячно во время контрольных доек на протяжении десяти месяцев первой лактации. Пробы с добавлением консерванта Broad Spectrum Microtabs II (8 мг бронопола и 0,3 мг натаницина) хранили при



4°С не более трех дней. Лабораторные исследования проводили в ВИЖ имени Л.К. Эрнста с использованием инфракрасного анализатора FOSS 7 DSCC (Дания). Определяли содержание компонентов: жир (Fat), %, белок (Protein), %, лактоза (Lactose), %, казеин (CasB), %, ацетон (Acetone), mmol/l, мочевины (Urea), mg×100ml<sup>-1</sup>, бетагидроксибутерат (BHB – β-hydroxybutyrate), mmol/l, насыщенные жирные кислоты (SFA – Saturated Fatty Acids), в том числе миристиновая (C14:0), пальмитиновая (C16:0), стеариновая (C18:0), мононенасыщенные ЖК (MUFA – monounsaturated fatty acids), в их числе олеиновая (C18:1), длинноцепочечные ЖК (LCFA – long chain fatty acids), среднецепочечные ЖК (MCFA – medium chain fatty acids), короткоцепочечные ЖК (SCFA – short chain fatty acids), по-

линенасыщенные ЖК (PUFA – polyunsaturated fatty acids), g/100g и соматические клетки (SCC – somatic cell count), 10<sup>3</sup> U/ml.

Данные обрабатывали с применением пакета анализа MS Excel и библиотеки Corrplot в программе R-studio.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Установлено, что в среднем исследуемые животные имели крепкое телосложение и выраженный молочный тип, острую холку, достаточное расстояние между ребрами и их наклон, длинную шею и тонкую кожу. У первотелок умеренные значения по показателю роста: высота в крестце варьировала от 3 (низкие животные – 126 см) до 9 баллов (очень

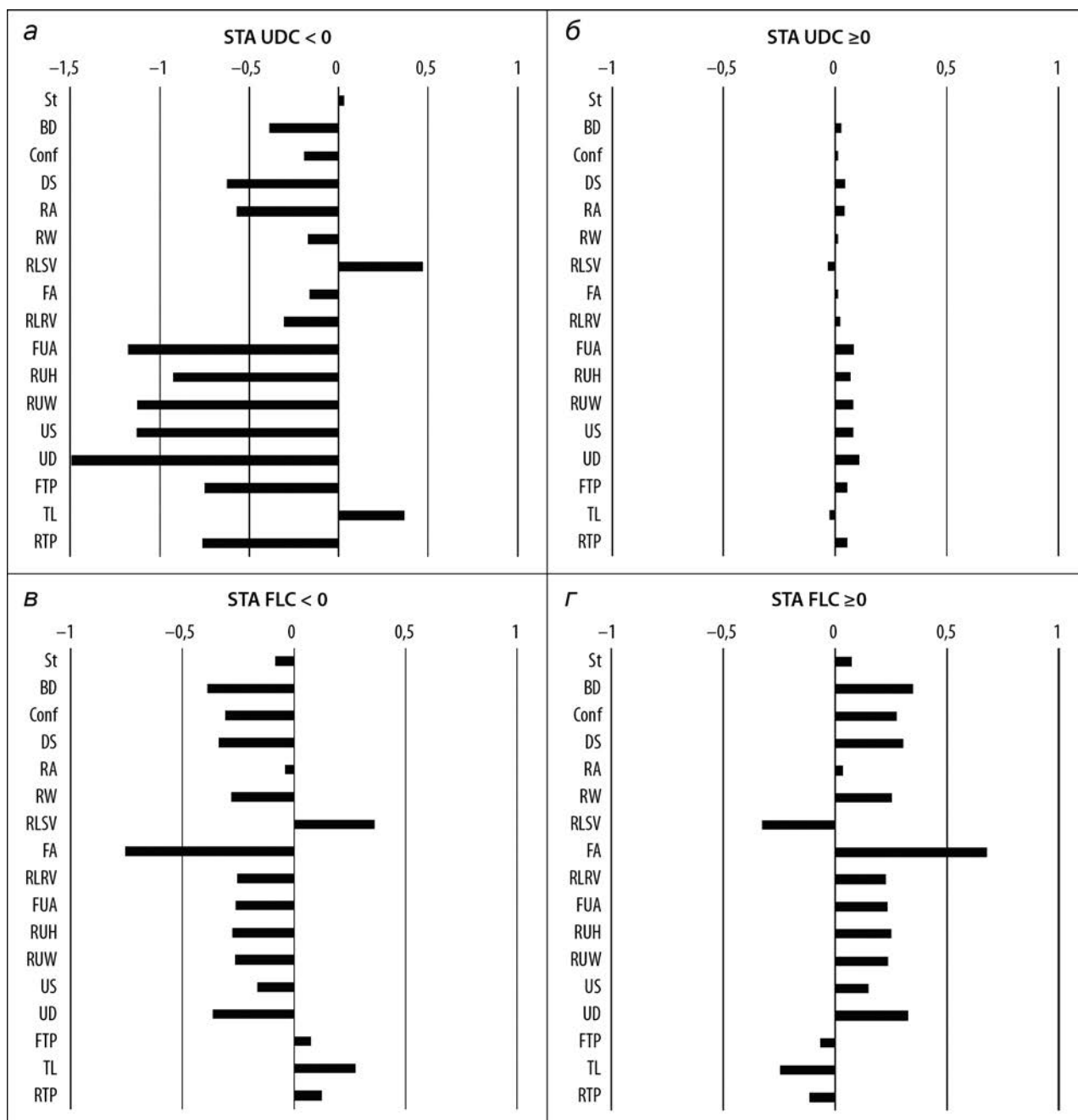


Рис. 1 Линейные экстерьерные профили коров первого отела по группам: а – UDC < 0 (n = 8); б – UDC ≥ 0 (n = 110); в – FLC < 0 (n = 56); г – FLC ≥ 0 (n = 62).

высокие – 149 см), среднее –  $4,9 \pm 0,10$  балла. Животные отличались глубоким, хорошо развитым, но не отвислым животом. Показатель глубины туловища –  $5...9$  баллов (в среднем –  $7,5 \pm 0,12$ ). Большинство животных (74%) имели оптимальные баллы (7...9) по этому признаку.

Первотелки в основном получили положительные оценки качества вымени. Среднее значение индекса UDC =  $1,0 \pm 0,09$  единиц генетического отклонения из-за высоких оценок, входящих в состав индекса – прикрепление передних долей вымени –  $5,8 \pm 0,13$  балла, высота прикрепления задних долей –  $6,3 \pm 0,10$ , борозда вымени –  $7,3 \pm 0,12$  балла. Выявленное отрицательное значение индекса композиции ног (FLC =  $-0,2 \pm 0,07$ ) связано с невысокими значениями при классификационной оценке –  $82,3 \pm 0,69$  балла и недостаточной высотой пятки –  $5,2 \pm 0,16$  балла.

Наиболее часто встречающиеся недостатки: наличие дополнительных сосков у 32% первотелок, показатель «мягкая спина» – 11%. Остальные экстерьерные отклонения от нормы имели невысокий процент – 1...4.

Провели сравнение экстерьерных профилей исследуемых животных с разделением на группы по индексам вымени и ног на плюс и минус: UDC  $\geq 0$ , FLC  $\geq 0$ , UDC  $< 0$ , FLC  $< 0$ . Показатели, характеризующие вымя, у группы первотелок с индексом UDC  $< 0$  (рис. 1а) существенно отклонялись влево вместе с признаками конформации тела и ног, за исключением RLSV и TL. Соответственно животные данной группы имели неглубокое туловище со слабо выраженными молочными формами, приподнятым тазом, изогнутыми конечностями в области скакательного сустава, слабо прикрепленным неглубоким выменем и склонностью к удлинненным соскам. Подобная тенденция, но с меньшим по величине отклонением, выявлена в экстерьер-

ном профиле группы коров с индексом FLC  $< 0$  (рис. 1в). Положительные генетические отклонения отмечены в профиле группы со значением индекса UDC  $\geq 0$  (рис. 1б). Первотелки имели правильную постановку ног, умеренное развитие грудной клетки, крепко прикрепленное вымя с расположенными по середине своих долей сосками (важный технологический признак при машинном доении). Наиболее оптимальный экстерьерный профиль для коров молочного направления продуктивности отмечен в группе FLC  $\geq 0$  (рис. 1г). Животные отличались глубоким и крепким телосложением, желательным положением таза и постановкой конечностей, здоровыми копытами с углом  $45...50^\circ$  и плотно прикрепленным выменем с выраженной центральной связкой.

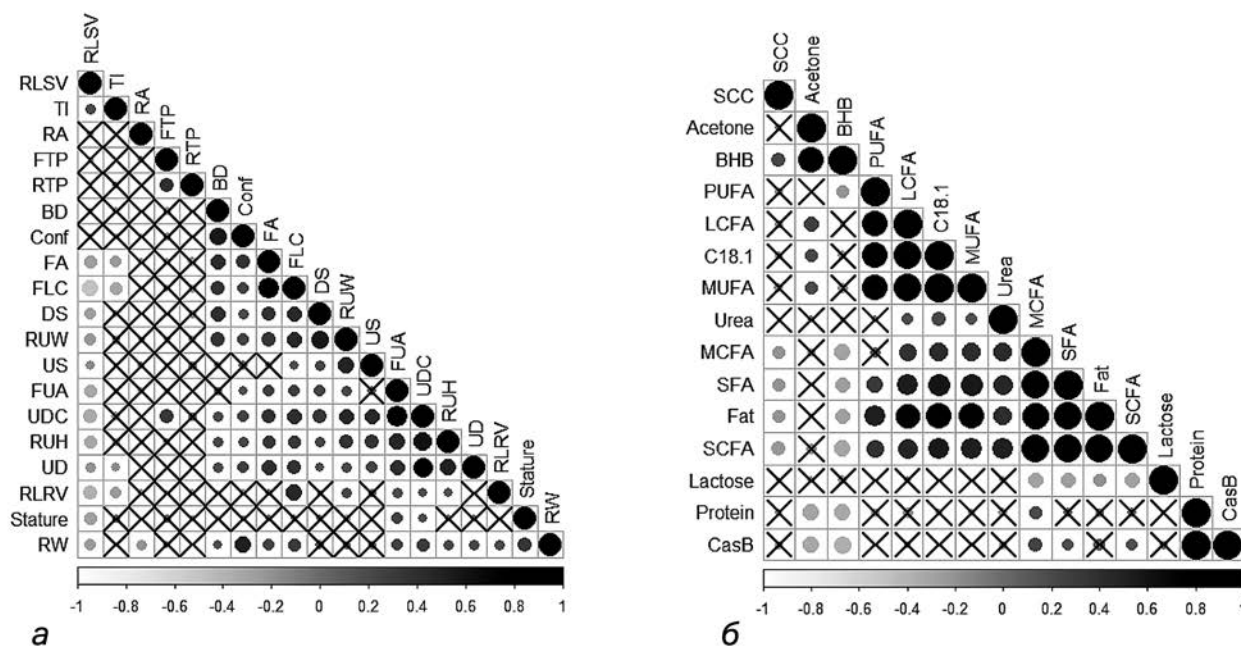
При сравнении качественных показателей молока между группами UDC  $\geq 0$ , FLC  $\geq 0$  и UDC  $< 0$ , FLC  $< 0$  установлены достоверные различия по содержанию PUFA (см. таблицу). Животные с более качественным прикреплением вымени и крепкими ногами из групп UDC  $\geq 0$  и FLC  $\geq 0$  производили молоко с большим содержанием PUFA на 0,008 г/100 г ( $P \leq 0,01$ ), в молоке коров с более здоровыми конечностями меньшее количество SCC на 142,52 тыс. ед./мл ( $t^2 = 0,068$ ), Urea –  $1,99 \text{ мг} \times 100\text{мл}^{-1}$  ( $P \leq 0,001$ ) и MCFA –  $0,09 \text{ г}/100 \text{ г}$  ( $t^1 = 0,063$ ). Разница между группами UDC  $\geq 0$  и UDC  $< 0$  по содержанию SCC составила 153,97 тыс./мл

Рассчитанные коэффициенты корреляции как внутри экстерьерных оценок, так и между показателями качества молока указывают на достоверные взаимосвязи отдельных признаков. Методом агломерации иерархического анализа взаимосвязей изучаемых признаков экстерьера найдены два кластера (рис. 2а). Первый говорит о достоверных высоких положительных связях между BD, Conf и RUW, и, как следствие, комплексного признака – DS. Кластер

Показатели компонентного состава молока с уровнем индексов UDC, FLC  $\geq 0$  и UDC, FLC  $< 0$

Показатель	UDC		FLC	
	$\geq 0$	$< 0$	$\geq 0$	$< 0$
n	110	8	62	56
UDC	$1,00 \pm 0,05a$	$-0,31 \pm 0,07b$	$1,12 \pm 0,08a$	$0,69 \pm 0,07b$
FLC	$-0,16 \pm 0,08$	$-0,44 \pm 0,19$	$0,43 \pm 0,03a$	$-0,85 \pm 0,09b$
Fat, %	$5,67 \pm 0,05$	$5,60 \pm 0,22$	$5,63 \pm 0,07$	$5,70 \pm 0,08$
Protein, %	$3,26 \pm 0,02$	$3,25 \pm 0,06$	$3,24 \pm 0,03$	$3,28 \pm 0,03$
Lactose, %	$4,63 \pm 0,01$	$4,59 \pm 0,04$	$4,62 \pm 0,01$	$4,63 \pm 0,01$
CasB, %	$2,77 \pm 0,02$	$2,75 \pm 0,06$	$2,74 \pm 0,02$	$2,79 \pm 0,02$
Acetone, mmol/l	$0,07 \pm 0,00$	$0,07 \pm 0,02$	$0,07 \pm 0,00$	$0,06 \pm 0,00$
BHB, mmol/l	$0,02 \pm 0,00$	$0,03 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,00$	$0,02 \pm 0,00$
Urea, mg $\times 100\text{мл}^{-1}$	$43,22 \pm 0,34$	$42,91 \pm 1,27$	$42,26 \pm 0,48a$	$44,25 \pm 0,41b$
C18:1, g/100g	$1,50 \pm 0,01$	$1,46 \pm 0,04$	$1,51 \pm 0,02$	$1,49 \pm 0,02$
LCFA, g/100g	$1,93 \pm 0,02$	$1,86 \pm 0,05$	$1,94 \pm 0,02$	$1,91 \pm 0,03$
MCFA, g/100g	$2,18 \pm 0,02$	$2,20 \pm 0,11$	$2,14 \pm 0,03t$	$2,23 \pm 0,03t1$
SCFA, g/100g	$0,75 \pm 0,01$	$0,75 \pm 0,03$	$0,74 \pm 0,01$	$0,76 \pm 0,01$
MUFA, g/100g	$1,42 \pm 0,01$	$1,38 \pm 0,04$	$1,43 \pm 0,02$	$1,40 \pm 0,02$
PUFA, g/100g	$0,144 \pm 0,001a$	$0,136 \pm 0,003c$	$0,147 \pm 0,002a$	$0,139 \pm 0,002c$
SFA, g/100g	$3,76 \pm 0,04$	$3,76 \pm 0,17$	$3,70 \pm 0,05$	$3,82 \pm 0,05$
SCC, 103 U/ml	$218,01 \pm 40,72$	$371,98 \pm 139,43$	$160,81 \pm 34,83t$	$303,33 \pm 71,99t2$

Примечание. Достоверность разницы: ab –  $P \leq 0,001$ ; ac –  $P \leq 0,01$ ;  $t^1 = 0,063$ ,  $t^2 = 0,068$ .



**Рис.2. Корреляционная матрица: а – показателей линейной оценки экстерьера, б – компонентов молока.**  
 Площади кругов показывают абсолютное значение соответствующих коэффициентов корреляции, чем она больше, тем выше величина коэффициента; интенсивность цвета круга характеризует направление корреляции и соответствует цветовой шкале на графике: от темно-серой до черной – положительная корреляция; от светло-серой до белой – отрицательная; × – значение недостоверно (то же на рис. 3).

включает в себя показатель качества ног – FA, который тесно связан с индексом FLC. Коэффициент корреляции между ними –  $r = 0,833$  ( $P \leq 0,001$ ), что подтверждается вхождением в состав индекса данного показателя и его значительным весом в формуле. Отмечено, что FA положительно коррелировал с некоторыми показателями линейной оценки вымени: DS  $r = 0,369$  ( $P \leq 0,001$ ), RUW  $r = 0,339$  ( $P \leq 0,001$ ), FUA  $r = 0,271$  ( $P \leq 0,01$ ), RUH  $r = 0,332$  ( $P \leq 0,001$ ), UD  $r = 0,407$  ( $P \leq 0,001$ ).

Второй кластер включал в себя показатели, характеризующие вымя – UDC, RUH и UD, что указывает на наиболее тесную их связь. Выявленные достоверные положительные связи между индексом UDC и FUA  $r = 0,778$  ( $P \leq 0,001$ ), а также UDC и UD  $r = 0,755$  ( $P \leq 0,001$ ) подтверждаются большими весовыми коэффициентами указанных ингредиентов в индексе. На рисунке 2б приведена корреляционная матрица компонентных показателей молока. Наблюдается тесная связь между фракциями молочного жира и белка. Количество SCC отрицательно коррелирует с содержанием жира и некоторыми жирными кислотами (MCFA, SFA, SCFA).

Изучены связи между линейными показателями экстерьера и компонентами молока. Отмечены положительные корреляции между FA и PUFA  $r = 0,346$  ( $P \leq 0,001$ ), FA и MUFA  $r = 0,208$  ( $P \leq 0,01$ ) (рис. 3а). Животные с более здоровыми ногами и их правильной постановкой производят качественное молоко, меньше страдают от инфекционных (межпальцевый и пальцевый дерматит, межпальцевая флегмона) и неинфекционных (поверхностные и глубокие язвы рогообразующей ткани в подошвенной части, как осложнение хронического ламинита) заболеваний копыт. Отрицательные коррелятивные связи отмечены между FA и Urea  $r = -0,300$

( $P \leq 0,001$ ), FA и SCC  $r = -0,252$  ( $P \leq 0,01$ ), а также FLC и Urea  $r = -0,332$  ( $P \leq 0,001$ ), FLC и SCC  $r = -0,180$  ( $P \leq 0,05$ ). Мочевина – показатель баланса между энергией и протеином в потребляемом корме, ее избыток или недостаток в молоке может свидетельствовать о кормовом дисбалансе в рационе жвачных животных, что влияет не только на состав молока, но и состояние копытного рога, качество вымени и снижает молочную продуктивность.

В исследованиях установлены отрицательные корреляции индекса UDC с Urea  $r = -0,235$  ( $P \leq 0,01$ ), в том числе с RUW  $r = -0,228$  ( $P \leq 0,01$ ), FUA  $r = -0,215$  ( $P \leq 0,01$ ), UD  $r = -0,158$  ( $P \leq 0,05$ ); и UDC с SCC  $r = -0,181$  ( $P \leq 0,05$ ), в том числе с RUH  $r = -0,218$  ( $P \leq 0,01$ ) и UD  $r = -0,266$  ( $P \leq 0,01$ ) (рис. 3б), что согласуется с исследованиями зарубежных авторов, проведенными на коровах голштинской породы. [7, 12] Выявлены отрицательные связи RUW с содержанием жира  $r = -0,220$  ( $P \leq 0,01$ ) и некоторыми жирными кислотами MCFA  $r = -0,233$  ( $P \leq 0,01$ ), SFA  $r = -0,244$  ( $P \leq 0,01$ ), SCFA  $r = -0,208$  ( $P \leq 0,01$ ).

Достоверные положительные связи найдены между показателями BD и MUFA  $r = 0,353$  ( $P \leq 0,001$ ), в том числе с уровнем олеиновой кислоты C18:1  $r = 0,344$  ( $P \leq 0,001$ ), BD и PUFA  $r = 0,350$  ( $P \leq 0,001$ ), а также Conf с MUFA  $r = 0,249$  ( $P \leq 0,01$ ), в том числе с C18:1  $r = 0,236$  ( $P \leq 0,01$ ), и Conf с PUFA  $r = 0,326$  ( $P \leq 0,001$ ) (рис. 3в).

**Выводы.** Животные с лучшими оценками по индексу вымени  $UDC \geq 0$  и ног  $FLC \geq 0$ , с глубоким и крепким телосложением, желательным положением таза и постановкой конечностей, здоровыми копытами с углом 45...50° и плотно прикрепленным выменем с выраженной центральной связкой производили молоко с большим содержанием полине-

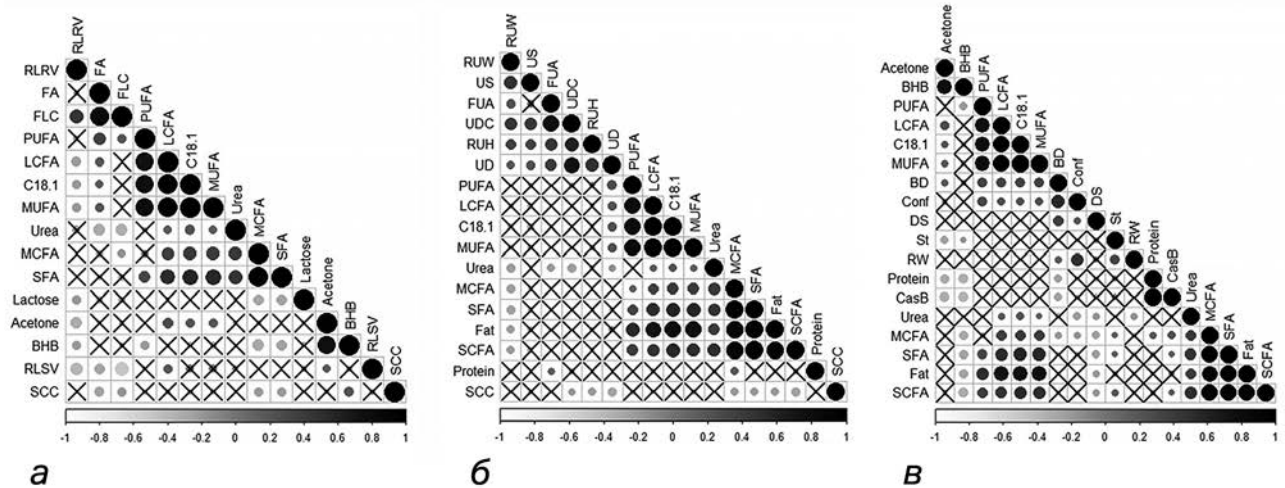


Рис. 3 Корреляционная матрица показателей качества молока: а – с оценкой ног; б – вымени; в – тела.

насыщенных жирных кислот PUFA. Установлены отрицательные корреляции SCC и Urea с индексом вымени UDC и ног FLC, включая линейные признаки: RUH, RUW, FUA, UD, FA. Положительные связи между углом копыта FA с указанными показателями оценки вымени и молочными формами могут быть использованы в качестве инструмента для формирования групп животных, способных производить полноценное молочное сырье с низкими показателями соматических клеток SCC и мочевины Urea.

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Алимжанов Б.О., Алимжанова Л.В., Шейко Ю.Н. и др. Экстерьер и молочная продуктивность первотелок молочно-мясного направления продуктивности // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. 2018. № 2 (97). С. 4–14.
2. Аширов М.Э., Соатов У.Р. Продуктивность коров швейцарской породы в зависимости от типов телосложения // Молочное и мясное скотоводство. 2015. № 6. С. 21–23.
3. Коронец И.Н., Климец Н.В., Шеметовец Ж.И., Сидунова М.Н. Методика комплексной оценки племенных и продуктивных качеств коров белорусской черно-пестрой породы // Зоотехническая наука Беларуси. 2014. Т. 49. № 1. С. 103–110.
4. Правила оценки телосложения дочерей быков-производителей молочно-мясных пород. М., 1996.
5. Смотровая Е.А., Абрамова Н.И., Березина В.В., Крысова Е.В. Экстерьерные признаки айрширских коров разных региональных популяций и их связь с молочной продуктивностью // Генетика и разведение животных. 2019. № 2. С. 17–23. DOI: 10.31043/2410-2733-2019-2-17-23.
6. Трухачев В.И., Олейник С.А., Злыднев Н.З., Морозов В.Ю. Пути улучшения селекционных признаков северокавказской популяции айрширской породы крупного рогатого скота // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № 3 (23). С. 122–125.
7. Bhutto A.L., Murray R.D., Woldehiwet Z. Udder shape and teat-end lesions as potential risk factors for high somatic cell counts and intra-mammary infections in dairy cows // The Veterinary Journal. 2010. Vol. 183. No 1. PP. 63–67. DOI: 10.1016/j.tvjl.2008.08.024.
8. Bobbo T., Roveglia C., Penasa M. et al. Genetic relationships of alternative somatic cell count traits with milk yield, composition and udder type traits in Italian Jersey

cows // Anim Sci J. 2019. Vol. 90. No 7. PP. 808–817. DOI: 10.1111/asj.13204.

9. Parker K.L., Gaddis P.M., VanRaden et al. Symposium review: Development, implementation, and perspectives of health evaluations in the United States // Journal of Dairy Science. 2020. Vol. 103. No 6. PP. 5354–5365. DOI: 10.3168/jds.2019-17687.
10. Rupp R., Boichard D. Genetic parameters for clinical mastitis, somatic cell score, production, udder type traits, and milking ease in first lactation Holsteins // Journal of dairy science. 1999. Vol. 82. No 10. PP. 2198–2204. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75465-2.
11. Tiezzi F., Maisano A.M., Chessa S. et al. Heritability of Teat Condition in Italian Holstein Friesian and Its Relationship with Milk Production and Somatic Cell Score // Animals. 2020. Vol. 10. No 12. PP. 2271. DOI: 10.3390/ani1012271.
12. Xue X., Ma Y., Hu H. et al. Genetic parameters analysis of conformation traits and milk production traits in Chinese Holstein // 03 November 2022. PREPRINT (Version 1) available at Research Square. DOI: 10.21203/rs.3.rs-2186492/v1.

**REFERENCES**

1. Alimzhanov B.O., Alimzhanova L.V., Shejko Yu.N. i dr. Ekster'er i molochnaya produktivnost' pervotelok molochno-myasnogo napravleniya produktivnosti // Vestnik nauki Kazahskogo agrotekhnicheskogo universiteta im. S. Sejfullina. 2018. № 2 (97). S. 4–14.
2. Ashirov M.E., Soatov U.R. Produktivnost' korov shvickoj породы v zavisimosti ot tipov teloslozheniya // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2015. № 6. S. 21–23.
3. Koronec I.N., Klimec N.V., Shemetovec Zh.I., Sidunova M.N. Metodika kompleksnoj ocenki plemennyh i produktivnyh kachestv korov belorusskoj cherno-pestroj породы // Zootekhnicheskaya nauka Belarusi. 2014. T. 49. № 1. S. 103–110.
4. Pravila ocenki teloslozheniya docherej bykov-proizvoditelej molochno-myasnyh porod. M., 1996.
5. Smotrova E.A., Abramova N.I., Berezina V.V., Krysova E.V. Ekster'ernye priznaki ajrshirskih korov raznyh regional'nyh populyacij i ih svyaz' s molochnoj produktivnost'yu // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2019. № 2. S. 17–23. DOI: 10.31043/2410-2733-2019-2-17-23.
6. Truhachev V.I., Olejnik S.A., Zlydnev N.Z., Morozov V. Yu. Puti uluchsheniya selekcionnyh priznakov severo-

- kavkazskoj populyacii ajrshirskoj porody krupnogo roगतo skota // Vestnik APK Stavropol'ya. 2016. № 3 (23). S. 122–125.
7. Bhutto A.L., Murray R.D., Woldehiwet Z. Udder shape and teat-end lesions as potential risk factors for high somatic cell counts and intra-mammary infections in dairy cows // The Veterinary Journal. 2010. Vol. 183. No 1. PP. 63–67 DOI: 10.1016/j.tvjl.2008.08.024.
  8. Bobbo T., Roveglia C., Penasa M. et al. Genetic relationships of alternative somatic cell count traits with milk yield, composition and udder type traits in Italian Jersey cows // Anim Sci J. 2019 Vol. 90. No 7. PP. 808–817. DOI: 10.1111/asj.13204.
  9. Parker K.L., Gaddis P.M., VanRaden et al. Symposium review: Development, implementation, and perspectives of health evaluations in the United States // Journal of Dairy Science. 2020. Vol. 103. No 6. PP. 5354–5365. DOI: 10.3168/jds.2019-17687.
  10. Rupp R., Boichard D. Genetic parameters for clinical mastitis, somatic cell score, production, udder type traits, and milking ease in first lactation Holsteins // Journal of dairy science. 1999. Vol. 82. No 10. PP. 2198–2204. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75465-2.
  11. Tiezzi F., Maisano A.M., Chessa S. et al. Heritability of Teat Condition in Italian Holstein Friesian and Its Relationship with Milk Production and Somatic Cell Score // Animals. 2020. Vol. 10. No 12. PP. 2271. DOI: 10.3390/ani10122271.
  12. Xue X., Ma Y., Hu H. et al. Genetic parameters analysis of conformation traits and milk production traits in Chinese Holstein // 03 November 2022. PREPRINT (Version 1) available at Research Square. DOI: 10.21203/rs.3.rs-2186492/v1.

*Поступила в редакцию 03.02.2023*

*Принята к публикации 17.02.2023*

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭНЕРГО-РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ УБОРКИ КОРНЕПЛОДОВ И КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ\*

Алексей Семенович Дорохов, *академик РАН*  
 Алексей Викторович Сибирёв, *доктор технических наук*  
 Александр Геннадьевич Аксенов, *доктор технических наук*  
 Максим Александрович Мосяков, *кандидат технических наук*  
 Николай Викторович Сазонов, *кандидат технических наук*  
 ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Россия  
 E-mail: dorokhov@rgau-msha.ru

**Аннотация.** Существующие машины для уборки корнеплодов и клубней картофеля выполняют технологический процесс при повышенной влажности почвы, что отрицательно влияет на показатели качества уборки в результате снижения полноты сепарации товарной продукции. Для повышения сепарирующей способности щелевых устройств предлагается усовершенствовать способ обогрева поверхности горячим выхлопным газом энергетической установки уборочной машины или привода. В ФНАЦ ВИМ разработана сепарирующая система машины для уборки корнеплодов и картофеля при повышенной влажности с использованием теплоты отработавших газов силовой установки. Для определения оптимальных значений системы, а также рекомендаций в последующих изменениях конструктивно-технологических параметров машин для уборки предложена математическая модель вычисления качества уборки корнеплодов и картофеля энерго-ресурсосберегающей технологии при повышенной влажности почвы. Представлены величины нахождения полноты сепарации по выражению, зависящие от массы вороха корнеплодов и картофеля, поступающего с подкапывающих на сепарирующие рабочие органы, а также коэффициента  $K_c$  изменения структурности влажности почвы.

**Ключевые слова:** уборка, сепарация, корнеплоды, рабочие органы, машина для уборки

## MATHEMATICAL MODEL OF INDICATORS DETERMINATION OF QUALITY ROOT CROPS HARVESTING AND POTATO ENERGY SAVING TECHNOLOGY IN HIGH HUMIDITY SOIL CONDITION

A.S. Dorokhov, *Academician of the RAS*  
 A.V. Sibirev, *Grand PhD in Engineering Sciences*  
 A.G. Aksenov, *Grand PhD in Engineering Sciences*  
 M.A. Mosyakov, *PhD in Engineering Sciences*  
 N.V. Sazonov, *PhD in Engineering Sciences*  
 FGBNU "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", Moscow, Russia  
 E-mail: dorokhov@rgau-msha.ru

**Abstract.** Existing machines for harvesting root crops and potato tubers perform the technological process in conditions of high soil moisture, which negatively affects to the quality of harvesting as a result of a decrease in the completeness of separation of marketable products. To increase the separating capacity of slotted devices for cleaning root crops, it is proposed to improve the method of heating the separating surface with hot exhaust gas from the power plant of a harvesting machine or drive. The FSC VIM has developed a separating system for harvesting root crops and potatoes at high humidity using the heat of the exhaust gases of the power plant. In order to determine the optimal values of the developed separating system, as well as recommendations for subsequent changes in the design and technological parameters of harvesting machines, a mathematical model has been developed for calculating the quality of harvesting root crops and potatoes using energy-saving technology in conditions of high soil moisture. The values of finding the completeness of separation by expression are presented, depending on the heap mass of the root crops and potatoes coming from the digging to the separating working bodies, as well as the coefficient  $K_c$  of the change in the structural moisture of the soil.

**Keywords:** harvesting, separation, root crops, working bodies, harvesting machine

Технологический процесс уборки корнеплодов и картофеля в условиях повышенной влажности почвы осуществляется при интенсификации очистки товарной продукции воздушным потоком сепарирующей поверхности отработавшими газами силовой установки, что сокращает время на

сход почвенных примесей с рабочей поверхности в результате спада их влажности, и как следствие — снижает скважность и липкость.

Существуют разнообразные сепарирующие устройства для выполнения очистки товарной продукции от механических примесей.

\* Работа выполнена в рамках стипендии Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых СП-1004.2021.1 / The work was carried out within the framework of the scholarship of the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists SP-1004.2021.1.

Отделение корнеплодов от примесей в механических сепараторах основано на физико-механических свойствах: коэффициенты формы, трения, восстановления скорости; масса, плотность, размер и прочностные свойства. Наибольшую практическую реализацию получили: коэффициенты трения качения и скольжения, а также размер.

Для повышения полноты разделения компонентов вороха и производительности устройств вторичной сепарации (пальчатые горки) стали устанавливать интенсификаторы сепарации, конструкции которых рассмотрены в работах Н.В. Бышова, С.Г. Борычева, Н.П. Ларюшина, А.М. Ларюшина, А.А. Протасова, Г.К. Рембаловича. Известные очистительные устройства первичной и вторичной сепарации обеспечивают технологический процесс в условиях оптимальной влажности при уборке ( $W = 18...22\%$ ), повышая показатель до  $25...27\%$ . Рабочая поверхность сепарирующих устройств обволакивается почвенным слоем и технологический процесс ухудшается или прекращается. Поэтому необходимо разработать устройства первичной и вторичной сепарации совместно с интенсификаторами, что позволит выполнять очистку товарной продукции при повышенной влажности почвы.

В ФНАЦ ВИМ разработан комплекс сепарирующих агрегатов машин для уборки картофеля, представленный устройствами первичной очистки с дефлекторным интенсификатором сепарации отработавших газов — прутковым элеватором и очистительной звездой для свеклоуборочного комбайна.

Цель работы — усовершенствовать технологический процесс очистки корнеплодов свеклоуборочным комбайном в условиях повышенной влажности за счет оптимизации конструктивно-технологических параметров сепарирующего устройства с использованием теплоты отработавших газов силовой установки машины.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Чтобы снизить травмирование корнеклубнеплодов и повысить качество очистки от механических и растительных примесей разработан дисковый сепарирующий орган с интенсификаторами очистки, в виде счесывающих спиц, патент РФ № 2727917 (рис. 1). Дисковый сепарирующий орган содержит диск 1, закрепленный на вертикальном валу 2, имеющий ступицу 3 и счесывающие спицы 4, соединенные со ступицей шарнирами 5. Решетчатый диск 1 установлен под углом скатывания почвенных примесей к вертикальной и горизонтальной плоскостям. Счесывающие спицы 4 свободно вращаются с помощью шарниров 5 относительно ступицы и кромки решетчатого диска.

Над концами счесывающих спиц 4 диска 1 установлено кольцевое решетчатое резинотехническое ограждение 6.

На сепарирующем диске имеется решетчатый щиток 7, который суживает поток вороха лука и укладывает его в валок, ячейки решетчатого щитка меньше минимального размера корнеклубнеплодов  $d_{\min}$ .

Для предотвращения забивания счесывающих спиц растительными примесями предусмотрен чи-

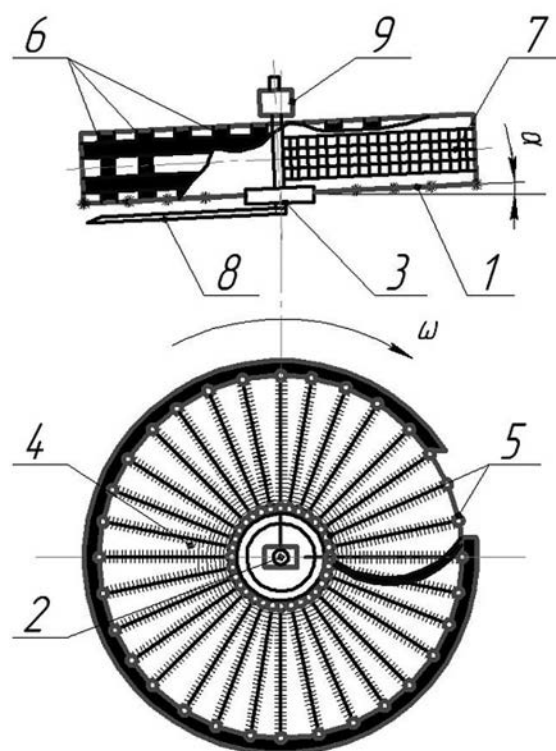


Рис. 1. Очистительная звезда сепарирующей системы комбайна Holmer Terra Dos T3: 1 — диск; 2 — вал вертикальный; 3 — ступица; 4 — спицы счесывающие; 5 — шарнир; 6 — ограждение резинотехническое; 7 — щиток решетчатый; 8 — чистик; 9 — гидронасос.

стик 8. Работа привода сепарирующего органа осуществляется гидронасосом 9.

Сепарирующим диском ворох неочищенных корнеплодов подается транспортером внутрь решетчатого диска на счесывающие спицы. Под действием центробежных сил ворох корнеплодов расщепляется по поверхности диска, при этом почвенные примеси скатываются к его кромке. При установке сепарирующего диска под углом скатывания почвенных примесей к вертикальной плоскости и в результате поворота счесывающих спиц 4, относительно шарниров 5, почвенные примеси отделяются от луковиц и проваливаются вниз на поверхность почвы.

Растительные примеси остаются на ворсе счесывающих спиц 4 и при повороте на шарнирах удаляются очистителем. Луковицы транспортируются к зоне отводящего транспортера с помощью решетчатого щитка 7, а почвенные примеси проходят через ячейки и дополнительно сепарируются.

### Работа дискового сепарирующего органа.

Ворох очищаемых корнеплодов подается транспортером сверху на спицы диска через пространство между радиальными спицами ограждения.

Диск вращается и его спицы создают для корнеплодов свеклы центробежные силы, отбрасывающие их к пруткам ограждения, которое благодаря приводу вращается в том же направлении, что и диск, но с другой угловой скоростью, в результате чего корнеплоды распределяются вдоль образующей диска и взаимодействуют одной своей частью

со спицами, другой – с движущимися прутками, что обеспечивает их интенсивные повороты и эффективную очистку от почвы. При этом значительно смягчаются удары корнеплодов о прутки. Достигнув зоны выгрузного транспортера, спицы диска опускаются вниз из-за наклона копира и поворотов кронштейнов с роликами в шаровых шарнирах. Очищенные корнеплоды падают вниз, соскальзывая со спиц диска и прутков ограждения на транспортер, отводятся за пределы устройства. Очиститель криволинейной формы счищает с радиальных спиц нависшие растительные остатки.

По результатам анализа конструкций интенсификаторов сепарации основного элеватора в ФНАЦ ВИМ разработана конструктивно-технологическая схема пруткового элеватора с асимметричным расположением встряхивателей (патент РФ № 2638190), обеспечивающая уменьшение повреждений и повышение качества сепарируемой продукции, в результате снижения до минимума воздействия вертикальной составляющей силы тяжести корнеклубнеплода.

Сепарирующий элеватор машины для уборки картофеля содержит установленный на раме 1 прутковый элеватор 2, под сторонами 3 и 4 которого установлены ведущие 5, поддерживающие 6 и ведомые 7 ролики, смонтированные на раме 1 (рис. 2).

Под противоположными сторонами 3 и 4 пруткового элеватора 2 находятся встряхиватели 8 со смещением осей вращения в горизонтальной плоскости по длине на величину  $S_s$  и несовпадением фаз подъема и опускания противоположных сторон. При данном расположении встряхивателей 8 на сепарирующем элеваторе обеспечивается режим работы, при котором происходит перемещение вороха клубней картофеля по поверхности пруткового элеватора 2 без подбрасывания. В момент опускания стороны 3 пруткового элеватора 2 происходит подъем противоположной стороны 4 по длине  $S$  пруткового элеватора, противоположные стороны

работают в противофазе. Вероятность повреждения клубней меньше, а качество сепарации лучше, так как время соприкосновения клубня с поверхностью пруткового элеватора будет продолжительнее.

#### Работа сепарирующего элеватора с асимметричным расположением встряхивателей.

Ворох клубней картофеля и различных примесей с подающего транспортера или подкапывающего рабочего органа поступает на прутковый элеватор 2. По мере продвижения вороха, происходит подъем стороны 3 встряхивателем 8. Подъем и дальнейшее перемещение клубненосного вороха достигается в результате приобретения ускорения, сообщаемого встряхивателем 8 прутковому элеватору, которое больше ускорения свободного падения. При подъеме стороны 3 и опускании противоположной стороны 4, ворох клубней картофеля смещается к центру пруткового элеватора под углом  $\alpha_n$  к горизонту.

В момент опускания стороны 3 происходит подъем противоположной стороны 4, что приводит к разрыхлению и деформации почвенного пласта из-за его излома, а также равномерному распределению сепарируемой товарной продукции по всей ширине рабочей поверхности транспортера и улучшению процесса сепарации.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Комплекс разработанных устройств для очистки корнеплодов входит в сепарирующую систему с тепловой энергией очистки (патент РФ № 2754037), включающую рабочий орган (очистительная звезда/прутковый элеватор), дефлекторы для обдува рабочей поверхности, расположенные по внешнему контуру ограждения с зазором, обеспечивающим регулировку угла их наклона, систему воздухопроводов для подвода к ним отработавших газов от силовой установки.

Показатели качества технологического процесса уборки корнеплодов сахарной свеклы и клубней картофеля должны соответствовать предъявляемым агротехническим требованиям и находиться в интервале значений:

$$Y_{\min} \leq Y_i \leq Y_{\max}, \quad (1)$$

где  $Y_i$  – величина значения  $i$ -го показателя качества работы машины для уборки корнеплодов и картофеля;  $Y_{\min}$ ,  $Y_{\max}$  – минимальное и максимальное значения показателя качества работы машины для уборки корнеплодов и картофеля, не выходящие из агротехнических требований.

Максимальная эффективность уборки корнеплодов достигается при минимальных значениях вероятностного показателя качества выполнения технологических операций и затрат на уборку единицы площади:

$$\begin{cases} x \rightarrow \min, \\ 3 \rightarrow \min, \end{cases} \quad (2)$$

где  $x$  – вероятностный показатель качества выполнения технологических операций при уборке корнеплодов и картофеля, %; 3 – затраты на уборку корнеплодов с единицы площади, руб.

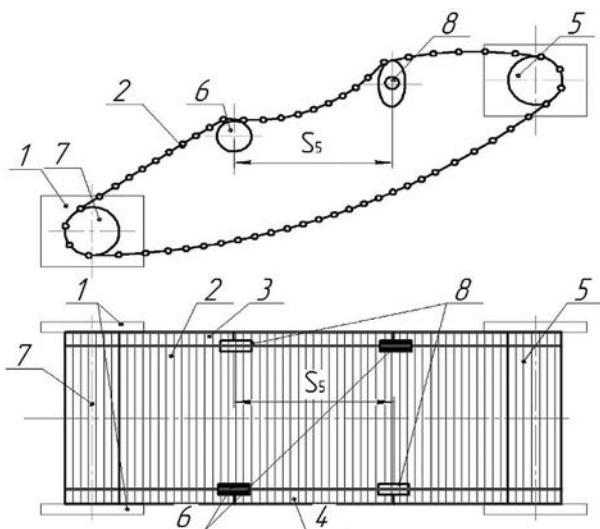


Рис. 2. Схема пруткового элеватора с асимметричным расположением встряхивателей машины для уборки картофеля: 1 – рама; 2 – элеватор прутковый; 3, 4 – ветви пруткового элеватора; 5 – ролики ведущие; 6 – ролики поддерживающие; 7 – ролики ведомые; 8 – эллиптические встряхиватели.



Вероятностный показатель качества выполнения технологических операций при уборке корнеплодов и картофеля можно минимизировать совершенствованием рабочих органов машин, взаимодействующих с товарной продукцией, совмещением операций и изменением механизма взаимодействия с рабочими органами.

В связи с тем, что при выполнении технологического процесса сепарации снижается влажность почвы, вероятность повышения качества очистки увеличивается согласно аналитической зависимости наступления исследуемого события.

Прогнозируемая  $v_{(ПР)К}$  полнота сепарации корнеплодов и картофеля:

$$v_{(ПР)К} = 1 - (v_{(ПР)Кп} \cdot v_{(ПР)Куп} \cdot v_{(ПР)Кук} \cdot v_{(ПР)Куб} \cdot v_{(ПР)Кут}), \quad (3)$$

где  $v_{(ПР)Кп}$  – прогнозируемая полнота сепарации корнеплодов и картофеля на подкапывающем рабочем органе, %;  $v_{(ПР)Куп}$  – прогнозируемая полнота сепарации корнеплодов и картофеля на рабочем органе первичной сепарации, %;  $v_{(ПР)Кук}$  – прогнозируемая полнота сепарации корнеплодов и картофеля на рабочем органе первичной сепарации с интенсификатором сепарации, %;  $v_{(ПР)Куб}$  – прогнозируемая полнота сепарации корнеплодов и картофеля на рабочем органе вторичной сепарации, %;  $v_{(ПР)Кут}$  – прогнозируемая полнота сепарации корнеплодов на выгрузном транспортере, %.

Так как интенсификация сепарации выполняется на очистительной звезде с тепловым воздействием на рабочую поверхность отработавших газов, детально рассмотрим член  $v_{(ПР)Куп}$ , представленный в зависимости 3, определяемый отношением массы вороха  $Q_{Вп}$ , поступившего на рабочую поверхность к массе вороха  $Q_{Вр}$  на сходе с рабочей поверхности:

$$v_{(ПР)Куп} = \frac{Q_{Вп}}{Q_{Вр}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где  $Q_{Вп}$  – масса вороха, поступившего на рабочую поверхность, кг/с;  $Q_{Вр}$  – масса вороха на сходе с рабочей поверхности, кг/с.

Из-за того, что с сепарирующей поверхности очистительного устройства при оптимальной влажности почвы ( $W = 18...22\%$ ) при уборке сходят корнеплоды и картофель, крупные и соизмеримые с товарной продукцией почвенные комки, то получаем массу  $m_{СХэл}$  вороха корнеплодов на сходе с сепарирующего устройства:

$$m_{СХэл1} = (m_2 + m_3 + m_л) \cdot P', \quad (5)$$

где  $m_2$  – комки почвы, соизмеримые по размерам с корнеплодами, кг;  $m_3$  – крупные почвенные комки, кг;  $m_л$  – корнеплоды, кг.

При влажности почвы  $W = 25...27\%$  механические примеси в ворохе товарной продукции представляют собой однородную пластичную массу, поэтому на сходе с очистительного устройства получаем:

$$m_{СХэл1} = (m_{123} + m_л) \cdot P', \quad (6)$$

где  $m_{123}$  – однородная масса почвенных примесей, включающая мелкие почвенные примеси, комки

почвы соизмеримые по размерам с корнеплодами и клубнями, крупные почвенные комки, кг.

$$m_{123} = m_1 + m_2 + m_3. \quad (7)$$

Вероятность  $P'$  исключения просеивания почвенных примесей ( $m_{123}$ ) через щелевые отверстия  $S_л$  сепарирующего устройства определяется выражением:

$$P' = \frac{\pi - 2\eta_2}{\pi} + \frac{2D_{лmin}}{\pi^2 \cdot S_л} (\eta_2 - \eta_1) - \frac{D_{лmin}}{\pi^2 \cdot S_л} (\sin 2\eta_2 - \sin 2\eta_1) - \frac{4}{\pi^2} (\eta_2 - \eta_1), \quad (8)$$

где  $D_{лmin}$  – минимальный диаметр корнеплода и картофеля, м;  $\varphi_п$  – угол между горизонтальной проекцией корнеплода (клубень) и прутками сепарирующего устройства, град.;  $\gamma_п$  – угол между вертикальной проекцией корнеплода (клубень) и прутками сепарирующего устройства, град.

$$\eta_1 = \arcsin \sqrt{\frac{S_л}{D_{лmin}}}. \quad (9)$$

$$\eta_2 = \arcsin \sqrt{\frac{2S_л}{D_{лmin}}}. \quad (10)$$

Масса отсепарированной  $m_с$  почвенной фракции вычисляется так:

$$m_с = m_{Вп} - m_{СХэл}, \quad (11)$$

где  $m_{Вп}$  – масса вороха корнеплодов и картофеля, поступающего с подкапывающих на сепарирующие рабочие органы, кг.

Из-за повышения влажности почвы выражение (11) представим с учетом коэффициента  $K_с$  изменения ее структуры:

$$K_с = W_1/W_2, \quad (12)$$

где  $W_1$  – оптимальная влажность 18...22%;  $W_2$  – повышенная 25...27%.

$$m_с = K_с \cdot (m_{Вп} - m_{СХэл}), \quad (13)$$

$$m_{Вп} = \frac{Q_{Вп} \cdot t_п}{v_л}. \quad (14)$$

При перемещении массы вороха корнеплодов и картофеля по поверхности сепарирующего устройства (рис. 3) происходит процесс расклинивания крупными частицами промежутков в массе.

В образованных промежутках находятся частицы с меньшими размерами. Ворох корнеплодов и картофеля распределяется по плотности, а в пределах данной плотности – крупности.

На послойное расположение массы влияют факторы: форма и состояние поверхности, толщина вышележащих слоев и режимы работы сепарирующего элеватора.

При перемещении по сепарирующей поверхности проход частицы через щелевое отверстие возможен если:

$$d_n < S_l, \quad (15)$$

где  $d_n$  — диаметр частицы почвы, м.

Полнота сепарации  $v$  вороха корнеплодов и картофеля вычисляется по формуле:

$$v = \frac{v_{II}^I - v_{II}^K}{v_{II}^I} \cdot 100\%, \quad (16)$$

где  $v_{II}^I$  — масса почвенных примесей в исходном ворохе, кг;  $v_{II}^K$  — масса невыделенных почвенных примесей, кг.

Таким образом, выражение (16) с учетом (13) записывается в виде:

$$v = \frac{v_{II}^I \cdot (1 - m_c)}{v_{II}^I} \cdot 100\%. \quad (17)$$

Повреждения на функционирующем элементе машины для уборки корнеплодов и картофеля определяются по формуле:

$$\Pi = \frac{G_{пов}}{G_{ст} - G_{пов}} \cdot 100\%, \quad (18)$$

где  $G_{пов}$  — масса поврежденных стандартных корнеплодов и клубней картофеля в ворохе, кг;  $G_{ст}$  — масса всего количества корнеплодов и клубней картофеля в ворохе, кг.

Потери  $P_l$  за функционирующим элементом уборочной машины найдены по формуле:

$$P_l = 100 - \left( \frac{G_{л1}}{G_{л1} + G_{л2}} \right) \cdot 100, \quad (19)$$

где  $G_{л1}$  — масса корнеплодов и картофеля, отобранных в тару перед взаимодействием с рабочим органом, кг;  $G_{л2}$  — масса корнеплодов и картофеля, отобранных в тару после взаимодействия с рабочим органом, кг.

**Выводы.** Разработана математическая модель определения показателей качества энерго-ресурсосберегающей технологии уборки корнеплодов и клубней при повышенной влажности почвы, представленная величиной нахождения полноты сепарации по выражению (13), зависящая от массы  $m_{вп}$  вороха корнеплодов и картофеля, поступающего с подкапывающих на сепарирующие рабочие органы, а также коэффициента  $K_c$  изменения структурности влажности почвы.

Следовательно, для качественного выполнения технологического процесса уборки корнеплодов в условиях повышенной влажности почвы необходимы дальнейшие экспериментальные исследования по совершенствованию конструкции и работы сепарирующей системы уборочных машин, в том числе по изучению влияния выхлопных газов двигателя комбайна на качество корнеплодов и клубней, которые будут выполнены при финансировании Российского научного фонда при реализации проекта «Энергосберегающая технология уборки корнеплодов и картофеля с цифровой системой экологической оценки качества товарной продукции» конкурса 2021 года «Проведение фундамен-

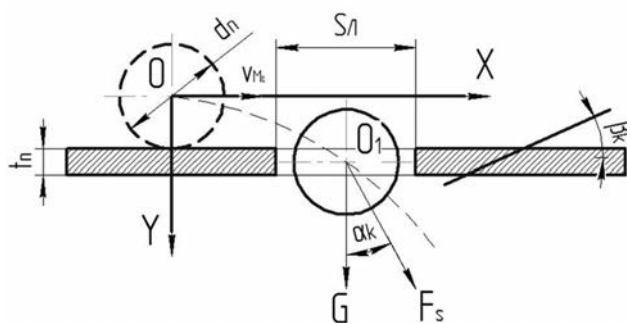


Рис. 3. Схема прохода частицы по сепарирующей поверхности.

тальных научных исследований и поисковых научных исследований малыми отдельными научными группами».

*Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.*

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бышов Н.В., Сорокин А.А., Успенский И.А. и др. Принципы и методы расчета и проектирования рабочих органов картофелеуборочных машин: Учеб. пособие. Рязань: Изд-во РГСХА, 2005. 282 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002859051>
2. Дорохов А.С. Аксенов А.Г., Сибирёв А.В. и др. Теоретические предпосылки повышения сепарирующей системы машины для уборки корнеплодов тепловой энергией системы отработавших газов. Вестник Казанского ГАУ. 2021. № 1 (61). С. 71–77. URL: [http://www.vestnik-kazgau.com/stranitsi/vestnik-kazanskogo-gau-1-60-2021\\_ru](http://www.vestnik-kazgau.com/stranitsi/vestnik-kazanskogo-gau-1-60-2021_ru)
3. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Дорохов А.С. и др. Современные технологии и техника для сельского хозяйства – тенденции выставки Agritechnika 2019 // Тракторы и сельхозмашины. 2020. № 6. С. 28–40. URL: <https://journals.eco-vector.com/0321-4443/article/view/66556>
4. Камалетдинов Р.Р. Объектно-ориентированное имитационное моделирование в среде теории информации (информационное моделирование) // Известия Международной академии аграрного образования. 2012. Т. 1. № 14. С. 186–194. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17693760>.
5. Костенко М.Ю., Костенко Н.А. Вероятностная оценка сепарирующей способности элеватора картофелеуборочной машины // Механизация и электрификация сельского хозяйства. № 12. 2009. С. 4. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13022951>.
6. Краснощеков Н.В. Агроинженерная стратегия: от механизации сельского хозяйства к его интеллектуализации // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 8. С. 5–7. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=17692608>.
7. Патент РФ № 2754037 Россия, МПК А01 D33/08. Сепарирующая система с тепловой энергией очистки / А.С. Дорохов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов, М.А. и др. – № 2021101220; Заяв. 21.01.2021; Опубл. 25.08.2021, Бюл. № 24.
8. Протасов А.А. Функциональный подход к созданию лукоуборочной машины // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2011. № 2 (47). С. 37–43. URL: <https://>

cyberleninka.ru/article/n/funktionalnoy-podhod-k-sozdaniyu-lukouborochnoy-mashiny.

9. Рейнгарт Э.С., Сорокин А.А., Пономарев А.Г. Унифицированные картофелеуборочные машины нового поколения // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2006. № 10. С. 3–5. URL: <http://www.avtomash.ru/gur/2006/200610.htm>
10. Сорокин А.А. Теория и расчет картофелеуборочных машин (монография). М.: ВИМ. 2006. 159 с. URL: <http://vniiesh.ru/results/katalog/2342/16135.html>
11. Янгазов Р.У. Повышение качества очистки корнеплодов сахарной свеклы разработкой и обоснованием конструктивных и режимных параметров транспортирующе-очистительного устройства комбайна: спец. 05.20.01: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Пенза: Пензенская ГСХА, 2011. 139 с.
12. Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Aksenov A.G. Dynamic systems modeling using artificial neural networks for agricultural machines // Agricultural Engineering. 2019. № 2 (58). С. 63–75. URL: [http://www.inmateh.eu/INMATEH\\_2\\_2019/INMATEH-Agricultural\\_Engineering\\_58\\_2019.pdf](http://www.inmateh.eu/INMATEH_2_2019/INMATEH-Agricultural_Engineering_58_2019.pdf)
13. Hevko R.B., Tkachenko I.G., Synii S.V. Development of design and investigation of operation processes of small-scale root crop and potato harvesters // Agricultural Engineering. 2016. Vol. 49. № 2. pp. 53–60. URL: [http://www.inmateh.eu/INMATEH\\_3\\_2016/50-11-Abstract.pdf](http://www.inmateh.eu/INMATEH_3_2016/50-11-Abstract.pdf).

#### REFERENCES

1. Byshov N.V., Sorokin A.A., Uspenskij I.A. i dr. Principy i metody rascheta i proektirovaniya rabochih organov kartofeleuborochnyh mashin: Ucheb. posobie. Ryazan': Izdvo RGSKHA, 2005. 282 s. URL: <https://search.rsl.ru/record/01002859051>
2. Dorohov A.S. Aksenov A.G., Sibiryov A.V. i dr. Teoreticheskie predposylki povysheniya separiruyushchej sistemy mashiny dlya uborki korneplodov teplovoj energiej sistemy otrabotavshih gazov. Vestnik Kazanskogo GAU. 2021. № 1 (61). С. 71–77. URL: [http://www.vestnik-kazgau.com/stranitsi/vestnik-kazanskogo-gau-1-60-2021\\_ru](http://www.vestnik-kazgau.com/stranitsi/vestnik-kazanskogo-gau-1-60-2021_ru)
3. Izmajlov A.Yu., Lobachevskij Ya.P., Dorohov A.S. i dr. Sovremennye tekhnologii i tekhnika dlya sel'skogo hozyajstva – tendencii vystavki Agritechnika 2019 // Traktory i sel'hoz mashiny. 2020. № 6. С. 28–40. URL: <https://journals.eco-vector.com/0321-4443/article/view/66556>
4. Kamaletdinov R.R. Ob"ektno-orientirovannoe imitacionnoe modelirovanie v srede teorii informacii (informacionnoe modelirovanie) // Izvestiya Mezhdunarodnoj aka-

demii agrarnogo obrazovaniya. 2012. Т. 1. № 14. С. 186–194. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17693760>.

5. Kostenko M.Yu., Kostenko N.A. Veroyatnostnaya ocenka separiruyushchej sposobnosti elevatora kartofeleuborochnoj mashiny // Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. № 12. 2009. С. 4. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13022951>.
6. Krasnoshchekov N.V. Agroinzhenernaya strategiya: ot mekhanizacii sel'skogo hozyajstva k ego intellektualizacii // Traktory i sel'hoz mashiny. 2010. № 8. С. 5–7. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=17692608>.
7. Patent RF № 2754037 Rossiya, MPK A01 D33/08. Separiruyushchaya sistema s teplovoj energiej ochistki / A.S. Dorohov, A.V. Sibiryov. A.G. Aksenov, M.A. i dr. – № 2021101220; Zayav. 21.01.2021; Opubl. 25.08.2021, Byul. № 24.
8. Protasov A.A. Funkcional'noj podhod k sozdaniyu lukouborochnoj mashiny // Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet im. V.P. Goryachkina. 2011. № 2 (47). С. 37–43. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/funktionalnoy-podhod-k-sozdaniyu-lukouborochnoy-mashiny>.
9. Rejngart E.S., Sorokin A.A., Ponomarev A.G. Unificirovannye kartofeleuborochnye mashiny novogo pokoleniya // Traktory i sel'skohozyajstvennye mashiny. 2006. № 10. С. 3–5. URL: <http://www.avtomash.ru/gur/2006/200610.htm>
10. Sorokin A.A. Teoriya i raschet kartofeleuborochnyh mashin (monografiya). М.: ВИМ. 2006. 159 с. URL: <http://vniiesh.ru/results/katalog/2342/16135.html>
11. Yangazov R.U. Povyshenie kachestva ochistki korneplodov saharnoj svekly razrabotkoj i obosnovaniem konstruktivnyh i rezhimnyh parametrov transportiruyushche-ochistitel'nogo ustrojstva kombajna: spec. 05.20.01: dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. Penza: Penzenskaya GSKHA, 2011. 139 s.
12. Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Aksenov A.G. Dynamic systems modeling using artificial neural networks for agricultural machines // Agricultural Engineering. 2019. № 2 (58). С. 63–75. URL: [http://www.inmateh.eu/INMATEH\\_2\\_2019/INMATEH-Agricultural\\_Engineering\\_58\\_2019.pdf](http://www.inmateh.eu/INMATEH_2_2019/INMATEH-Agricultural_Engineering_58_2019.pdf)
13. Hevko R.B., Tkachenko I.G., Synii S.V. Development of design and investigation of operation processes of small-scale root crop and potato harvesters // Agricultural Engineering. 2016. Vol. 49. № 2. pp. 53–60. URL: [http://www.inmateh.eu/INMATEH\\_3\\_2016/50-11-Abstract.pdf](http://www.inmateh.eu/INMATEH_3_2016/50-11-Abstract.pdf).

*Поступила в редакцию 07.12.2022*

*Принята к публикации 21.12.2022*

## РАЗРАБОТКА АДАПТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ КОМБАЙНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ СЕМЯН ПРИ УБОРКЕ СОИ

Ирина Михайловна Присяжная, кандидат технических наук, доцент  
Серафима Павловна Присяжная, доктор технических наук, профессор  
Александр Васильевич Липкань  
ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»,  
г. Благовещенск, Амурская обл., Россия  
E-mail: irenpris@mail.ru

**Аннотация.** Для увеличения производства сои важно снизить косвенные потери от дробления зерна при уборке и обработке урожая. Невозможность достижения оптимального режима работы комбайна связано с особенностями физико-механических свойств сои. Цель исследований – повышение эффективности технологии уборки зерна сои, на основе разработки адаптирующих устройств комбайна для получения максимального выхода первой фракции качественных, не требующих подработки (кроме протравливания) перед посевом семян. В работе (2021–2022 годы) на опытном поле ВНИИ сои использовали комбайн «Енисей-1200». Модернизация комбайна позволяет собирать в отдельной секции его бункера 60% качественных семян сои с низким содержанием сорной примеси. Вызревшие семена вымачиваются при мягких режимах работы в первом молотильном барабане. Их отдельный сбор увеличивает полевую всхожесть и биологическую урожайность первой семенной фракции. Применение решет верхнего решетчатого стана очистки комбайна с увеличенной длиной лепестков жалюзи до 70 мм и усиление воздушного потока обеспечивают чистоту семян на уровне первого класса посевного стандарта. Механические повреждения семян сои первой фракции (4,2%) не превышают установленного норматива на комбайны по дроблению и микроповреждениям (5%). Посев семян первой фракции без подработки снижает косвенные потери сои и затраты на производство семян.

**Ключевые слова:** соя, семена, дробление, микроповреждения, масса 1000 семян, комбайн, очистка, скатная доска, шнек, элеватор, двухсекционный бункер

## DEVELOPMENT OF COMBINE HARVESTER ADAPTIVE DEVICES FOR OBTAINING HIGH-QUALITY SEEDS WHEN SOYBEANS HARVESTING

I.M. Prisyazhnaya, PhD in Engineering Sciences, Associate Professor  
S.P. Prisyazhnaya, Grand PhD in Engineering Sciences, Professor  
A.V. Lipkan

FSBSI FRC «All-Russian Soybean Research Institute»,  
Blagoveshchensk, Amur region, Russia  
E-mail: irenpris@mail.ru

**Abstract.** In increasing soybean production, an important role is given to reducing indirect losses from grain crushing, which adversely affect the quality of seeds, especially when harvesting and processing crops. The impossibility of achieving the optimal mode of operation of the combine at soybean harvesting is due to the peculiarity of the physical and mechanical properties of soybeans. The purpose of the research is to increase the efficiency of the soybean grain harvesting technology based on the development of adapting devices to the combine to obtain the maximum yield of the first fraction of high-quality seeds, followed by their use in sowing without part-time processing (except for pre-sowing etching). The studies were carried out using the modernized Yenisei-1200 combine during the harvesting period 2021–2022 on the experimental field of the Federal State Budgetary Institution of the Federal Research Center of the All-Russian Research Institute of Soybeans. Modernization of the combine makes it possible to collect 60% of high-quality soybean seeds with a low content of weed impurity in a separate section of its bunker. Ripened soybean seeds are soaked in soft modes of operation of the first threshing drum, a separate collection of which increases field germination and biological yield of the first seed fraction. Application of sieves of upper sieve mill of combine harvester cleaning with increased length of blinds petals up to 70 mm together with increased air flow ensures purity of seeds of the first fraction at the level of the first class of sowing standard. Mechanical damage to soybean seeds of the first fraction, which is 4.2%, does not exceed the established standard for crushing and microdepositing combines (5%). The use of seeds of the first fraction in sowing without additional processing reduces the indirect losses of soybeans and, accordingly, the costs of seed production. Ripened soybean seeds are soaked in soft modes of operation of the first threshing drum, a separate collection of which increases field germination and biological yield of the first seed fraction. Application of sieves of upper sieve mill of combine harvester cleaning with increased length of louver petals up to 70 mm together with increased air flow ensures purity of seeds of the first fraction at the level of the first class of sowing standard. Mechanical damage to soybean seeds of the first fraction, which make 4.2%, does not exceed the established standard for crushing and micro damage combines (5%). Using the seeds of the first fraction in sowing without working, reduces indirect losses of soybeans and, accordingly, the costs of seed production.

**Keywords:** soya, seeds, crushing, microdamage, 1000 seed weight, combine, cleaning, rolling board, auger, elevator, two-section hopper

В растениеводстве Дальнего Востока производство сои динамично развивается, что обусловлено растущим спросом на соевые продукты со стороны пищевой и комбикормовой промышленности. [12, 14]

В 2022 году на площади 860 тыс. га в Амурской области было произведено свыше 1,6 млн т сои, средняя урожайность которой составила 1,89 т/га и была выше на 9,25%, чем в Приморском крае (1,73 т/га) на 280 тыс. га. [3, 8, 11]

Применение инновационных технологий с использованием современной техники обеспечивает получение высокой урожайности. Для увеличения производства сои важно снизить прямые и косвенные потери урожая (10...15% дробления и микроповреждений в товарном зерне и до 8% в семенах).

Косвенные потери приводят к снижению посевных и продовольственных качеств сои. На их величину и характер оказывают механическое воздействие рабочие органы комбайна и, прежде всего, молотильный аппарат (невозможно выбрать оптимальный режим из-за особенностей физико-механических свойств сои). [10]

Вопросу уменьшения повреждений зерна сои при уборке и послеуборочной обработке посвящено много исследовательских работ. [3, 5, 6] Академик Ю.А. Вейс и доктор сельскохозяйственных наук К.Г. Колганов обнаружили большое количество поврежденного зерна вследствие жесткой работы барабана при обмолоте. Они предложили новые двухбарабанные схемы обмолота, применение которых дает возможность получать меньше дробленого и микроповрежденного зерна.

Идея двухфазного (дифференцированного) обмолота была высказана в 1935 году академиком В.П. Горячкиным. Она заключалась в том, что более тяжеловесное и крупное зерно менее прочно связано с колосом и слабее по отношению к ударным воздействиям, чем мелкое.

Первый комбайн с двухфазной схемой обмолота был разработан и испытан ВИМ совместно с ЧИМЭСХ. На основании работ ВИМ, ЧИМЭСХ, ВИСХОМ, а впоследствии КБ Красноярского комбайнового завода в 1965 году была создана конструкция двухбарабанного комбайна СКД-5 «Сибиряк» (принят к производству в 1969 году). Дальнейшее обоснование двухфазного способа обмолота получено в трудах М.Н. Летошнева, З.И. Липковича, С.А. Алферова, Э.В. Жалнина, М.М. Присяжного, Н.В. Алдошина и других исследователей. [2]

Для уборки увеличивающегося объема урожая хозяйства Амурской области приобретают новые комбайны различных производителей и моделей. Анализ агротехнической оценки работы комбайна «Vector-410» на уборке сои показал, что чистота бункерного зерна находится на высоком уровне – 99,1...99,8% (ГОСТ – не менее 96%). Недостатки: высокая величина дробления и микроповреждений зерна, составляющая свыше 10% (ГОСТ – не более 5%). При получении посевных семян бункерное зерно проходит соответствующую обработку. Части зерна полностью не отсортировываются и дополняются новыми дроблеными и микроповрежденными, снижающими лабораторную и полевую всхожесть семян. Фирма ООО «Волжский комбайновый завод» выпускает комбайны «Агротех-3000» с двухфазной схемой обмолота, на конструктивной основе которой можно создать комбайн для уборки зерновых культур и получать семена, отвечающие требованиям государственного стандарта. [6, 9, 13, 15]

Урожайность сои зависит от генетической характеристики сорта, условий окружающей среды, сроков и нормы посева, относительной спелости и ширины междурядий при возделывании. [16]

Норма высева семян сои определяется массой 1000 зерен посевного материала, но содержание дробленого зерна приводит к увеличению нормы, так как дробленое зерно не дает всходов.

Необходимо совершенствование технологии уборки с получением качественных семян при снижении косвенных потерь урожая.

Цель исследований – повышение эффективности технологии уборки сои на основе разработки адаптирующих устройств комбайна для получения максимального выхода качественных, не требующих подработки (кроме протравливания) перед посевом семян. Актуальность апробированных технических решений подтверждена патентами РФ на изобретение №№ 2679508, 2765580 и патентом РФ на полезную модель № 216094.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Механические повреждения семян сои представляют собой местные или общие разрушения зерна, как единой и сложной биологической системы. Они снижают полевую всхожесть и урожайность, так как дробленое зерно сои всходов не дает, а микроповрежденное снижает ее на 70%. [10]

Для определения количества дробленых семян из среднего образца массой 2 кг, отобранного в соответствии с ГОСТ 12037, с помощью делителя, выделяли две навески по 100 г. Из каждой навески отбирали дробленые семена по видам, взвешивали с точностью до  $\pm 0,01$  г. Косвенные потери вычисляли в процентном отношении к весу всего зерна. Эта часть зерна не относится к семенам и должна быть отсортирована при подработке.

Для определения микроповреждений из каждой навески отбирали по 200 семян подряд (всего 400 зерен). Семена каждой сотни просматривали под бинокулярным микроскопом восьмикратного увеличения. Поврежденные семена взвешивали с точностью до  $\pm 0,01$  г. Результаты анализа каждой сотни семян фиксировали в журнале.

Модернизация комбайна «Енисей-1200» состояла в переоборудовании для снижения частоты вращения до  $300 \text{ мин}^{-1}$  первого молотильного барабана, что обеспечило мягкий режим обмолота сои и уменьшение дробления зерна первой фракции. Установка дополнительной транспортной доски 8, отводящей мелкий соевый ворох от второго молотильного барабана на вторую половину верхнего решета очистки комбайна, предотвращает смешивание вымолоченных семян вторым барабаном с первой фракцией из-под первого молотильного барабана (рис. 1). На первую половину очистки комбайна поступает просепарированный мелкий соевый ворох из-под первого молотильного барабана 5. Скатная доска 11 разделена на две части, первая – отводит зерно, обмолоченное первым молотильным барабаном и очищенное на первой половине решетчатого стана комбайна. Выделенное зерно поступает в корытообразный кожух зернового шнека со щеточным обрамлением кромки винта и элеватором и перемещается в первую секцию двухсекционного бункера комбайна. Вторая часть скатной доски обеспечивает подачу очищенного зерна со второй половины решетчатого стана (вто-

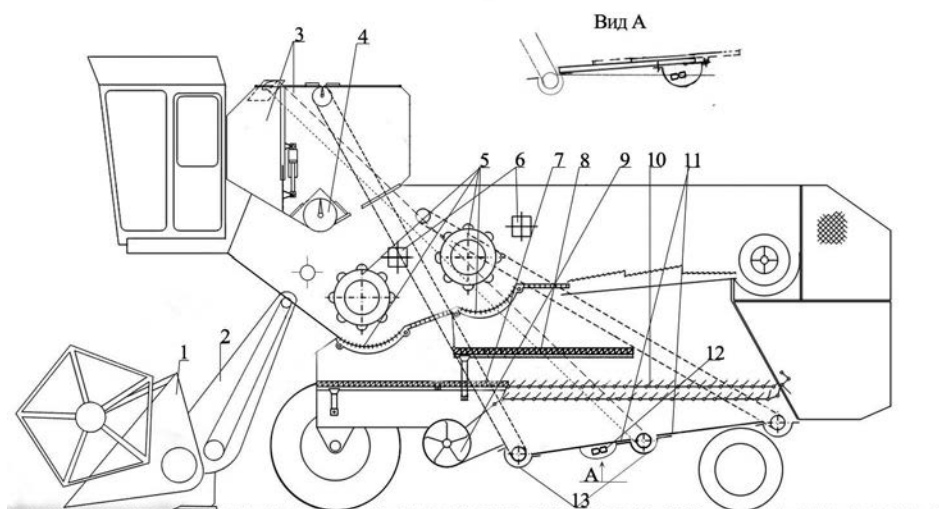


Рис. 1. Схема модернизированного комбайна Енисей-1200:

1 – жатка; 2 – наклонная камера; 3 – двухсекционный бункер; 4 – выгрузной шнек; 5 – два молотильных барабана с подбарабанами; 6 – два промежуточных битера; 7 – грохот с пальцевой решеткой; 8 – транспортная доска; 9 – вентилятор; 10 – решетный стан; 11 – скатная доска; 12 – осевой вентилятор; 13 – два зерновых шнека с элеваторами подачи зерна в бункер.

рая фракция) на второй зерновой шнек и дополнительный элеватор подает вторую фракцию из-под второго молотильного барабана во вторую секцию бункера.

Исследования по определению оптимальных технологических режимов и конструктивных параметров МСУ комбайна двухфазного обмолота и двухпоточной очистки «Енисей-1200» для уборки семян сои проведены на модернизированном комбайне в период уборки 2022 года на опытном поле ФНЦ ВНИИ сои.

Параметры оптимизации включали:

процентное соотношение выхода семян первой фракции ко второй;

содержание дробленого и микроповрежденного зерна в первой и второй фракциях –  $Y_{д1}$ ,  $Y_{м1}$  и  $Y_{д2}$ ,  $Y_{м2}$ ; чистота семян первой и второй фракций (содержание сорной примеси) –  $Y_{1сн}$ ,  $Y_{2сн}$ , %;

масса 1000 семян первой и второй фракций –  $M_{1000}$ , г; недомолот в полове, %.

Провели девять опытов в трехкратной повторности. Результаты математически обрабатывали и проверяли на адекватность полученные уравнения регрессии по методическим указаниям Ю.П. Адлера. [1]

В исследованиях использовали сорт сои *Сентябринка* (табл. 1).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Оптимизацию параметров проводили, решая графические компромиссные задачи. Определили технологические режимы работы комбайна с двухфазным обмолотом и двухпоточной воздушно-решетной очисткой и получили соотношения выхода по массе качественных семян первой фракции от первого молотильного барабана и второй фракции от второго барабана.

После статистической обработки результатов многофакторного эксперимента было получено адекватное уравнение регрессии при  $F_{факт} = 1,8 < F_{табл} = 2,6$ .

$$y = 47,33 + 7,1x_1^2 - 4,21x_1^2 + 2,61x_2^2.$$

В раскодированном виде:

$$y = 492,97 - 1,40614 * V - 1,169918 * \theta + 0,00117414269 * V^2 + 0,011611 * \theta^2.$$

На рисунке 2 (4-я стр. обл.) представлена поверхность отклика и ее сечение массовой доли выхода семян сои первой фракции, в зависимости от изменения угла раскрытия жалюзи верхнего решета очистки комбайна и частоты вращения второго молотильного барабана.

В результате анализа парного влияния факторов на критерий оптимизации выявлен максимальный выход первой фракции семян сои (более 60%) в зависимости от угла раскрытия жалюзи верхнего решета (15...30°) и частоты вращения второго молотильного барабана (620...660 мин<sup>-1</sup>).

Семена сои первой фракции характеризуются низким содержанием органической сорной примеси (0,1...0,25%). Вызревшие семена обладают повышенной энергией роста и лабораторной всхожестью, абсолютной массой и продуктивностью. Они вымолачиваются при мягких режимах работы

Таблица 1.  
Характеристика показателей сорта сои *Сентябринка*, 2021–2022 годы

Показатель	Среднее значение
Биологическая урожайность зерна, т/га	3,2
Ширина междурядья, см	45
Количество растений, шт/м <sup>2</sup>	61
Высота растений, см	68,4
Масса 1000 семян, г	182,6
Отношение массы зерна к массе соломы и створок	1:0,47:0,4
Влажность, %	
зерна	7,32
стеблей	14,1

**Таблица 2.**  
**Уровни факторов и результаты эксперимента**

$X_1$	$X_2$	Обороты второго барабана, мин <sup>-1</sup> (V)	Угол раскрытия лепестков, градус (O)	Выход первой фракции семян сои, % (Y)			
				$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_{cp}$
-1	-1	540	15	48,34	49,27	46,73	48,11
-1	+1	540	45	62,65	60,27	61,02	61,31
+1	-1	660	15	44,20	45,54	45,22	44,99
+1	+1	660	45	59,49	63,17	61,51	61,39
+1	0	660	30	52,28	52,28	51,52	51,69
-1	0	540	30	49,76	53,70	53,99	52,48
0	-1	600	15	38,90	47,42	45,71	44,01
0	+1	600	45	55,17	60,42	55,42	57,00

**Таблица 3.**  
**Качественные показатели семян, получаемые в модернизированном комбайне Енисей-1200 при уборке сои, 2021–2022 годы**

Показатель	Первая фракция	Вторая фракция
Выход семян, %	60	40
Полевая всхожесть, %	90,8	65,0
Чистота зерна, %	99,8	95,4
Дробление, %	3,3	5,87
Микроповреждения, %	0,9	1,27
Масса 1000 семян, г	182,5	173,0

первого молотильного барабана. Их отдельный сбор увеличивает полевую всхожесть первой семенной фракции на 10% (табл. 3). Применение жалюзийных решет верхнего решетчатого стана с увеличенной длиной рельефных лепестков жалюзи до 70 мм и усиленным воздушным потоком обеспечивает чистоту семян первой фракции на уровне первого класса посевного стандарта. Механические повреждения семян сои первой фракции (4,2%) не превышают установленного норматива на комбайны по дроблению и микроповреждениям (5%).

Уборка семян первой фракции модернизированным комбайном «Енисей-1200» на 10% уменьшает косвенные потери, повышает полевую всхожесть и снижает затраты на производство семян.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Адлер Ю.П., Марков Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Изд-е 2, перераб. и дополн. М.: Изд-во «Наука», 1976. 280 с.
2. Василенко И.Ф. Развитие теории и конструкции зерноуборочного комбайна // Механизация и электрификация сельского хозяйства. М.: Изд. МСХ СССР, 1959. С. 23–45.
3. Гиевский А.М., Чернышов А.В., Маслов Д.Л., Мигульнов В.Ю. Обоснование режима работы молотильно-сепарирующего устройства комбайна при уборке сои // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. № 1 (60). С. 50–56.
4. Горячкин В.П. Собрание сочинений. М.: Колос, 1965. Т. 1. 436 с.

5. Грек А.И. Вопросы обмолота. Владивосток, 1970. С. 26–32.
6. Иовлев Г.А., Голдина И.И. Обзор испытаний зерноуборочных комбайнов на качество выполнения технологического процесса обмолота зерновых культур: Россия, Беларусь // Теория и практика мировой науки. 2017. № 11. С. 56–61.
7. Оборская Ю.В., Ран О.П. Влияние физико-механических свойств семян различных сортов сои на степень их травмирования // Современные технологии производства и переработки с.-х. культур: Сб. науч. ст. науч.-практ. конф. (с международным участием), посвященной 105-летию со дня рождения селекционера, заслуженного агронома РФ, ветерана труда Т.П. Рязанцевой. Благовещенск: ВНИИ сои, 2017. С. 257–265.
8. Присяжная И.М., Присяжная С.П., Присяжный М.М., Проценко П.П. Совершенствование процесса обмолота, сепарации и транспортирования для повышения качества семян при комбайновой уборке сои: монография. Благовещенск: «Изд-во АмГУ». 2018. 192 с.
9. Присяжная И.М., Присяжная С.П., Синеговская В.Т. Математическое моделирование процесса обмолота и сепарации зерна в двухфазном молотильном устройстве комбайна // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 7. С. 76–79.
10. Присяжная И.М., Присяжная С.П., Синеговский М.О. Разработка технологии получения качественных семян при комбайновой уборке сои // Инновационные исследования как локомотив развития современной науки: сб. науч. ст. XVI Междунар. науч.-практ. конф. М.: НИЦ МИСИ, 2019. С. 25–28. [Электронный ресурс] Режим доступа. URL: <http://conference-nicmisi.ru/innovatsionnye-issledovaniya-kak-lokomotiv-razvitiyasovremennoj-nauki-ot-teoreticheskikh-paradigm-k-praktike.html> (дата обращения: 25.12.2021).
11. Присяжная И.М., Присяжная С.П., Синеговский М.О. и др. Устройство комбайна с двухсекционным бункером для сбора семенного зерна: пат. № 2765580, Рос. Федерация, А01D41/12A01D41/1208 / Заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, 2021108962, заявл. 02.04.2021, опубл. 01.02.2022, Бюл. № 4.
12. Присяжная И.М., Присяжная С.П., Коженкова А.А. Устройство для сбора семенного и товарного зерна: пат. № 2679508 Рос. Федерация / Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО АмГУ, заявл. 27.10.2017, опубл. 11.02.2019, Бюл. № 5.
13. Синеговский М.О. Перспективы производства сои в Дальневосточном федеральном округе // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 1. С. 13–16.
14. Тихончук П.В. и др. Система земледелия Амурской области: производственно-практический справочник / Под редакцией П.В. Тихончука. Благовещенск: «Изд-во ДальГАУ». 2016. 570 с.
15. Aldoshin N. Methods of harvesting of mixed crops. Proceeding of 6th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2016. Part 1. Czech University of Life Sciences Prague – Faculty of Engineering. P. 26–32.
16. Prisyazhnaya I.M., Prisyazhnaya S.P., Lipkan A.V. [et al.] Study of sowing qualities of soybean seeds in seed farms of Amur region // Journal of Agriculture and Environment. 2021. No 3 (19). DOI: 10.23649/jae.2021.3.19.4.

REFERENCES

1. Adler Yu.P., Markov E.V., Granovskij Yu.V. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimalnyx uslovij. Izd-e 2 pererab. i dopoln. M. Izd-vo «Nauka» 1976. 280 s.
2. Vasilenko I.F. Razvitie teorii i konstrukcii zernouborochnogo kombajna // Mexanizaciya i elektrifikaciya selskogo xozyajstva. M. Izd. MSX SSSR 1959. S. 23–45.
3. Gievskij A.M., Chernyshov A.V., Maslov D.L., Migulnov V.Yu. Obosnovanie rezhima raboty molotilno-separiruyushhego ustrojstva kombajna pri uborke soi // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. 1 (60). S. 50–56.
4. Goryachkin V.P. Sobranie sochinenij. M. Kolos. 1965. T. 1. 436 s.
5. Grek A.I. Voprosy obmolota. Vladivostok. 1970. S. 26–32.
6. Iovlev G.A., Goldina I.I. Obzor ispytanij zernouborochnyx kombajnov na kachestvo vypolneniya tekhnologicheskogo processa obmolota zernovyx kultur: Rossiya, Belarus // Teoriya i praktika mirovoj nauki. 2017. 11. S. 56–61.
7. Oborskaya Yu.V., Ran O.P. Vliyanie fiziko-mexanicheskix svojstv semyan razlichnyx sortov soi na stepen ix travmirovaniya // Sovremennye tekhnologii iproduzstva i pererabotki s.-x. kultur: Sb. nauch. st. nauch.-prakt. konf. (s mezhdunarodnym uchastiem) posvyashhennoj 105-letiyu so dnya rozhdeniya selekcionera, zaslužennogo agronoma RF, veterana truda T.P. Ryazancevoj. Blagoveshhensk: VNII soi. 2017. S. 257–265.
8. Prisyazhnaya I.M., Prisyazhnaya S.P., Prisyazhnyj M.M., Procenko P.P. Sovershenstvovanie processa obmolota separacii i transportirovaniya dlya povysheniya kachestva semyan pri kombajnovoj uborke soi: monografiya. Blagoveshhensk: «Izd-vo AmGU». 2018. 192 s.
9. Prisyazhnaya I.M., Prisyazhnaya S.P., Sinegovskaya V.T. Matematicheskoe modelirovanie processa obmolota i separacii zerna v dvuxfaznom molotilnom ustrojstve kombajna // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2018. T. 32. 7. S. 76–79.
10. Prisyazhnaya I.M., Prisyazhnaya S.P., Sinegovskij M.O. Razrabotka tekhnologii polucheniya kachestvennyx semyanpri kombajnovoj uborke soi // Innovacionnye issledovaniya kak lokomotiv razvitiya sovremennoj nauki: sb. nauch. st. XVI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. M.: NIC MISI. 2019. S. 25–28. [E”lektronnyj resurs] Rezhim dostupa. <http://conference-nicmisi.ru/innovatsionnye-issledovaniya-kak-lokomotiv-razvitiyasovremennoj-nauki-ot-teoreticheskix-paradigm-k-praktike.html> (data obrashheniya 25.12.2021).
11. Prisyazhnaya I.M., Prisyazhnaya S.P., Sinegovskij M.O. i dr. Ustrojstvo kombajna s dvuxsekcionnym bunkerom dlya sbora semennogo zerna: pat. 2765580 Ros. Federaciya A01D41/12A01D41/1208 / Zayavitel i patentoobladatel FGBNU FNC VNII soi, 2021108962, zayavl. 02.04.2021, opubl. 01.02.2022. Byul. 4.
12. Prisyazhnaya I.M., Prisyazhnaya S.P., Kozhenkova A.A. Ustrojstvo dlya sbora semennogo i tovarnogo zerna: pat. 2679508 Ros. Federaciya / Zayavitel i patentoobladatel FGBOU VO AmGU, zayavl. 27.10.2017, opubl. 11.02.2019. Byul. 5.
13. Sinegovskij M.O. Perspektivy proizvodstva soi v Dalnevostochnom federalnom okruge // Vestnik rossijskoj selskoxozyajstvennoj nauki. 2020. 1. S. 13–16.
14. Tixonchuk P.V. i dr. Sistema zemledeliya Amurskoj oblasti: proizvodstvenno-prakticheskij spravochnik / Pod redakciej P.V. Tixonchuka. Blagoveshhensk: «Izd-vo DalGAU». 2016. 570 s.
15. Aldoshin N. Methods of harvesting of mixed crops. Proceeding of 6th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2016. Part 1. Czech University of Life Sciences Prague – Faculty of Engineering. P. 26–32.
16. Prisyazhnaya I.M., Prisyazhnaya S.P., Lipkan A.V. et al. Study of sowing qualities of soybean seeds in seed farms of Amur region Journal of Agriculture and Environment. 2021. No 3 (19). DOI: 10.23649/jae.2021.3.19.4.

*Поступила в редакцию 20.01.2023*

*Принята к публикации 03.02.2023*