ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА КРЫМА»

# ТАВРИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК АГРАРНОЙ НАУКИ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

# TAURIDA HERALD OF THE AGRARIAN SCIENCES

№4 (32)

**2022**

ФГБУН «НИИСХ Крыма»

# ТАВРИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК АГРАРНОЙ НАУКИ

научный журнал

ISSN 2542-0720

Главный редактор - Паштецкий В.С.
Зам. главного редактора - Дидович С.В.

Зам. главного редактора - Радченко Л.А.
Ответственный редактор - Мягких Е.Ф.
Выпускающий редактор - Овчаренко Н.С.
Технический редактор - Козак И.Е.
Ответственный секретарь - Дунаева Е.А.

**Адрес редакции:**
295493, Республика Крым,
г. Симферополь, ул. Киевская,150,
т/ф.(3652)560-390,
e-mail: tavestnik@niishk.ru

**Издатели:**
ФГБУН «НИИСХ Крыма», 295493,
Республика Крым, г. Симферополь,
ул. Киевская, 150,
т/ф. (3652)560-007,
e-mail: priemnaya@niishk.ru

ФГБНУ «АНЦ "Донской"», 347740,
Ростовская обл., Зерноградский р-н,
г. Зерноград, ул. Научный городок, 3,
т/ф. (863-59) 41-4-68,
e-mail: vniizk30@mail.ru

Формат 60x84/8, усл. печ. л. 26.97.
Заказ №12А/02.
Тираж 500 экз.
Подписано к печати 17.10.2022.

Отпечатано с оригинал-макета в типографии «ИТ «АРИАЛ».
295015, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Севастопольская, 31-а/2,
тел.: +7 978 71 72 901, e-mail:
it.arial@yandex.ru, www.arial.3652.ru

Дата выхода: 09.12.2022.
Дизайн и верстка - Н.С. Овчаренко, Е.А. Дунаева
© ФГБУН «НИИСХ Крыма», 2022.
© Авторы статей, 2022.
© Авторы иллюстраций, 2022.

№4 (32), 2022

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Аллахвердиев С.Р. оглы, д.б.н., профессор, академик РАЕ, академик АНИРР, ФГБОУ ВО «МГПУ»; Алексеева К.Л., к.с.-х.н., ФГБНУ "Федеральный научный центр овощеводства; Архипов М.В., д.б.н., профессор ФГБНУ АФИ, зам. директора СЗЦППО; Ахмедов А.Д., д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ»; Бабина Р.Д., к.с.-х.н., ФГБУН «НБС-ННЦ»; Бабицкий Л.Ф., д.т.н., профессор АБиП ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»; Баденко В.Л., д.т.н., профессор СПбПУ; Барталев С.А., д.т.н., проф., ИКИ РАН; Бастаубаева Ш.О., к.с.-х.н. Казахский НИИ земледелия и растениеводства, Боровой Е.П., д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ»; Гербер Ю.Б., д.т.н., профессор АБиП ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»; Егорова Н.А., д.б.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Калмыкова Е.В., д.с.-х.н., доцент, ФГБНУ «ВНИИ орошаемого земледелия»; Клименко Н.П., к.т.н., ФГБОУ ВО «КГМТУ»; Козырев А.Х., д.с.-х.н., профессор ФГБОУ ВО «Горский ГАУ»; Кудзаев А.Б., д.т.н., професор ФГБОУ ВО «Горский ГАУ»; Ларина Г.Е., д.б.н., проф., ФГБНУ «ВНИИФ»; Лупян Е.А., д.т.н., ФГБУН «ИКИ РАН»; Мельничук Т.Н., д.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Митрофанова И.В., член-корреспондент РАН, д.б.н., начальник отдела научно-инновационной и международной деятельности, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН; Мишнёв А.В., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Моисеев К.Г., к.т.н., ФГБНУ АФИ; Надыкта В.Д., д.т.н., профессор, академик РАН, вице-президент ВПРС МОББ, чл.-корр. Академии технологических наук, директор ФГБНУ ВНИИБЗР; Невкрытая Н.В., к.б.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Немтинов В.И., д.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Остапчук П.С.,к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Паштецкий В.С., д.с-х.н., директор ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Плугатарь Ю.В., д.с.-х.н., директор ФГБУН «НБС-ННЦ»; Просянникова И.Б., к.б.н., Таврическая академия ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»; Серая Л.Г., к.б.н., ФГБНУ «ВНИИФ»; Сидякин А.И. к.б.н., доцент, ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»; Скипор О.Б., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Song J., Ph.D (candidate), King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang; Soytong K., Dr.Ph., president of Association of Agricultural Technology in Southeast Asia, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang; Соколенко О.Н., к.т.н., ФГБОУ ВО «КубГАУ им. И.Т. Трубилина»;Тарасенко В.С., д.г-м.н., профессор, ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Терлеев В.В., д.с.-х.н., профессор СПбПУ; Тимашёва Л.А., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Тихонович И.А., д.б.н., академик РАН, директор ФГБНУ «ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии»; Ткаченко О.Б., д.б.н., ФГБУН «ГБС РАН»; Топунов А.Ф., д.б.н., профессор ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН; Турина Е.Л., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Ходяков Е.А., д.с.-х.н., профессор ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ»; Цаценко Л.В., д.б.н., профессор ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ; Чайковская Л.А., д.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Чеходариди Ф.Н., д.в.н, профессор ФГБОУ ВО «Горский ГАУ»; Шеин Е.В., д.б.н., профессор ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова»; Шхагапсоев С.Х., д.б.н., профессор «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова».

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Бабанина С.С., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Дидович С.В., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Донник И.М., д.б.н., профессор, академик РАСХН, вице-президент РАН; Дунаева Е.А., к.т.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Мягких Е.Ф., к.б.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Овчаренко Н.С., к.б.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Паштецкий В.С., д.с-х.н., директор ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Радченко Л.А., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Научный журнал «Таврический вестник аграрной науки»(“Taurida Herald of the AgrarianSciences“) основан в 2013 г. Официальный сайт журнала - http://tvan.niishk.ru/
Издание зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций Российской Федерации: ПИ № ФС 77-67084 от15.09.2016 г.

Учредитель – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (ФГБУН «НИИСХ Крыма»).

Founder – FederalState Budget Scientific Institution“ResearchInstitute of Agriculture of Crimea”,295493, Republic of Crimea, Smferopol, Kievskaya Str., 150.
E-mail: priemnaya@niishk.ru
Периодичность выхода научного журнала «Таврический вестник аграрной науки» - четыре раза в год. Подписной индекс - 65981

В журнале печатаются ранее не опубликованные работы проблемного, экспериментального и методического характера по важнейшим фундаментальным и прикладным направлениям биологической, сельскохозяйственной и технической науки.

С 22 марта 2018 г. журнал включен в утвержденный ВАК Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук. С 5 апреля 2020 г. журнал «Таврический вестник агарной науки» включен в ядро РИНЦ и в Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science (№674).

**Тематические направления журнала:**

Биологические науки 03.00.00:

03.02.00 – Общая биология

03.02.03 – Микробиология

03.02.14 – Биологические ресурсы

Сельскохозяйственные науки 06.00.00:

06.01.00 – Агрономия

06.01.01 – Общее земледелие

06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана земель

06.01.05 – Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений

Технические науки 05.00.00:

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

05.20.01 – Технология и средства механизации сельского хозяйства

Согласно договору с Научной электронной библиотекой eLIBRARY.RU №708-11/2015 от 09.11.2015 г. журнал включён в систему Российского индекса научного цитирования(РИНЦ).

Каждой статье, опубликованной в журнале, редакция издания присваивает идентификатор цифрового объекта EDN (eLIBRARY Document Number).

Научный журнал «Таврический вестник аграрной науки»включен в международную базу данных Ulrich’s Periodicals Directory.

Материалы издания выборочно включаются в Международную систему научно-техническойинформации по сельскому хозяйству (AGRIS).

**СОДЕРЖАНИЕ**

Андрущенко Л. М., Федорова М. Д., Пасынкова Е. Н.
РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ НОВЫХ ОБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ 8

Блинова А. А., Тарасова О. Н., Разанцвей Д. Р., Иваченко Л. Е.
ОКСИДОРЕДУКТАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ СЕМЯН СОИ В УСЛОВИЯХ ГРИБКОВОЙ ИНФЕКЦИИ *SEPTORIA GLYCINES* НЕММІ 20

Гайдидей С. В., Дёмшин С. Л., Исупов А. Ю.
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СОШНИКОВОЙ ГРУППЫ СЕЯЛКИ ПОЛОСНОГО ПОСЕВА 34

Гусейнова Б. М., Абдулгамидов М. Д.
ТЕХНИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА СЕЛЕКЦИОННЫХ СОРТОВ И ГИБРИДНЫХ ФОРМ ЧЕРЕШНИ В УСЛОВИЯХ ДАГЕСТАНА 47

Елисеева Н. А., Костанчук Ю. Н.
ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ДЫНИ 62

Иванисова А. С., Марченко Д. М., Иличкина Н. П., Самофалова Н. Е., Олдырева И. М.
ИСТОЧНИКИ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ 71

Иванютин Н. М., Волкова Н. Е., Зубоченко А. А.
ВЛИЯНИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ СИМФЕРОПОЛЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТОКА РЕКИ САЛГИР 82

Каширина Н. А., Дроботова Е. Н., Невкрытая Н. В., Скипор О. Б.
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ *THYMUS VULGARIS* L. 93

Круглова Н. Н.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАСУХОУСТОЙЧИВЫХ ГЕНОТИПОВ ХЛЕБНЫХ ЗЛАКОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЫЛЬНИКОВ КАК ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ: ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ 106

Кубасов И. А.
ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ЛУГОВОЙ ЧЕРНОЗЕМОВИДНОЙ ПОЧВЫ ПОДВИЖНЫМ ФОСФОРОМ 122

Лукомец В. М., Гриднев А. К.
НОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПРИЗНАКОВ СЕМЯНОК АРМЯНСКОЙ РАЗНОВИДНОСТИ КУЛЬТУРНОГО ПОДСОЛНЕЧНИКА *VAR. ARMENIACUS* WENZL. ET ANASHEZ. 130

Лукьянов В. А., Нитченко Л. Б.
ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНОЛОГИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ, ЗАСОРЁННОСТЬ ПОСЕВОВ И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЦЧР 145

Нохрин Д. Ю., Васильев А. А.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИЗА ИЗБЫТОЧНОСТИ ДЛЯ ОБОБЩЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА НА ПРИМЕРЕ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ПРЕПАРАТА «МИВАЛ-АГРО» НА УРОЖАЙНОСТЬ И БОЛЕЗНИ КАРТОФЕЛЯ 156

Пехова О. А., Тимашева Л. А., Данилова И. Л., Белова И. В., Платонова Т. В.
ИССЛЕДОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИЯХ ДВУХ ХЕМОТИПОВ *THYMUS VULGARIS* L., ВЫРАЩИВАЕМЫХ В ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЕ КРЫМА 167

Попович В. В., Дунаева Е. А., Вечерков В. В.
ЦИФРОВЫЕ ПОДХОДЫ К МОНИТОРИНГУ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ НА УРОВНЕ РАЙОНОВ КРЫМА 181

Пташник О. П., Кулинич Р. А., Лукашевич М. И.
ОЦЕНКА СОРТОВ И ВИДОВ ЛЮПИНА (*LUPINUS* L.) В УСЛОВИЯХ ЗАСУШЛИВОГО КЛИМАТА КРЫМА 193

Семенюк О. В., Галушко Н. А.
ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ «ПОЛИДОН АМИНО» НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО РЕГИОНА 202

Соболевский И. В., Куклин В. А.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАБОТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕРНЕВОГО КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ 212

Филиппов Е. Г., Брагин Р. Н., Донцов Д. П.
АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АДАПТИВНОСТИ СОРТОВ И ЛИНИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ СОРТОИСПЫТАНИИ 221

**CONTENTS**

Andrushchenko L. M., Fedorova M. D., Pasynkova E. N.
RESULTS OF THE STUDY OF NEW SAMPLES OF SPRING SOFT WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.) IN THE NORTH-WEST OF RUSSIA 8

Blinova A. A., Tarasova O. N., Razantsvei D. R., Ivachenko L. E.
OXIDOREDUCTASE ACTIVITY OF SOYBEAN SEEDS UNDER CONDITIONS OF FUNGAL INFECTION *SEPTORIA GLYCINES* HEMMI 20

Gaididei S. V., Demshin S. L., Isupov A. Yu.
ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF THE COULTER GROUP OF THE SOD SEEDER FOR STRIP SOWING 34

Guseynova B. M., Abdulgamidov M. D.
TECHNICAL AND BIOCHEMICAL QUALITY INDICATORS OF PRUNUS AVIUM L. BREEDING VARIETIES AND HYBRID FORMS GROWN UNDER DAGESTAN CONDITIONS 47

Eliseeva N. A., Kostanchuk Yu. N.
INITIAL MATERIAL FOR MELON BREEDING 62

Ivanisova A. S., Marchenko D. M., Ilichkina N. P., Samofalova N. E., Oldyreva I. M.
SOURCES OF HIGH QUALITY OF WINTER DURUM WHEAT GRAIN 71

Ivanyutin N. M., Volkova N. E., Zubochenko A. A.
INFLUENCE OF THE SIMFEROPOL URBAN ENVIRONMENT ON THE QUALITATIVE PARAMETERS OF THE SALGIR RIVER FLOW 82

Kashirina N. A., Drobotova E. N., Nevkrytaya N. V., Skipor O. B.
TECHNOLOGICAL METHODS OF *THYMUS VULGARIS* L. CULTIVATION 93

Kruglova N. N.
EXPERIMENTAL IDENTITY OF CEREAL DROUGHT-RESISTANT GENOTYPES BASED ON THE USE OF ANTHERS AS THE INTEGRATED SYSTEMS: PROBLEM STATEMENT 106

Kubasov I. A.
FORMATION OF PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY OF SPRING WHEAT DEPENDING ON THE DEGREE OF PROVISION OF MEADOW CHERNOZEM SOIL WITH MOBILE PHOSPHORUS 122

Lukomets V. M., Gridnev A. K.
NEW DIVERSITY OF TRAITS OF SEEDS OF ARMENIAN TYPE OF CULTIVATED SUNFLOWER *VAR. ARMENIACUS* WENZL. ET ANASHEZ. 130

Lukyanov V. A., Nitchenko L. B.
INFLUENCE OF AGROTECHNOLOGIES ON THE CONTENT OF PRODUCTIVE MOISTURE, WEEDINESS AND YIELD OF WINTER WHEAT IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION 145

Nokhrin D. Yu., Vasiliev A. A.
THE USE OF REDUNDANCY ANALYSIS TO GENERALIZE THE RESULTS OF THE FACTOR EXPERIMENT ON THE EXAMPLE OF EVALUATION OF THE INFLUENCE OF PREPARATION “MIVAL-AGRO” ON POTATO YIELD AND DAMAGE CAUSED BY DISEASES 156

Pekhova O. A., Timasheva L. A., Danilova I. L., Belova I. V., Platonova T. V.
ACCUMULATION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN PLANTS OF TWO THYMUS VULGARIS L. CHEMOTYPES GROWN IN THE FOOTHILL ZONE OF CRIMEA 167

Popovich V. V., Dunaieva Ie. A., Vecherkov V. V.
DIGITAL APPROACHES TO MONITORING RURAL DEVELOPMENT AT THE REGIONAL LEVEL OF CRIMEA 181

Ptashnik O. P., Kulinich R. A., Lukashevich M. I.
EVALUATION OF LUPINE (*LUPINUS* L.) VARIETIES AND SPECIES UNDER ARID CLIMATE OF THE CRIMEAN PENINSULA 193

Semenyuk O. V., Galushko N. A.
EFFECT OF POLYDON® AMINO PREPARATIONS ON THE PRODUCTIVITY AND QUALITY OF WINTER WHEAT UNDER CONDITIONS OF THE NORTH CAUCASUS REGION 202

Sobolevsky I. V., Kuklin V. A.
RESEARCH OF THE OPERATION PROCESS OF THE EXPERIMENTAL STUBBLE CULTIVATOR FOR SURFACE TILLAGE 212

Filippov E. G., Bragin R. N., Dontsov D. P.
ANALYSIS OF ADAPTABILITY INDICATORS OF SPRING BARLEY VARIETIES AND LINES IN THE ECOLOGICAL VARIETY TESTING 221

УДК 633.1:633.11
EDN MHVZPG

Андрущенко Л. М., Федорова М. Д., Пасынкова Е. Н.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ НОВЫХ ОБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ

Ленинградский научно-исследовательский институт «Белогорка» –
филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха»

***Реферат.*** *Изучено 20 новых образцов яровой мягкой пшеницы (Triticum aestivum L.) различного эколого-географического происхождения, полученных из коллекции Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Исследования проведены на опытном поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка» – филиала ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха», д. Белогорка Гатчинского района Ленинградской области на естественном инфекционном фоне в течение трех лет (2019–2021 гг.). Годы исследований контрастно различались между собой по гидротермическим условиям периодов вегетации. Анализ полученных данных позволил выделить перспективный для селекционных целей материал – девять сортов, превысивших стандарт Ленинградская 6 по урожайности на 7–33 %, стабильности, скороспелости, устойчивости к полеганию и болезням. По величине продуктивной кустистости, высоте стебля, длине колоса, количеству зерен в колосе, массе зерна с колоса, массе 1000 зерен и массе зерна с 1 м$^2$ выделены пять образцов: Favorit (к-66692), Passat (к-66694) из Германии, Paragon (к-66717, Великобритания), Opatka (к-66703, Польша) и Родник (к-66791, Россия). Стабильность по урожайности проявили сорта – Balmi (к-66704, Швейцария), Picolo (к-66693, Германия), Chablis (к-66691), Paragon (к-66717) из Великобритании и Оренбургская юбилейная (к-66793, Россия) (13–24 %). Все 20 образцов показали высокую устойчивость к полеганию (9 баллов), из которых 18 сочетают её с короткостебельностью. При фитопатологической оценке на естественном инфекционном фоне выделены по устойчивости к мучнистой росе 12, к бурой ржавчине – восемь сортов. Все изучаемые сорта устойчивы к септориозу и пыльной головне.*

***Ключевые слова:*** *яровая мягкая пшеница (Triticum aestivum L.), коллекционные образцы, хозяйственно ценные признаки, скороспелость, устойчивость к полеганию, урожайность зерна, стабильность.*

***Для цитирования:*** *Андрущенко Л. М., Федорова М. Д., Пасынкова Е. Н. Результаты изучения новых образцов яровой мягкой пшеницы (Triticum aestivum L.) на Северо-Западе России // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 8–19. EDN: MHVZPG.*

***For citation:*** *Andrushchenko L. M., Fedorova M. D., Pasynkova E. N. Results of the study of new samples of spring soft wheat (Triticum aestivum L.) in the North-West of Russia // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 8–19. EDN: MHVZPG.*

## Введение

*Triticum aestivum* L. (мягкая пшеница) является второй по значимости зерновой культурой в мире, в том числе и в Российской Федерации [1].

Из-за глобального изменения климата ученые всего мира огромное внимание уделяют вопросам устойчивости сортов яровой пшеницы к биотическим и абиотическим факторам среды [2–4].

На Северо-Западе России ученые ВИР ведут исследования по изучению устойчивости растений яровой пшеницы коллекционных образцов к основным болезням, распространенным в регионе [5].

Зерновым культурам в Ленинградской области уделяется особое внимание, так как концентрированные корма собственного производства являются важной составляющей рациона высокоудойного элитного молочного стада [6].

Новые сорта, которые обладают повышенным адаптивным потенциалом, устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессорам в сочетании с высокой продуктивностью, качеством продукции, ресурсо- и энергоэкономичностью и экологической безопасностью будут всегда востребованы [7].

Постоянные естественный и искусственный отборы в конкретных экологических средах формируют наиболее устойчивые к экологическим стрессам хозяйственно ценные генотипы, называемые сортами, а эффективность их использования зависит от точности отбора наиболее адаптивных [8].

Селекционную работу в Ленинградском НИИСХ «Белогорка» ведут более семидесяти лет. Учеными созданы сорта: Память Урала (1954 г.), Заря (1967 г.), Ленинградка (1972 г.), Ленинградская 88 (1990 г.), Ленинградская 92 (1996 г.), Ленинградская 95 (1996 г.), Ленинградская 97 (2001 г.), Ленинградская 6 (2006 г.), Ленинградская 12 (2013 г.) для условий Северо-Запада России [6].

Создание скороспелых сортов яровой пшеницы для Северо-Запада России является важнейшей задачей, стоящей перед селекционерами, так как погодные условия не всегда позволяют реализовать продуктивный потенциал среднепоздних и поздних сортов [6].

Известно, что любая селекционная работа начинается с подбора пар для скрещивания. Анализируя литературные данные можно сделать вывод о том, что проблема подбора пар для скрещивания во многом остается нерешенной. Соединить желательные качества (продуктивность, качество, устойчивость к комплексу абиотических и биотических факторов) в одном сорте затруднительно. При этом селекция не стоит на месте и мировая коллекция ВИР постоянно пополняется как российскими так и зарубежными сортами [7, 8].

**Цель исследований** – выделить новые коллекционные образцы яровой мягкой пшеницы по комплексу и отдельным хозяйственно и селекционно ценным признакам для использования их в гибридизации с местными сортами и гибридами.

## Материалы и методы исследований

Исследования проведены в 2019–2021 гг. на опытном поле Ленинградский НИИСХ «Белогорка» – филиала ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» (д. Белогорка, Гатчинского района, Ленинградской области) на дерново-подзолистых, среднесуглинистых почвах. Содержание гумуса в пахотном слое 2,5 % (по И.В. Тюрину), подвижных форм $P_2O_5$ – 120 мг/кг, $K_2O_2$ – 150 мг/кг почвы (по А.Г. Кирсанову). Предшественник – картофель. Изучено 20 новых образцов яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) различного эколого-географического происхождения, полученных из коллекции Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Стандарт – Ленинградская 6 (Ленинградский НИИСХ «Белогорка») включен в Госреестр в 2010 г. по Северо-Западному региону.

Площадь делянки – 1 $м^2$. Повторность в опыте – однократная с частым повторением стандарта. Норма высева – 6 млн шт. на 1 га. Посев яровой пшеницы был проведён в оптимальные сроки. Перед посевом внесены минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ (нитроаммофоска – 16:16:16). В фазе кущения растений яровой пшеницы для борьбы с сорняками проведены опрыскивания посевов гербицидом «Балерина» + «Магнум супер».

В период проведения опыта отмечали сроки наступления фаз развития, поражение болезнями и полегание растений яровой пшеницы. Проведён структурный анализ растений яровой пшеницы по показателям: длина стебля, общее количество стеблей на растении, количество продуктивных стеблей, длина колоса, количество зерен в колосе, масса зерна с колоса и масса 1000 зёрен.

Все учеты и наблюдения проведены в соответствии с международным классификатором [9] и методическими указаниями ВИР [10, 11], ВСГИ [12], ВНИИФ [13].

Полученные данные обработаны с помощью электронного пакета MS Excel. При этом определяли минимальную и максимальную (min–max) величину признака и коэффициент вариации (V, %).

Статистическая обработка проведена по алгоритму бесповторного опыта с частым стандартом, реализованного в пакете селекционно-ориентированных программ Agros, версия 2.07 (1993–1998 гг.).

Гидротермические условия 2019–2021 гг. были различны по обеспеченности теплом и влагой; 2019 г. можно охарактеризовать как благоприятный для роста и развития яровой пшеницы. В начале вегетации (май) наблюдалась умеренно-теплая погода с хорошей влагообеспеченностью. Среднесуточная температура воздуха была выше нормы на 2 °С, а сумма осадков за месяц составила 96 мм (185 % к норме) (таблица 1), что является хорошими условиями для прорастания семян. Дефицит влаги в июне 15,9 мм (24,5 % к норме) существенно не повлиял на развитие растений яровой пшеницы, так как в мае выпали обильные осадки, что обеспечило запас влаги на длительный период.

**Таблица 1 – Гидротермические условия вегетационных периодов (данные метеостанции д. Белогорка)**

| Месяц | Среднесуточная температура воздуха, °С | | | | Сумма осадков, мм | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2019 г. | 2020 г. | 2021 г. | среднее многолетнее | 2019 г. | 2020 г. | 2021 г. | среднее многолетнее |
| Май | 10,8 | 8,5 | 10,6 | 9,3 | 96,0 | 44,3 | 132,0 | 52,0 |
| Июнь | 17,3 | 17,4 | 19,2 | 14,0 | 15,9 | 34,4 | 20,7 | 65,6 |
| Июль | 14,7 | 16,0 | 20,5 | 16,7 | 84,9 | 75,7 | 17,4 | 78,0 |
| Август | 14,7 | 15,5 | 15,2 | 14,8 | 40,0 | 104,4 | 105,6 | 86,0 |

2020 г. был менее благоприятным для роста и развития растений яровой пшеницы. Май был прохладным с небольшими заморозками (-2 °С) и дефицитом осадков (85 % к норме и 46 % к 2019 г.), влагозапасы низкие. Всходы появились поздно, через 15 дней после посева (23 мая). В июне стояла теплая сухая погода. Температура воздуха была выше нормы на 3,4 °С, сумма осадков составила 52,9 % от нормы. Запасы продуктивной влаги в пахотном горизонте низкие. Длительная засуха в мае–июне отрицательным образом сказалась на формировании урожая яровой пшеницы. В июле умеренно теплая погода в пределах нормы с дефицитом влаги в первой и второй декадах, сумма осадков 54 % и 55 % к норме. Влагозапасы в почве ниже оптимальных величин. В третьей декаде осадков выпало 188 % к норме. Длительная засуха в первой половине вегетации (май, июнь, две декады июля) отрицательно сказались на формировании урожая яровой пшеницы.

В начале вегетационного периода 2021 г. (май) наблюдалась умеренно-теплая, дождливая погода. Общее количество выпавших осадков составило 254 % нормы. Дождливая погода способствовала затягиванию сроков сева. Вегетация растений яровой пшеницы в июне и июле проходила на фоне дефицита влаги (31,6 % и 22,3 % нормы) и повышенных температур (на 4–5 °С выше нормы), что неблагоприятно повлияло на развитие растений и формирование колоса. Август характеризовался

умеренно теплой погодой с большим количеством осадков – 122,7 % нормы и температурой 15,5 °С, однако с неравномерным их выпадением: в I декаду выпало 55 %, во II – 1 %, в III – 314 % от нормы.

**Результаты и их обсуждение**

Продолжительность вегетационного периода в среднем за три года изучения варьировала от 83 до 90 дней (таблица 2).

**Таблица 2 – Агробиологическая характеристика коллекционных образцов яровой пшеницы (среднее за 2019–2021 гг.)**

| Номер по каталогу ВИР | Образец | Разновидность | Происхождение | Вегета-ционный период, дней | Длина стебля, см |
|---|---|---|---|---|---|
| St. | Ленинградская 6 | *lutescens* (Alef.) Mansf. | Россия, Ленинградская область | 83 | 78,9 |
| 66691 | Chablis | *lutescens* (Alef.) Mansf. | Великобритания | 87 | 57,1 |
| 66692 | Favorit | *lutescens* (Alef.) Mansf. | Германия | 87 | 67,9 |
| 66693 | Picolo | *lutescens* (Alef.) Mansf. | Германия | 87 | 60,9 |
| 66694 | Passat | *lutescens* (Alef.) Mansf. | Германия | 87 | 63,6 |
| 66695 | Monsun | *lutescens* (Alef.) Mansf. | Германия | 87 | 62,5 |
| 66701 | Griwa | *lutescens* (Alef.) Mansf. | Польша | 86 | 68,4 |
| 66702 | Zura | *lutescens* (Alef.) Mansf. | Польша | 83 | 63,5 |
| 66703 | Opatka | *lutescens* (Alef.) Mansf. | Польша | 89 | 68,0 |
| 66704 | Balmi | *lutescens* (Alef.) Mansf. | Швейцария | 86 | 61,4 |
| 66715 | Polkka | *lutescens* (Alef.) Mansf. | Швеция | 88 | 63,1 |
| 66716 | Shiraz | *lutescens* (Alef.) Mansf. | Великобритания | 87 | 55,6 |
| 66717 | Paragon | *lutescens* (Alef.) Mansf. | Великобритания | 87 | 70,2 |
| 66791 | Родник | *lutescens* (Alef.) Mansf. | Россия, Челябинская область | 85 | 88,2 |
| 66792 | Чебаркульская 3 | *lutescens* (Alef.) Mansf. | Россия, Челябинская область | 90 | 73,9 |
| 66793 | Оренбургская юбилейная | *lutescens* (Alef.) Mansf. | Россия, Оренбургская область | 83 | 74,4 |
| 66794 | Краснозёрка | *lutescens* (Alef.) Mansf. | Россия, Оренбургская область | 84 | 68,2 |
| 66795 | Лютеция | *lutescens* (Alef.) Mansf. | Россия, Оренбургская область | 83 | 68,4 |
| 66797 | Robijs | *lutescens* (Alef.) Mansf. | Латвия | 89 | 67,2 |
| 66798 | Uffo | *lutescens* (Alef.) Mansf. | Латвия | 89 | 64,9 |
| 66799 | Сонетт | *Velutinum* (Schubl.) Korn. | Швеция | 89 | 58,4 |
| Среднее по коллекции | | | | 87 | 63,0 |
| $НСР_{05}$ | | | | 2 | 3,4 |

Более продолжительный вегетационный период отмечен в 2019 г. с варьированием от 93 до 100 дней, а в засушливых 2020 г. и 2021 г. – от 81 до 91 дня и от 74 до 79 дней соответственно.

Наиболее скороспелыми из 20 образцов на уровне среднераннего стандарта выделены следующие четыре сорта: Оренбургская юбилейная (к-66793), Лютеция (к-66795), Краснозёрка (к-66794) из России, Zura (к-66702) из Польши. У перечисленных образцов продолжительность вегетационного периода в среднем за три года составила 83–84 дня (St. – 83 дня) с варьированием по годам от 93 дней в 2019 г. до 81 – в 2020 г. и до 74 дней в 2021 г. Эти сорта могут служить в качестве источников скороспелости.

В группу среднеспелых вошли девять образцов с продолжительностью вегетации 85–87 дней. Среди них выделено четыре сорта, сочетающих среднеспелость с высокой продуктивностью: Favorit (к-66692) и Passat (к-66694) из Германии, Paragon (к-66717) из Великобритании, Родник (к-66791) из России.

В позднеспелую группу определены пять сортообразцов с периодом вегетации 88–90 дней: Чебаркульская 3 (к-66792, Россия), Opatka (к-66703, Польша), Robijs и Uffo (к-66797 и к-66798, Латвия), Сонетт (к-66799, Швеция).

Все образцы в засушливых 2020 и 2021 гг. характеризовались меньшей продолжительностью вегетационного периода (на 9,1–19,4 дней короче, чем в 2019 г.). Средняя продолжительность вегетационного периода по коллекции в 2020 г. составила 87,8 ± 2,9 дней, в 2021 г. – 77,5 ± 1,5, в 2019 г. – 96,9 ± 2,1 дней. При этом средняя величина вегетационного периода по коллекции составила 86,7 ± 1,9 дней, а у стандарта – 83 дня.

Одним из сдерживающих факторов в получении устойчивых высоких урожаев зерна является полегание. С предотвращением полегания связаны особые требования к сорту. Характерная особенность длины стебля – высокая степень изменчивости в зависимости от условий среды. Большая зависимость между высотой растения и степенью полегания определила направление, по которому идет селекция – выведение короткостебельных сортов [8, 14–16].

В среднем за годы исследований доля низкорослых (51–65 см), средненизких (66–80 см) и среднерослых (81–95 см) составила соответственно 9, 10 и 1 образец. Все низкорослые и средненизкие образцы (19 образцов) в разные годы стабильно находились в этих группах и отличались очень высокой устойчивостью к полеганию (9 баллов). Средняя высота стебля по коллекции в 2019 г. составила 71 ± 7,9 см, в засушливом 2020 г. – 59,8 ± 8,1, в 2021 г. – 66,5 ± 7,8 см, что на 11,2 см и 4,5 см соответственно ниже. Средняя высота стебля по коллекции за три года исследований составила 63,0 ± 6,6 см.

Известно, что урожайность зерна яровой пшеницы складывается из нескольких структурных показателей: продуктивной кустистости, длины и озерненности колоса, массы зерна с колоса, с растения и массы 1000 зёрен. Отбор образцов по длине колоса и количеству колосков в нем является главным принципом, по которому селекционер ведет работу на повышение урожайности [17, 18].

Согласно Международному классификатору СЭВ рода *Triticum* L. средняя продуктивная кустистость у всех изучаемых образцов была слабая (1,2–1,9 шт.) и практически все образцы (19 шт.) превышали стандарт (1,3) (таблица 3).

Самый длинный колос отмечен у пяти сортов: Родник (к-66791), Краснозёрка (к-66794) из России, Favorit (к-66692) из Германии, Robijs (к-66797) и Uffo (к – 66798) из Латвии, длина колоса у которых в среднем составляла 8,3–9,8 см (St. – 8,1 см). Данные образцы можно рекомендовать как источники этого признака. Длина колоса в среднем по коллекции за годы исследований составила 7,9 ± 0,65 см.

**Таблица 3 – Характеристика коллекционных образцов яровой пшеницы по элементам продуктивности (среднее за 2019–2021 гг.)**

| Номер по каталогу ВИР | Образец | Продуктивная кустистость, шт. | Длина колоса, см | Количество зёрен в колосе, шт. | Масса зерна с колоса, г | Масса зерна с растения, г | Масса 1000 зёрен, г |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| St. | Ленинградская 6 | 1,3 | 7,8 | 33,9 | 1,4 | 1,7 | 35,1 |
| 66692 | Favorit | 1,5 | 8,3 | 37,8 | 1,8 | 2,0 | 39,9 |
| 66693 | Picolo | 1,5 | 7,4 | 37,3 | 1,9 | 2,2 | 39,0 |
| 66694 | Passat | 1,6 | 7,4 | 37,3 | 1,7 | 2,0 | 36,9 |
| 66702 | Zura | 1,3 | 8,0 | 33,4 | 1,5 | 1,7 | 38,5 |
| 66703 | Opatka | 1,3 | 8,1 | 41,0 | 1,8 | 2,0 | 37,7 |
| 66715 | Polkka | 1,8 | 7,2 | 42,0 | 1,6 | 2,0 | 31,2 |
| 66717 | Paragon | 1,5 | 8,0 | 39,2 | 1,8 | 2,1 | 37,4 |
| 66791 | Родник | 1,7 | 9,8 | 32,4 | 1,5 | 1,7 | 41,4 |
| 66794 | Краснозёрка | 1,7 | 8,6 | 29,0 | 1,7 | 1,9 | 41,3 |
| 66797 | Robijs | 1,5 | 8,5 | 39,6 | 1,6 | 1,9 | 37,2 |
| 66691 | Chablis | 1,6 | 7,3 | 35,2 | 1,6 | 1,9 | 38,5 |
| 66695 | Monsun | 1,4 | 7,8 | 25,8 | 1,3 | 1,5 | 42,3 |
| 66701 | Griwa | 1,6 | 7,6 | 34,6 | 1,5 | 1,8 | 37,0 |
| 66704 | Balmi | 1,2 | 6,9 | 37,6 | 1,4 | 1,6 | 34,6 |
| 66716 | Shiraz | 1,7 | 6,8 | 37,8 | 1,5 | 1,8 | 35,3 |
| 66792 | Чебаркульская 3 | 1,5 | 7,8 | 31,8 | 1,4 | 1,8 | 36,3 |
| 66793 | Оренбургская юбилейная | 1,9 | 7,8 | 28,9 | 1,4 | 1,8 | 34,7 |
| 66795 | Лютеция | 1,3 | 8,0 | 27,6 | 1,4 | 1,5 | 40,5 |
| 66798 | Uffo | 1,4 | 8,4 | 40,7 | 1,7 | 2,1 | 33,3 |
| 66799 | Сонетт | 1,8 | 7,5 | 33,4 | 1,3 | 1,5 | 31,8 |
| Среднее по коллекции $\overline{X}\pm S_x$ | | 1,5 | 7,9 | 35,1 | 1,6 | 1,8 | 37,2 |
| $НСР_{05}$ | | 0,1 | 0,8 | 2,1 | 0,2 | 0,1 | 1,7 |

По количеству зёрен в колосе выделено 10 сортов (37–42 шт.): Favorit (к-66692), Picolo (к-66693), Passat (К-66694) из Германии, Opatka (к-66703) из Польши, Balmi (к-66704) из Швейцарии, Polkka (к-66715) из Швеции, Paragon (к-66717) и Shiraz (к-66716) из Великобритании, Robijs (к-66797) и Uffo (к-66798) из Латвии. Данный показатель у стандарта – 43. Перечисленные образцы могут быть использованы в качестве источников высокой озернённости колоса. Следует отметить, что недостаток влаги в сочетании с повышенной температурой воздуха в 2020 г. привели к низким показателям озернённости колоса. Среднее по коллекции количество зерен в колосе в 2020 г. составило 28 ± 5,2, а во влажном 2019 г. – 39 ± 6,2 шт., что на 11 зёрен больше (39,3 %), чем в 2020 г. В 2021 г. этот показатель составил 38,4 ± 4,5, а в среднем за годы исследований – 35,1 ± 3,9 шт. зерен.

Масса зерна с колоса в среднем за годы исследований варьировала с 1,3 г до 1,9 г, а масса зерна с растения – с 1,5 до 2,2 г. По массе зерна с колоса и с растения выделены в сравнении со стандартом 14 сортов, 10 из которых сочетали высокую озерненность колоса с высокой массой зерна с колоса и с одного растения (1,8–2,1 г, стандарт – 1,7 г).

Все сортообразцы реагировали на засуху уменьшением массы зерна с колоса и с растения. Средние показатели коллекции по массе зерна с колоса в 2019 г. составили 1,9 ± 0,23, массе зерна с растения – 2,4 ± 0,44, а в 2020 г. (засушливом) – 1,3 ± 0,26 и 1,4 ± 0,36 г соответственно. В 2021 г. масса зерна с колоса составляла 1,4 ± 0,18, а с растения – 1,8 ± 0,18 г.

Масса 1000 зёрен является важным элементом структуры урожая, так как определяет крупность и выполненность зерна. Масса 1000 зёрен у коллекционных

образцов варьировала от 31,2 до 42,3 г. Максимально крупное зерно сформировали четыре сорта: Monsun (к-66695) из Германии (42,3 г), Родник (к-66791) (41,4 г), Краснозёрка (к-66794) (41,3 г) и Лютеция (к-66795) (40,5 г) из России (стандарт – 35,1 г). Двенадцать образцов имели мелкое зерно (31–38 г) и восемь – средней крупности (39–42,3 г). Средняя по коллекции масса 1000 зёрен в 2019 г. составила 40 ± 3,9 г (V = 9,7 %), в засушливом 2020 г. 39,4 ± 3,7 г (V = 9,4 %), в 2021 г. 32,6 ± 3,3 г (V = 9,4 %). Перечисленные выше сорта могут быть использованы в качестве источников крупнозёрности.

Таким образом, установленные существенные различия между сортообразцами по элементам урожайности позволяют выделить перспективный селекционный материал, который может быть использован в дальнейшем селекционном процессе.

При этом, по комплексу показателей структуры урожая наиболее перспективными образцами для селекции яровой пшеницы можно считать образцы, превосходящие стандарт и среднюю величину по всем элементам продуктивности – Favorit (к-66692, Германия), Opatka (к-66703, Польша), Paragon (к-66717, Великобритания).

Урожайность зерна сортов изменялась в среднем за три года от 188,5 г у сорта Shiraz до 331,8 у сорта Paragon (оба из Великобритании) (таблица 4).

**Таблица 4 – Варьирование урожайности у коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы в период 2019–2021 гг.**

| Номер по каталогу ВИР | Образец | Урожайность, г/м$^2$ | | | V, % |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $\bar{X}\pm S_x$ | max | min | |
| St. | Ленинградская 6 | 249,8 ± 62,6 | 310,0 | 204,0 | 25,1 |
| 66692 | Favorit | 325,9 ± 112,6 | 426,0 | 235,5 | 34,5 |
| 66693 | Picolo | 285,2 ± 60,4 | 321,8 | 219,6 | 21,2 |
| 66694 | Passat | 316,9 ± 171,8 | 500,7 | 210,0 | 54,2 |
| 66702 | Zura | 267,5 ± 77,6 | 327,5 | 196,2 | 29,0 |
| 66703 | Opatka | 326,2 ± 102,1 | 434,7 | 261,9 | 31,2 |
| 66715 | Polkka | 286,8 ± 98,6 | 389,7 | 222,9 | 34,3 |
| 66717 | Paragon | 331,8 ± 78,5 | 405,0 | 272,2 | 23,6 |
| 66791 | Родник | 291,2 ± 85,6 | 349,7 | 204,8 | 29,4 |
| 66794 | Краснозёрка | 271,6 ± 76,8 | 327,0 | 197,0 | 28,2 |
| 66797 | Robijs | 246,6 ± 90,7 | 348,0 | 194,5 | 36,8 |
| 66691 | Chablis | 247,9 ± 41,8 | 286,2 | 215,5 | 16,9 |
| 66695 | Monsun | 208,1 ± 55,2 | 253,0 | 159,5 | 26,5 |
| 66701 | Griwa | 222,3 ± 81,6 | 272,0 | 133,9 | 36,7 |
| 66704 | Balmi | 218,6 ± 28,7 | 248,0 | 199,5 | 13,1 |
| 66716 | Shiraz | 188,5 ± 74,3 | 266,2 | 140,5 | 39,4 |
| 66792 | Чебаркульская 3 | 240,4 ± 73,7 | 321,0 | 196,2 | 30,4 |
| 66793 | Оренбургская юбилейная | 210,5 ± 44,2 | 260,0 | 185,2 | 21,0 |
| 66795 | Лютеция | 191,3 ± 81,7 | 275,4 | 137,2 | 42,7 |
| 66798 | Uffo | 204,1 ± 68,7 | 259,1 | 142,8 | 33,6 |
| 66799 | Сонетт | 234,9 ± 66,3 | 277,2 | 165,0 | 28,2 |
| $НСР_{05}$ | | 17,0 | | | |

Средняя урожайность зерна в 2019 г. составила 302,5 ± 78,5 г/м$^2$ (V = 25,9 %), а в засушливом 2020 г. – 195,0 ± 41,8 (V = 21,4 %), что на 55 % меньше. В 2021 г. средняя урожайность составила 269,9 ± 50,4 г/м$^2$ (V = 18,6 %). В среднем за три года выделено девять сортов по урожайности: Favorit, Picolo, Passat (Германия), Opatka, Zura (Польша), Polkka (Швеция), Paragon (Великобритания), Родник и Краснозёрка (Россия). Превышение урожайности с 1 м$^2$ составило 107,0–132,8 % к стандарту.

Одним из важных показателей сорта является стабильность и устойчивость в изменяющихся условиях внешней среды. Известно, что от степени варьирования признаков зависит возможность отбора элитных растений из сортовых или гибридных популяций.

При проведении исследований определена степень изменчивости всех селекционно ценных признаков для изучаемых образцов яровой пшеницы (таблица 5).

**Таблица 5 – Коэффициент вариации (V, %) селекционно ценных признаков коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы (среднее за 2019–2021 гг.)**

| Образец | Продуктивная кустистость | Высота стебля | Длина колоса | Количество зёрен в колосе | Масса зерна с колоса | Масса зерна с растения | Масса 1000 зёрен |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ленинградская 6 | 7,5 | 3,5 | 12,8 | 2,4 | 2,2 | 1,9 | 6,3 |
| Favorit | 8,1 | 10,6 | 5,2 | 3,3 | 6,5 | 8,5 | 0,6 |
| Picolo | 8,1 | 1,7 | 4,7 | 10,8 | 9,7 | 16,3 | 4,5 |
| Passat | 9,0 | 6,1 | 1,2 | 7,9 | 10,1 | 15,5 | 0,2 |
| Zura | 10,8 | 11,8 | 8,9 | 7,8 | 12,6 | 15,4 | 6,8 |
| Opatka | 10,8 | 12,3 | 11,9 | 13,6 | 12,0 | 17,0 | 0,4 |
| Polkka | 23,4 | 20,9 | 3,7 | 11,9 | 15,1 | 25,4 | 4,6 |
| Paragon | 25,3 | 5,9 | 16,2 | 11,7 | 8,5 | 19,8 | 7,5 |
| Родник | 16,7 | 2,2 | 9,9 | 11,2 | 6,4 | 14,4 | 10,3 |
| Краснозерка | 26,8 | 1,4 | 10,6 | 16,8 | 17,3 | 24,8 | 6,7 |
| Robijs | 0,2 | 18,1 | 6,4 | 10,8 | 9,6 | 12,8 | 9,7 |
| Chablis | 9,6 | 0,2 | 13,2 | 6,4 | 2,2 | 8,5 | 2,5 |
| Monsun | 18,5 | 11,0 | 7,0 | 15,8 | 21,6 | 32,5 | 9,5 |
| Griwa | 10,4 | 1,1 | 7,0 | 19,9 | 20,3 | 22,2 | 7,1 |
| Balmi | 5,9 | 15,5 | 3,9 | 3,5 | 9,2 | 9,2 | 1,4 |
| Shiraz | 15,2 | 11,5 | 2,6 | 14,8 | 18,5 | 21,1 | 6,3 |
| Чебаркульская 3 | 14,6 | 1,4 | 6,7 | 2,1 | 6,5 | 12,6 | 3,8 |
| Оренбургская юбилейная | 0,2 | 9,7 | 0,01 | 9,6 | 9,3 | 10,8 | 4,0 |
| Лютеция | 10,0 | 11,3 | 3,3 | 13,7 | 11,6 | 10,8 | 0,4 |
| Uffo | 16,8 | 13,6 | 10,7 | 19,9 | 19,8 | 28,1 | 12,8 |
| Сонетт | 0,3 | 8,0 | 6,1 | 6,5 | 7,5 | 6,5 | 1,9 |
| Среднее по коллекции | 12,0 | 8,7 | 7,0 | 10,7 | 11,8 | 16,6 | 5,0 |

По продуктивной кустистости изменчивость сильнее всего выражена у сортов Родник, Polkka и Краснозёрка (V = 16,7–25,3 %). Более стабильны по этому признаку три сорта: Оренбургская юбилейная, Robijs, Сонетт (V = 0,2–0,3 %). По высоте стебля сильнее выражена вариабельность только у одного сорта Polkka (V = 20,9 %). Средняя изменчивость в опыте по длине колоса сравнительно небольшая (V = 7,0 %). Более стабильными по этому признаку оказались сорта: Passat, Picolo, Polkka, Favorit, Оренбургская юбилейная, Лютеция, Shiraz и Balmi (V = 0,01–5,2 %).

По количеству зёрен в колосе наибольшей стабильностью характеризовались сорта Favorit, Чебаркульская 3, Balmi (V = 2,1–3,5 %). Низкий коэффициент вариации также был отмечен у сортов Оренбургская юбилейная, Сонетт, Zura, Passat и Chablis. Максимальную нестабильность по этому признаку показали сорта Uffo и Griwa.

Средняя изменчивость в опыте по массе зерна с растения сравнительно большая (V = 16,6 %). Минимальной изменчивостью характеризуются сорта Favorit, Chablis, Сонетт, Лютеция и Оренбургская юбилейная (V = 6,5–10,8 %), а максимальной – сорта Polkka, Uffo и Monsun (V = 25,4–32,5 %).

Минимальный коэффициент вариации по массе зерна с колоса отмечен у сортов: Чебаркульская 3, Родник, Favorit и Chablis (V = 2,2–6,5 %). В среднем за годы

изучения изменчивость по массе 1000 зёрен оказалась сравнительно небольшая (V = 5,0 %). Максимальная стабильность по массе 1000 зерен отмечена у сортов Favorit, Passat, Opatka (V = 0,2–0,6 %).

Таким образом, минимальное варьирование по большинству элементов структуры урожая отмечено у сорта Favorit из Германии в сочетании с высокой урожайностью. Из высокоурожайных сортов высокая нестабильность всех элементов продуктивности выражена у сорта Polkka из Швеции.

Большое значение для сортов имеет устойчивость к распространённым в регионе грибным заболеваниям. Проведение оценки на естественном инфекционном фоне показало, что при среднем развитии болезней из изученных сортов выделено по устойчивости к мучнистой росе 12, к бурой ржавчине – 8 образцов. Все изученные сорта устойчивы к септориозу и пыльной головне. Максимальной устойчивостью ко всем перечисленным болезням характеризуются три отечественных сорта: Оренбургская юбилейная, Краснозёрка и Лютеция, а также высокопродуктивный сорт Passat (Германия).

## Выводы

Контрастные гидротермические условия в период изучения коллекции позволили максимально всесторонне изучить и выявить стабильные по урожайности и составляющим ее элементам сортообразцы яровой пшеницы. В результате изучения коллекции выделены сортообразцы для селекционных целей по таким хозяйственно и селекционно ценным признакам, как скороспелость – четыре образца (83–84 дня), короткостебельность – 19 (51–80 см), устойчивость к полеганию – 20 (9 баллов), длина колоса – 5 (8,3–9,8 см), количество зёрен в колосе – 10 (37–42 шт.), масса зерна с колоса – 10 и озернённость (более 1,8 г), масса 1000 зёрен – 10 (37,4–42,3 г), масса зерна с 1 м$^2$ – 9 (271,6–331,8 г), устойчивость к мучнистой росе – 14, септориозу – 20, бурой ржавчине – 8, пыльной головне – 20 образцов. Высокая устойчивость ко всем перечисленным болезням отмечена у трёх отечественных сортов: Оренбургская юбилейная, Краснозёрка, Лютеция и сорта Paragon из Великобритании. Максимальная урожайность отмечена у сорта Passat из Германии (138,1 % к стандарту). Наиболее перспективными для селекции яровой пшеницы можно считать образцы, превосходящие стандарт по урожайности, по большинству элементов её структуры и стабильности проявления признаков: Favorit, Passat (Германия), Paragon (Великобритания). Эти образцы будут использованы в гибридизации с местными сортами и гибридами.

## Литература

1. Федоренко В. Ф., Завалин А. А., Милащенко Н. З. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы. М.: Росинформагротех, 2018. 396 с.

2. Mallick N., Jha S. K., Agarwal P., Mall A., Niranjana M., Kumar S., Choudhary M. K., Bansal S., Saharan M. S., Sharma J. B., Vinod Marker-assisted improvement of bread wheat variety HD2967 for leaf and stripe rust resistance // Plants. 2022. No. 11(9). Art. No. 1152. DOI: 10.3390/plants11091152.

3. Bennani S., Birouk A., Jlibene M., Sanchez-Garcia M., Nsarellah N., Gaboun F., Tadesse W. Drought-tolerance QTLs associated with grain yield and related traits in spring bread wheat // Plants. 2022. No. 11(7). Art. No. 986. DOI: 10.3390/plants11070986.

4. Ávila C. M., Requena-Ramírez M. D., Rodríguez-Suárez C., Flores F., Sillero J. C., Atienza S. G. Genome-wide association analysis for stem cross section properties, height and heading date in a collection of Spanish durum wheat landraces // Plants. 2021. No. 10. Art. No. 1123. DOI: 10.3390/ plants10061123.

5. Tyryshkin L. G., Zeleneva Y. V., Brykova A. N., Kudryavtseva E. Y., Loseva V. A., Akhmedov M. A., Shikhmuradov A. Z., Zuev E. V. Long-term multilocal monitoring of leaf rust resistance in the spring bread wheat genetic resources from Institute of Plant Genetic Resources (VIR) // Agronomy. 2022. No. 12. Art. No. 242. DOI: 10.3390/ agronomy12020242.

6. Иванова Н. В., Андрущенко А. В., Есимбаева Е. М., Бекиш Л. П., Глазько Л. А., Батакова О. Б. Селекция зерновых и зернобобовых культур на Северо-Западе и Севере России. Санкт-Петербург: Северо-Западный региональный научный центр, 2014. С. 34–41.

7. Мережко А. Ф. Проблемы доноров в селекции растений. Санкт-Петербург: ВИР, 1994. 110 с.

8. Пискарев В. В., Зуев Е. В., Брыкова А. Н. Исходный материал для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Новосибирской области // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22 (7). С. 784–794. DOI: 10.18699/VJ18.422.

9. Международный классификатор СЭВ рода *Triticum* L. Л.: Научно-технический совет стран-членов СЭВ, 1984. 85 с.

10. Методические указания по изучению мировой коллекции пшеницы. Л.: ВИР, 1977. 28 с.

11. Ригин Б. В., Зуев Е. В., Кошкин В. А., Пыженкова З. С., Матвиенко И. И., Брыкова А. Н., Ковалева О. Н., Звейнек И. А. Каталог мировой коллекции ВИР, яровая мягкая пшеница. Вып. 859. Санкт-Петербург: ВИР, 2018. 24 с.

12. Гешеле Э. Э. Методическое руководство по фитопатологической оценке зерновых культур. Одесса: ВСГИ, 1971. 178 с.

13. Методы оценки устойчивости селекционного материала и сортов пшеницы к септориозу. М.: ВНИИФ, 1989. 41 с.

14. Тимошенкова Т. А., Самуилов Ф. Д. Зависимость продуктивности современных сортов яровой пшеницы от их морфологических особенностей в условиях степи Оренбургского Предуралья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2011. № 6 (3). С. 154–158.

15. Цыбенов Б. Б., Билтуев А. С. Связь урожайности яровой пшеницы с элементами продуктивности в аридных условиях Бурятии // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2016. № 2. С. 87–93.

16. Юсов В. С., Евдокимов М. Г. Комбинационная способность сортов твердой пшеницы по признакам устойчивости к полеганию в условиях Западной Сибири // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2008. № 4. С. 6–9.

17. Ijaz U., Kashif S., Kashif M. Genetic Study of quantitative traits in spring white through generation means analysis // American Eurasian J. Agric. & Environ Sci. 2013. No. 13 (2). P. 191–197. DOI: 10.5829/idosi.aejaes.2013.13.02.1101.

18. Ковтун В. И. Озерненность, масса зерна с колоса и масса 1000 зерен в повышении урожайности озимой мягкой пшеницы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 3. С. 27–29.

## References

1. Fedorenko V. F., Zavalin A. A., Milashchenko N. Z. Scientific basis for the production of high-quality wheat grain. Moscow: Rosinformagrotekh, 2018. 396 p.

2. Mallick N., Jha S. K., Agarwal P., Mall A., Niranjana M., Kumar S., Choudhary M. K., Bansal S., Saharan M. S., Sharma J. B., Vinod Marker-assisted improvement of bread wheat variety HD2967 for leaf and stripe rust resistance // Plants. 2022. No. 11(9). Art. No. 1152. DOI: 10.3390/plants11091152.

3. Bennani S., Birouk A., Jlibene M., Sanchez-Garcia M., Nsarellah N., Gaboun F., Tadesse W. Drought-tolerance QTLs associated with grain yield and related traits in spring bread wheat // Plants. 2022. No. 11(7). Art. No. 986. DOI: 10.3390/plants11070986.

4. Ávila C. M., Requena-Ramírez M. D., Rodríguez-Suárez C., Flores F., Sillero J. C., Atienza S. G. Genome-wide association analysis for stem cross section properties, height and heading date in a collection of Spanish durum wheat landraces // Plants. 2021. No. 10. Art. No. 1123. DOI: 10.3390/ plants10061123.

5. Tyryshkin L. G., Zeleneva Y. V., Brykova A. N., Kudryavtseva E. Y., Loseva V. A., Akhmedov M. A., Shikhmuradov A. Z., Zuev E. V. Long-term multilocal monitoring of leaf rust resistance in the spring bread wheat genetic resources from Institute of Plant Genetic Resources (VIR) // Agronomy. 2022. No. 12. Art. No. 242. DOI: 10.3390/ agronomy12020242.

6. Ivanova N. V., Andrushchenko A. V., Esimbaeva E. M., Bekish L. P., Glazko L. A., Batakova O. B. Selection of cereals and leguminous crops in the North-West and North of Russia. Saint Petersburg: North-West Regional Research Center, 2014. P. 34–41.

7. Merezhko A. F. Problems of donors in plant breeding. Saint Petersburg: VIR, 1994. 110 p.

8. Piskarev V. V., Zuev E. V., Brykova A. N. Sources for the breeding of spring wheat in the conditions of Novosibirsk region // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018. No. 22 (7). P. 784–794. DOI: 10.18699/VJ18.422.

9. International CMEA classifier of the genus *Triticum* L. Leningrad: Scientific and Technical Council of the CMEA member countries, 1984. 85 p.

10. Guidelines for the study of the world collection of wheat. Leningrad: VIR, 1977. 28 p.

11. Rigin B. V., Zuev E. V., Koshkin V. A., Pyzhenkova Z. S., Matvienko I. I., Brykova A. N., Kovaleva O. N., Zveinek I. A. Catalog: world collection of VIR, spring soft wheat. Iss. 859. Saint Petersburg: VIR, 2018. 24 p.

12. Geshele E. E. Methodological guide to phytopathological assessment of grain crops. Odessa: All-Union Plant Breeding and Genetics Institute, 1971. 178 p.

13. Methods for assessing the resistance of breeding material and wheat varieties to septoria. Moscow: All-Russian Research Institute of Phytopathology, 1989. 41 p.

14. Timoshenkova T. A., Samuilov F. D. Yield dependence of modern varieties of spring wheat and its morphology in the steppe of Orenburg Cis-Ural Region // Vestnik of the Kazan State Agrarian University. 2011. No. 6 (3). P. 154–158.

15. Tsybenov B. B., Biltuev A. S. Connection yielding capacity of spring wheat with elements of productivity in arid conditions Buryatia // Bulletin of the State Agrarian University of the Northern Trans-Urals. 2016. No. 2. P. 87–93.

16. Yusov V. S., Evdokimov M. G. Combining ability for characters of resistance to a lodging of varieties of a durum wheat in the Western Siberia // Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2008. No. 4. P. 6–9.

17. Ijaz U., Kashif S., Kashif M. Genetic study of quantitative traits in spring wheat through generation means analysis // American Eurasian J. Agric. & Environ Sci. 2013. No. 13 (2). P. 191–197. DOI: 10.5829/idosi.aejaes.2013.13.02.1101.

18. Kovtun V. I. Correlation of grain content in an ear, grain mass of one ear and mass of 1000 grains with soft winter wheat yields increase // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2015. No. 3. P. 27–29.

UDC 633.1:633.11

Andrushchenko L. M., Fedorova M. D., Pasynkova E. N.

## RESULTS OF THE STUDY OF NEW SAMPLES OF SPRING SOFT WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.) IN THE NORTH-WEST OF RUSSIA

***Summary.*** *We studied 20 new samples of spring soft wheat (Triticum aestivum L.) of various ecological and geographical origin, obtained from the collection of the Federal Research Center N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR). The studies were carried out in 2019–2021 on the experimental field of the Leningrad Research Institute of Agriculture "Belogorka" – branch of the FSBSI "A.G. Lorkh Federal Potato Research Center" (village of Belogorka, Gatchinsky district, Leningrad region) against a natural infectious background. Hydrothermal conditions of the growing seasons were contrasting. The analysis of the data obtained made it possible to identify promising breeding material (samples of spring soft wheat), which surpassed standard 'Leningradskaya 6' in terms of yield (nine of them exceeded standard by 7–33 %), stability, early maturity, resistance to lodging and diseases. According to the value of productive tillering, stem height, ear length, number of grains per ear, grain weight per ear, 1000-grain weight and grain weight per 1 m$^2$, five samples were identified: 'Favorit' (k-66692) and 'Passat' (k-66694) from Germany, 'Paragon' (k-66717, UK), 'Opatka' (k-66703, Poland) and 'Rodnik' (k-66791, Russia). Stability in terms of yield at the level of 13–24 % was shown by varieties 'Balmi' (k-66704, Switzerland), 'Picolo' (k-66693, Germany), 'Chablis' (k-66691) and 'Paragon' (k-66717) from the UK and 'Orenburgskaya Yubileinaya' (k-66793, Russia). All 20 samples showed high resistance to lodging (9 points), 18 of which were short-stemmed though. Phytopathological assessment on a natural infectious background helped to identify varieties resistant to powdery mildew and leaf rust – 12 and 8, respectively. In addition, all studied varieties were also resistant to septoria and loose smut.*

***Keywords:*** *spring soft wheat (Triticum aestivum L.), collection specimens, economically valuable traits, early maturity, resistance to lodging, grain yield, stability.*

Андрущенко Лидия Михайловна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства зерновых, зернобобовых и рапса, Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка» – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха»; 188338, Россия, Ленинградская область, Гатчинский район, д. Белогорка, ул. Институтская, 1; e-mail: lenniish@mail.ru.

Федорова Мария Дмитриевна, научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства зерновых, зернобобовых и рапса, Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка» – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха»; 188338, Россия, Ленинградская область, Гатчинский район, д. Белогорка, ул. Институтская, 1; e-mail: lenniish@mail.ru.

Пасынкова Елена Николаевна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства зерновых, зернобобовых и рапса, Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка» – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха»; 188338, Россия, Ленинградская область, Гатчинский район, д. Белогорка, ул. Институтская, 1; e-mail: pasynkova.elena@gmail.com.

Andrushchenko Lidia Mikhailovna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the Department of breeding and primary seed production of cereals, legumes and rape, Leningrad Research Institute of Agriculture “Belogorka” – branch of the FSBSI “A.G. Lorkh Federal Potato Research Center”; 1, Institutskaya str., Belogorka vill., Gatchinsky district, Leningrad region, 188338, Russia; e-mail: lenniish@mail.ru.

Fedorova Maria Dmitrievna, researcher of the Department of breeding and primary seed production of cereals, legumes and rape, Leningrad Research Institute of Agriculture “Belogorka” – branch of the FSBSI “A.G. Lorkh Federal Potato Research Center”; 1, Institutskaya str., Belogorka vill., Gatchinsky district, Leningrad region, 188338, Russia; e-mail: lenniish@mail.ru.

Pasynkova Elena Nikolaevna, Dr. Sc. (Biol.), chief researcher of the Department of breeding and primary seed production of cereals, legumes and rape, Leningrad Research Institute of Agriculture “Belogorka” – branch of the FSBSI “A.G. Lorkh Federal Potato Research Center”; 1, Institutskaya str., Belogorka vill., Gatchinsky district, Leningrad region, 188338, Russia; e-mail: pasynkova.elena@gmail.com.

*Дата поступления в редакцию – 14.07.2022.*
*Дата принятия к печати – 21.10.2022.*

УДК 635.655:632.4
EDN LMZYJS

Блинова А. А., Тарасова О. Н., Разанцвей Д. Р., Иваченко Л. Е.

# ОКСИДОРЕДУКТАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ СЕМЯН СОИ В УСЛОВИЯХ ГРИБКОВОЙ ИНФЕКЦИИ *SEPTORIA GLYCINES* HEMMI

ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»

***Реферат***. *Одним из распространенных заболеваний сои является некротрофический патоген – гриб Septoria glycines Hemmi. Грибковая инфекция вызывает окислительный стресс в растениях, сопровождается усилением образования активных форм кислорода и перекисного окисления липидов. В формировании защитно-приспособительной реакции растения на действия стресса немаловажная роль отводится антиоксидантым ферментам класса оксидоредуктазы (супероксиддисмутаза (СОД), каталаза (КАТ), пероксидаза (ПОД), полифенолоксидаза (ПФО)). Цель исследования заключалась в изучении изменения активности супероксиддисмутазы, каталазы, пероксидазы и полифенолоксидазы в семенах сои в условиях грибковой инфекции S. glycines. Исследования проводили на семенах селекции ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои» в 2020 г. Активность супероксиддисмутазы и каталазы определяли спектрофотометрическим методом, активность пероксидазы и полифенолоксидазы – колориметрическим методом, электрофоретические спектры ферментов – методом электрофореза в полиакриламидном геле. Содержание белка определяли методом Лоури; малоновый диальдегид – по реакции с тиобарбитуровой кислотой. Влияние патогена приводит к повышению содержания малонового диальдегида, что свидетельствует о возникновении окислительного стресса, сопровождающегося изменением удельной активности антиоксидантных ферментов класса оксидоредуктаз, а также изменением их множественных форм. Среди исследованных сортов сои для сорта Сентябринка выявлено низкое содержание МДА (0,09 мкмоль/г сырой массы), а значит незначительный окислительный стресс, на фоне которого была установлена невысокая удельная активность СОД (44,69 ед./мг белка) и максимальное снижение активности ПОД (0,97 ед./мг белка) и ПФО (0,30 ед./мг белка). Методом энзим электрофореза выявили высокую гетерогенность СОД (от 6 до 12 форм) и ПОД (от одной до пяти), низкую − КАТ и ПФО (варьирует от одной до трех форм). Для исследуемых сортов сои установлены стабильные и устойчивые формы ферментов СОД11, СОД12, СОД14, КАТ5, ПОД12, ПОД17, ПФО14. В заражённых семенах сои с высокой встречаемостью обнаружены формы СОД13, СОД15, КАТ8, ПОД14 и ПФО15, которые вероятно, принимают активное участие в адаптивных реакциях сои к воздействию исследуемого биотического стресса. Высокая гетерогенность СОД и ПОД, а также чувствительность к воздействию внешних факторов позволяет их использовать в качестве маркеров адаптации к патогену S. glycines Hemmi.*

***Ключевые слова:*** *соя (Glycine max (L.) Merr.), септориоз, окислительный стресс, малоновый диальдегид, антиоксиданты, оксидоредуктазы, множественные формы.*

***Для цитирования:*** *Блинова А. А., Тарасова О. Н., Разанцвей Д. Р., Иваченко Л. Е. Оксидоредуктазная активность семян сои в условиях грибковой инфекции Septoria glycines Hemmi // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 20–33. EDN: LMZYJS.*

***For citation:*** *Blinova A. A., Tarasova O. N., Razantsvei D. R., Ivachenko L. E. Oxidoreductase activity of soybean seeds under conditions of fungal infection Septoria glycines Hemmi // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 20–33. EDN: LMZYJS.*

## Введение

Соя (*Glycine max* (L.) Merrill) является важнейшей мировой сельскохозяйственной культурой для получения полноценного белка, масла с невысоким содержанием насыщенных высших жирных кислот. Расширение площадей по производству сои в отсутствии мер сохранения почвенного плодородия повлияло на агроэкосистемы и изменило распространение, частоту и интенсивность болезней сои. В последнее десятилетие заболевания позднего сезона, вызываемые преимущественно некротрофными грибами, стали наиболее важной патологией, снижающей урожайность сои, что вызывает катастрофические последствия для экономики крупного сельскохозяйственного производства [1].

Одним из распространенных заболеваний сои является некротрофический патоген – грибковая инфекция (гриб) *Septoria glycines* Hemmi, которая вызывает септориоз (ржавая пятнистость) сои [1–4]. Споры *S. glycines* и других грибковых патогенов распространяются главным образом ветром и/или дождевыми каплями и имеют решающее значение для развития эпидемий на сельскохозяйственных культурах, в том числе на сое [3, 5–7]. Маленькие коричневые пятна развиваются на листьях в нижнем ярусе и продвигаются по растению по мере продвижения к среднему, а затем к верхнему ярусу. Отдельные поражения могут объединяться, вызывая стрессовое состояние растений сои, провоцируя их хлороз, после чего происходит преждевременная дефолиация [3, 4, 6–8].

Инфекция *S. glycines* вызывает окислительный стресс в растениях, который сопровождается усилением образования активных форм кислорода (АФК), в результате чего происходит повышение перекисного окисления липидов (ПОЛ), нарушение клеточного метаболизма, синтеза нуклеиновых кислот, белков и целостности мембран [9]. В процессе ПОЛ снижается количество полиненасыщенных жирных кислот, что приводит к повышению вязкости клеточных мембран, нарушению работы связанных с мембранами ферментных систем и гибели клетки [10]. В организме растений АФК не только инициируют в клетках окислительный стресс, но и выполняют роль сигнальных молекул, запускающих активацию адаптивных механизмов, которые повышают устойчивость растений к стрессовым факторам [11]. В формировании защитно-приспособительной реакции растения на действия стресса вовлечены многие физиологические и биохимические процессы [12], в первую очередь активизируются компоненты антиоксидантной защиты [13]. Среди антиоксидантов выделяют ферментативные и неферментативные, включающие флавоноиды, каротиноиды, витамины и др. К антиоксидантным ферментам в первую очередь относятся оксидоредуктазы, которые являются универсальным индикатором состояния растения. Они инактивируют АФК, защищая биополимеры, расположенные в различных тканевых структурах и клеточных компартментах [14]. В группу оксидоредуктаз включают супероксиддисмутазу (СОД, ЕС 1.15.1.1), каталазу (КАТ, ЕС 1.11.1.6), пероксидазу (ПОД, ЕС 1.11.1.7), полифенолоксидазу (ПФО, ЕС 1.10.3.1) [15].

Чесноков Ю. В. отметил различия белков по электрофоретической подвижности, обусловленные аллельными замещениями в структурной части гена, которые можно использовать при анализе изменений генотипического состава популяций так же, как морфологические различия, связанные с маркерными локусами [16]. Ранее проведённые нами исследования по изучению влияния *S. glycines* на биохимические процессы сои выявили изменения удельной активности

ферментов и их множественных форм, что способствует формированию адаптации сои к биотическому стрессу [2, 17].

**Цель исследований** – изучение изменения активности супероксиддисмутазы, каталазы, пероксидазы и полифенолоксидазы в семенах сои в условиях грибковой инфекции *S. glycines*.

**Материалы и методы исследований**

Объектом исследования являлись семена сортов сои селекции ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои» (ФНЦ «ВНИИ сои»), подверженные воздействию грибковой инфекции *S. glycines*. Материал выращен в 2019 г., отобран и проанализирован в 2020 г. Выбранные нами для исследований сорта сои различались по устойчивости к септориозу (таблица 1) [18].

Семенной материал, зараженный грибковой инфекцией *S. glycines*, отбирали визуально по следующим морфологическим признакам: наличие на семядолях округлых красно-коричневых пятен диаметром 6–10 мм с многочисленными пикнидами [19–22]. Контролем выступали здоровые семена.

**Таблица 1 – Сорта сои селекции ФГБНУ ФНЦ «ВНИИ сои», различающиеся по устойчивости к септориозу**

| Сорт | Устойчивость к септориозу |
|---|---|
| Топаз | высокоустойчив |
| Веретейка | среднеустойчив |
| Кружевница | устойчив |
| Сентябринка | устойчив |
| Умка | среднеустойчив |
| Даурия | устойчив |
| Золушка | устойчив |
| Лазурная | среднеустойчив |

Анализ содержания малонового диальдегида (МДА) и активности оксидоредуктаз в семенах сои проводили в лаборатории биотехнологии ФНЦ «ВНИИ сои».

Для получения экстрактов растворимых белков соевых семян, содержащих ферменты класса оксидоредуктаз, навеску материала массой 0,5 г гомогенизировали и экстрагировали в фарфоровых ступках 15 мл раствора 0,15 М хлорида натрия в течение 15 минут при температуре 0–5 °С, затем центрифугировали в течение 15 мин при 3000 об./мин [23]. После центрифугирования осадок отбрасывали, в надосадочной жидкости определяли содержание белка, МДА и активность оксидоредуктаз. Содержание белка определяли по методу Лоури на спектрофотометре CARY 50, при длине волны 750 нм напротив контроля в кюветах с толщиной поглощающего слоя 1 см [23], МДА – по реакции с тиобарбитуровой кислотой (ТБК), которая при высокой температуре и кислом значении pH протекает с образованием окрашенного триметинового комплекса. Оптическую плотность измеряли на спектрофотометре CARY 50 при длине волны 532 нм напротив контроля, содержащего реакционную смесь и экстракт белка, но без ТБК, в кюветах с толщиной поглощающего слоя 1 см [24]. Активность СОД измеряли на спектрофотометре CARY 50, метод основан на ингибировании ферментом фотохимического восстановления тетразолиевого нитросинего, при 560 нм напротив темнового контроля в кюветах с толщиной поглощающего слоя 1 см [25]. Активность КАТ определяли спектрофотометрическим методом при 240 нм по скорости разложения пероксида водорода с образованием воды и кислорода, напротив контроля в кюветах с толщиной поглощающего слоя 1 см [26]. Активность ПОД измеряли колориметрическим методом

по А.Н. Бояркину в модификации А.Т. Мокроносова на КФК-2 при длине волны 670 нм в кювете с поглощающим слоем 2 см, по скорости реакции окисления бензидина до образования бензидинового синего в присутствии пероксида водорода [27]. Активность ПФО регистрировали на фотоэлектроколориметре КФК-2 по А.И. Ермакову, метод которого основан на измерении оптической плотности продуктов реакции, образовавшихся при окислении пирокатехина за определенный промежуток времени (20 секунд), при длине волны 590 нм в течение 2 мин в кювете с поглощающим слоем 2 см [27]. Удельную активность оксидоредуктаз (ед./мг белка) и содержание МДА (мкмоль/г сырой массы) измеряли в двух биологических и трех аналитических повторностях.

Электрофоретические спектры исследуемых ферментов выявляли методом электрофореза на пластинках 8 % (КАТ, ПОД и ПФО) и 10 % (СОД) полиакриламидного геля в камере для вертикального электрофореза Mini-PROTEAN Tetra (Bio-Rad) [23, 28]. Окрашивание на геле форм ферментов проводили соответствующими гистохимическими методами [26, 28]. Для выявленных множественных форм (МФ) ферментов определяли значения их относительной электрофоретической подвижности (Rf) и строили схемы энзимограмм. Нумерация форм ферментов приведена от более высокоподвижных к низкоподвижным формам. Для каждой формы ранее присвоено сокращенное обозначение в соответствии со значениями их Rf (для каталазы КАТ1-КАТ 8, пероксидазы ПОД 1-ПОД 18, супероксиддисмутазы СОД 1-СОД 21, полифенолоксидазы ПФО 1-ПФО 19) [29].

Обработка результатов исследования выполнена с использованием статистической программы STATISTICA 10, графическое представление данных – с помощью программного обеспечения Excel (2010). Для оценки связи между активностями оксидоредуктаз и уровнем МДА использован коэффициент корреляции ($r_{кор}$). Достоверность изменений исследуемых параметров определяли по различиям средних значений (n = 6), используя критерий Стьюдента. В расчетах принят 5 % уровень значимости.

**Результаты и их обсуждение**

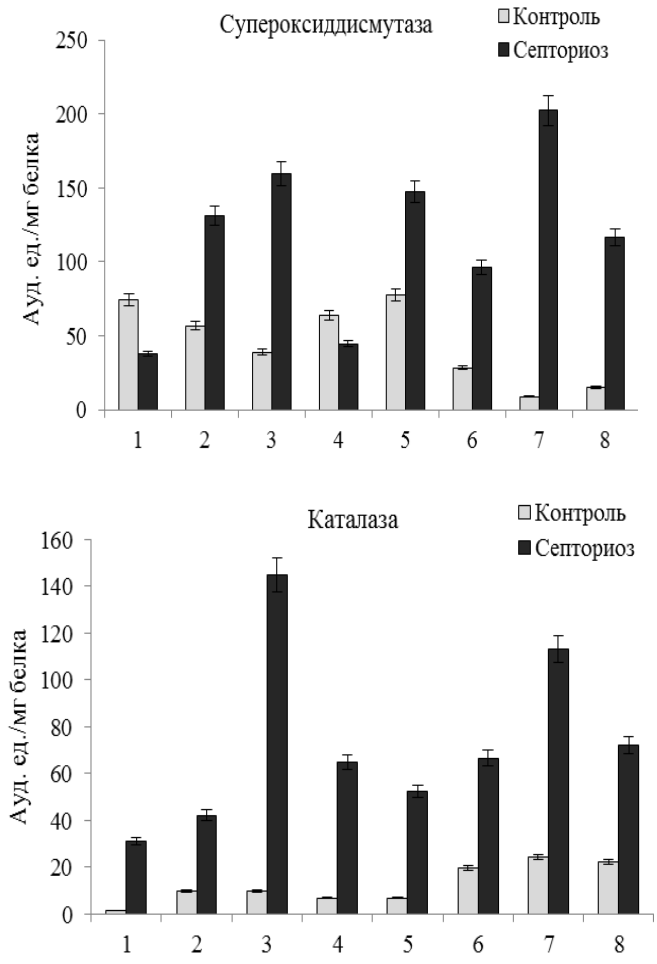
Изобилие осадков во второй половине лета приводит к интенсивному переувлажнению почвы и развитию патогенов на растениях сои. Заражение семян сои септориозом приводит к возникновению окислительного стресса и увеличению интенсивности ПОЛ. Конечным продуктом процесса окисления липидов в клетке является МДА, который служит показателем устойчивости сои к воздействию стресса [30]. В результате исследований установлено повышение в два и более раза относительно контроля (здоровые семена) содержания МДА в семенах, пораженных септориозом, устойчивых и среднеустойчивых к грибковым заболеваниям сортов сои Кружевница, Сентябринка, Умка и Лазурная, что свидетельствовало об усилении в них окислительного стресса (таблица 2). Одновременно с этим анализом результатов содержания МДА установлено отсутствие окислительного стресса в семенах высокоустойчивого и устойчивого сортов сои Топаз (0,25 мкмоль/г сырой массы) и Даурия (0,42 мкмоль/г сырой массы) соответственно, что свидетельствовало об устойчивости этих сортов к воздействию патогена. Наибольшее увеличение концентрации МДА (в четыре раза) выявлено в семенах среднеустойчивого сорта сои Веретейка (0,85 мкмоль/г сырой массы), наименьшее в 1,5 раза – устойчивого к патогену сорта Золушка (0,46 мкмоль/г сырой массы).

В результате проведенного анализа удельной активности исследуемых оксидоредуктаз установили, что эти показатели значительно варьировали в зависимости от исследуемого сорта сои и заражения грибковой инфекцией *S. glycines* (рисунок 1).

**Таблица 2 – Содержание малонового диальдегида в исследуемых семенах сои**

| Сорт | Содержание МДА в семенах сои, мкмоль/г сырой массы | |
|---|---|---|
| | Контрольные семена | Семена, больные септориозом |
| Топаз | 0,24 ± 0,01 | 0,25 ± 0,01 |
| Веретейка | 0,21 ± 0,01 | 0,85 ± 0,03 |
| Кружевница | 0,31 ± 0,02 | 0,64±0,06 |
| Сентябринка | 0,09 ± 0,01 | 0,20±0,01 |
| Умка | 0,54 ± 0,01 | 1,23 ± 0,05 |
| Даурия | 0,42 ± 0,02 | 0,42 ± 0,01 |
| Золушка | 0,30 ± 0,01 | 0,46 ± 0,01 |
| Лазурная | 0,34 ± 0,01 | 0,70 ± 0,02 |

Так, удельная активность СОД и КАТ в заражённых семенах сои патогеном, за исключением Топаз и Сентябринка (для СОД), значительно повышалась для всех исследуемых сортов сои амурской селекции. Отмечено, что в здоровых семенах активность СОД и КАТ является обратнозависимой ($r_{кор}$ = –0,95), а в зараженных семенах зависимость этих ферментов становится пропорциональной ($r_{кор}$ = 0,64), что указывает на одинаковое включение этих ферментов в защитный механизм при биотическом стрессе. Анализ удельной активности ПФО показал ее снижение под влиянием патогена во всех сортах сои. Для ПОД определенных закономерностей не отмечено, так как для некоторых сортов установлено повышение активности, а для некоторых – снижение.



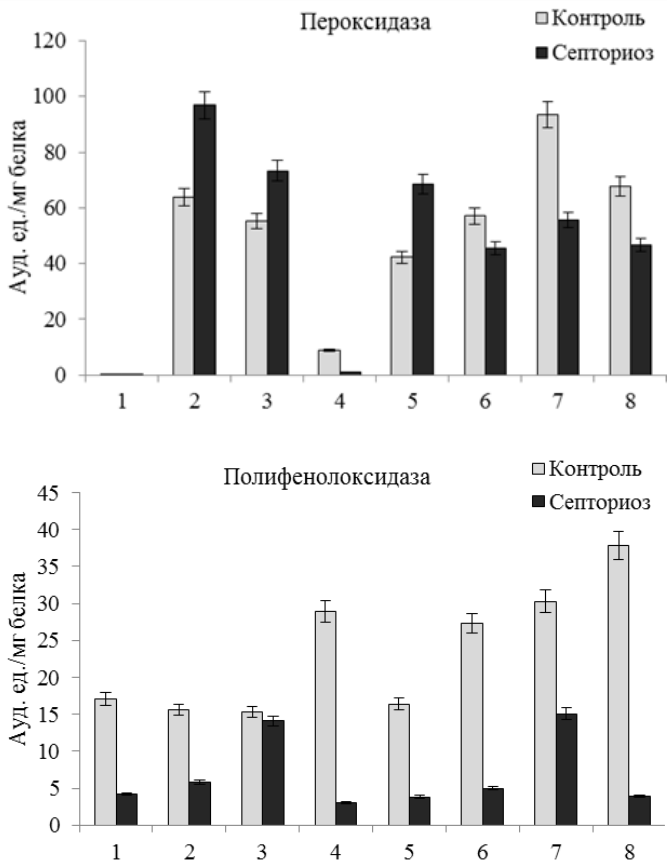



**Рисунок 1 – Удельная активность оксидоредуктаз в контрольных и зараженных грибковой инфекцией *S. glycines* Hemmi семенах сортов сои**

***Примечание:*** *1 – Топаз, 2 – Веретейка, 3 – Кружевница, 4 – Сентябринка, 5 – Умка, 6 – Даурия, 7 – Золушка, 8 – Лазурная; На графиках указаны планки погрешностей – ошибка опыта.*

Анализ полученных результатов выявил некоторые закономерности общего характера. Так, в семенах сои сорта Топаз, в котором не выявлено изменение МДА и, следовательно, отсутствовало перекисное окисление липидов, отмечали незначительное снижение активности СОД (37, 91 ед./мг белка) и низкую активность ПОД (0,41 ед./мг белка), но при этом зафиксировали самое высокое увеличение активность КАТ (в 20 раз) среди исследуемых сортов. Также отмечено, что в семенах сои сорта Кружевница самую высокую удельную активность КАТ (144,78 ед./мг белка), и её увеличение по сравнению с контролем (9,97 ед./мг белка) составило в 14,4 раза. Среди исследованных сортов сои для сорта Сентябринка выявлено низкое содержание МДА (0,09 мкмоль/г сырой массы), а значит незначительный окислительный стресс, на фоне которого была установлена невысокая удельная активность СОД (44,69 ед./мг белка) и максимальное снижение активности ПОД (0,97 ед./мг белка) и ПФО (0,30 ед./мг белка). При этом отмечено значительное увеличение КАТ в 9,5 раз, что возможно связано с устойчивостью нового сорта к септориозу. Также наблюдали в семенах сои сорта Золушка значительное повышение СОД – в 23,4 раза.

Анализ множественных форм оксидоредуктаз не заражённых (контроль) и заражённых семян исследуемых сортов сои выявил высокую гетерогенность СОД (в образцах обнаружено от шести до 12 форм) и низкую – ферментов КАТ и ПФО (варьирует от одной до трех форм), у ПОД количество форм меняется от 1 до 5 (рисунок 2 и 3).

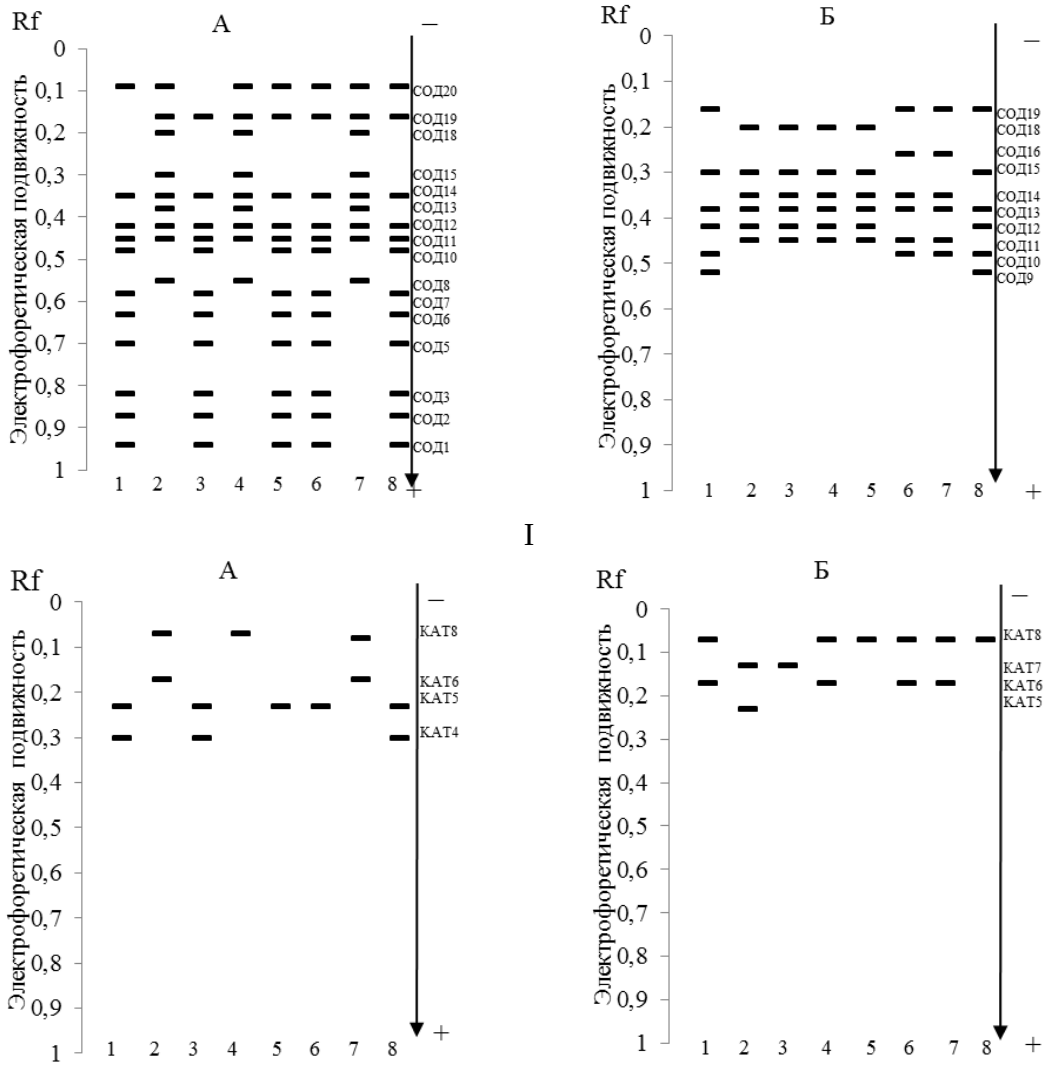



**Рисунок 2 – Схема энзимограмм СОД (I) и каталазы (II) семян сои**
**А – контроль, Б – семена, зараженные *S. glycines* Hemmi**

***Примечание.*** *1 – Топаз, 2 – Веретейка, 3 – Кружевница, 4 – Сентябринка, 5 – Умка, 6 – Даурия, 7 – Золушка, 8 – Лазурная.*

Следует отметить в здоровых семенах очень высокую гетерогенность СОД (от девяти до 12 форм) и небольшое количество форм энзима в зараженных семенах (шесть форм, различающихся электрофоретической подвижностью), что указывает на высокую чувствительность этого антиоксидантного фермента к действию окислительного стресса, вызванного исследуемой грибковой инфекцией (см. рисунок 2).

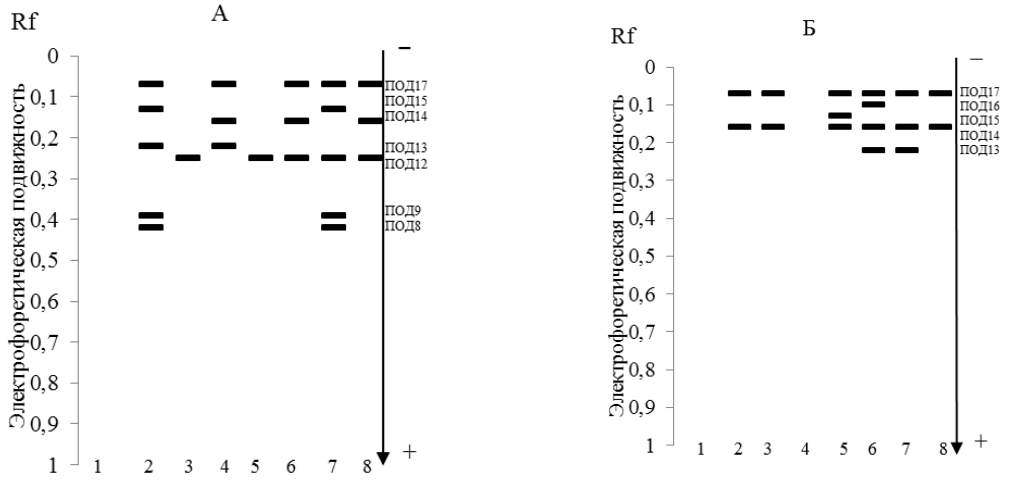
Установлено, что в зараженных семенах всех изучаемых сортов угнетаются все высокоподвижные формы с СОД 1 по СОД 8, имеющие низкую молекулярную массу, а также форма СОД 20, имеющая самую низкую электрофоретическую подвижность, что может быть связано с отсутствием их устойчивости к действию изучаемой болезни. Кроме того, выявлены множественные формы в диапазоне от СОД 9 до СОД 19 со средней электрофоретической подвижностью, что сопровождается повышением удельной активности фермента, для большинства изученных сортов сои (за исключением сортов Сентябринка и Топаз). Стабильными и устойчивыми, независимо от сорта являются формы СОД 11, СОД 12 и СОД 14,

обнаруженные во всех исследуемых образцах. Также в заражённых семенах сои выявлены с высокой встречаемостью формы СОД 13 и СОД 15, поэтому можно предположить, что данные пять форм фермента супероксиддисмутазы принимают участие в адаптивных реакциях сои к воздействию внешних факторов.

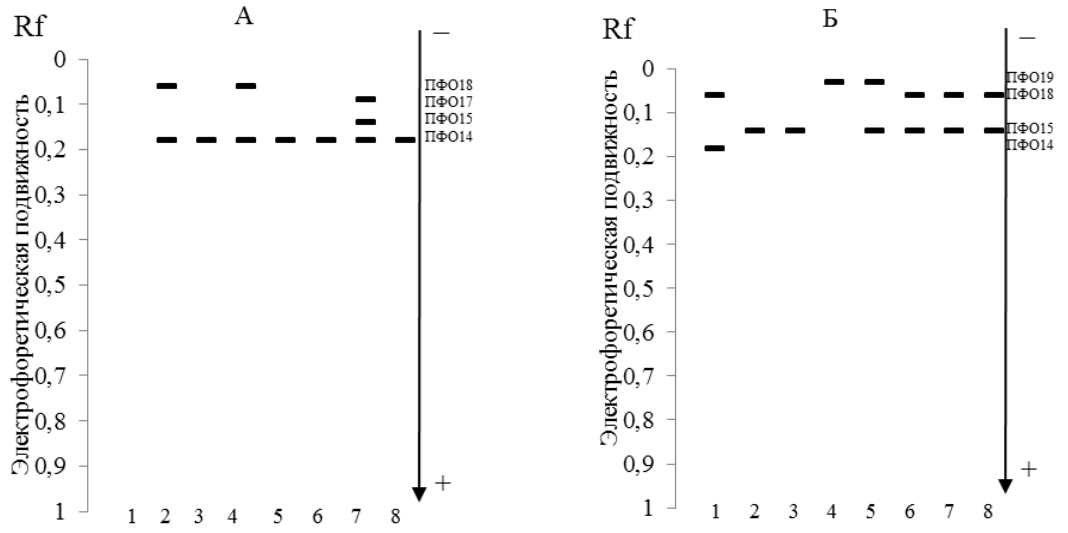
В ходе изучения электрофоретических спектров каталазы выявлено четыре формы фермента с невысокой подвижностью. В контрольных семенах обнаружена устойчивая форма КАТ 5, характерная для большинства исследуемых сортов сои, в зараженных семенах – КАТ 8 (кроме сортов Веретейка и Кружевница) (см. рисунок 2). В зараженных семенах сои сорта Кружевница установлена одна форма КАТ 7, обладающая самой высокой удельной активностью (144,8 ед./мг белка). Для зараженных семян сортов сои Умка и Лазурная обнаружена одна форма КАТ 8 с повышенной удельной активностью (в диапазоне 52,4–72,1 ед./мг белка). В здоровых семенах сои сорта Сентябринка обнаружена также одна форма КАТ 8, но с невысокой удельной активностью (6,9 ед./мг белка). В зараженных семенах сои с высокой встречаемостью выявлена форма КАТ 8, которая, вероятно, является адаптивной. Небольшое количество форм каталазы не позволяет самостоятельно использовать этот фермент для маркирования процесса адаптации, что решается только при сопоставлении данных с другими ферментами класса оксидоредуктаз.

Пероксидаза имеет изменчивый спектр множественных форм. Ранее нами выявлено 18 форм этого фермента. Анализ спектра множественных форм пероксидаз исследуемых образцов позволил установить восемь форм фермента, из которых в контрольных образцах с высокой встречаемостью выявлены устойчивые формы ПОД 12, а в больных семенах ПОД 14 и ПОД 17 (см. рисунок 3). Причем, ПОД 17 является самой стабильной формой, что подтверждается также ранее проведенными исследованиями при воздействии различных стрессовых факторов [25]. Следует отметить отсутствие множественных форм ПОД и низкую удельную активность фермента сортов Сентябринка и Топаз в зараженных септориозом семенах сои. Вероятно, в условиях незначительного окислительного стресса для этих сортов сои достаточным является повышенная удельная активность каталазы – важнейшего антиоксидантного фермента.

Для ПФО стабильной формой в здоровых семенах явилась ПФО 14, а в зараженных ПФО15, имеющие сходную электрофоретическую подвижность и близкие молекулярные массы (см. рисунок 3). Высокомолекулярные формы ПФО 17, ПФО 18, ПФО 19 показали достаточно высокую лабильность этих форм и их тонкую надстройку в условиях биотического стресса.




I




II

**Рисунок 3 – Схема энзимограмм пероксидазы (I) и полифенолоксидазы (II) семян сои (А – контроль, Б – семена заражены *S. glycines* Hemmi)**

***Примечание.*** *1 – Топаз, 2 – Веретейка, 3 – Кружевница, 4 – Сентябринка, 5 – Умка, 6 – Даурия, 7 – Золушка, 8 – Лазурная.*

## Выводы

Исследование сортов селекции ФНЦ ВНИИ сои больных септориозом показало, что в среднем уровень содержания МДА повысился примерно в два раза по сравнению с контролем, это свидетельствовало о повышении окислительного стресса в семенах сои в условиях грибковой инфекции. Установлена активная перестройка структур белковых молекул в ответ на воздействие биотического фактора (*S. glycines* Hemmi), а также значительные изменения удельной активности исследуемых ферментов класса оксидоредуктаз при возникновении окислительного стресса. Анализ множественных форм ферментов выявил высокую гетерогенность СОД и ПОД, низкую − КАТ и ПФО. Обнаружены независимо от сорта сои стабильные и устойчивые к влиянию стресса формы супероксиддисмутаз – СОД 11, СОД 12, СОД 13, СОД 14 и СОД 15; пероксидаз – ПОД 12, ПОД 14 и ПОД 17; каталаз – КАТ 5 и КАТ 8; полифенолоксидаз – ПФО 14 и ПФО 15. Высокая гетерогенность СОД и ПОД, а также их чувствительность к воздействию *S. glycines* Hemmi позволяет их использовать в качестве маркера адаптации к патогену.

Также следует отметить, что среди исследуемых сортов семян сои, удельная активность СОД (44,69 ед./мг белка), ПОД (0,97 ед./мг белка) и ПФО (0,3 ед./мг белка) заражённых семян сои сорта Сентябринка была ниже контрольных значений (64,05 ед./мг белка; 8,90 ед./мг белка; 2,89 ед./мг белка, соответственно). Вероятно, сорт устойчив к септориозу и может быть использован как стандарт для данного биотического стресса для дальнейших исследований сои.

## Литература

1. Chalfoun N. R., Durman S. B., Gonzalez-Montaner J., Reznikov S., De Lisi V., Gonzalez V., Moretti E. R., Devani M. R., Ploper L. D., Castagnaro A. P., Welin B. Elicitor-based biostimulant PSP1 protects soybean against late season diseases in field trials // Frontiers in Plant Science. 2018. Vol. 9. No. 763. DOI: 10.3389/fpls.2018.00763.

2. Martinenko N. V., Lavrentyeva S. I., Tarasova O. N., Ivachenko L. E. Effect of Septoria on the specific activity of *Glycines max* (L.) Merr hydrolases // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IV International Scientific Conference: AGRITECH-IV-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. 2021. Vol. 677. Art. No. 052089. DOI: 10.1088/1755-1315/677/5/052089.

3. Almeida A. M., Sibaldelli R. N., Lopes I. O., Oliveira M. C., Farias J. R. Horizontal and vertical droplet dispersion mimicking soybean – *Septoria glycines* pathosystem // European Journal of Plant Pathology. 2019. No. 154. P. 437–443. DOI: 10.1007/s10658-019-01667-5.

4. Cruz C., Mills D., Paul P., Dorrance A. Impact of brown spot caused by *Septoria glycines* on soybean in Ohio // Plant Disease. 2010. Vol. 94. No. 7. P. 820–826. DOI: 10.1094/PDIS-94-7-0820.

5. Martynenko N., Lavrentieva S., Tarasova O. Influence of *Septoria glycines* Hemmi on the enzymes' activity of hydrolytic *Glycines max* (L.) Merr seed complex // E3S Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference "Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations" (FARBA 2021). 2021. Vol. 254. Art. No. 02020. DOI: 10.1051/e3sconf/202125402020.

6. Gu X., Ding J., Liu W., Yang X., Yao L., Gao X., Zhang M., Yang S., Wen J. Comparative genomics and association analysis identifies virulence genes of *Cercospora sojina* in soybean // BMC Genomics. 2020. Vol. 21. No. 17. DOI: 10.1186/s12864-020-6581-5.

7. Nascimento K., Debona D., Rezende D., DaMatta F., Rodrigues F. Changes in leaf gas exchange and chlorophyll *a* fluorescence on soybean plants supplied with silicon and infected by *Cercospora sojina* // Journal of Phytopathology. 2018. No. 166. P. 747–76. DOI: 10.1111/jph.12757.

8. Sautua F. J., Scandiani M. M., Gordo M., Carmona M.A., Tartabini M.L., Luque A.G. Detection and chemical control of *Cercospora sojina* infecting soybean seed in Argentina // Tropical Plant Pathology. 2018. Vol. 43. P. 552–558. DOI: 10.1007/s40858-018-0245-x.

9. Норкулов Н. Х., Норкулова З. Х., Солиева Б. А., Каспарова И. С., Ойзода Н. Х., Диловарова Н. С., Хакимова Р. Ш., Алиев К. А., Абдуллаев Х. А. Содержание малонового диальдегида и активность супероксиддисмутазы у хлопчатника при стрессе // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2019. Т. 62. № 3–4. С. 242–246.

10. Попов В. Н., Нарайкина Н. В. Изменение активности антиоксидантных ферментов при низкотемпературном закаливании *Nicotiana tabacum* L. и *Secale cereale* L. // Физиология растений. 2020. Т. 67. № 5. С. 538–546. DOI: 10.31857/S0015330320050115.

11. Абилова Г. А. Влияние салицилата натрия на физиолого-биохимические показатели проростков пшеницы при действии тяжелых металлов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2020. Т. 10. № 2(33). С. 274–283. DOI: 10.21285/2227-2925-2020-10-2-274-283.

12. Аленькина С. А., Никитина В. Е. Влияние лектинов азоспирилл на содержание активных форм кислорода в корнях проростков пшеницы при тепловом и солевом стрессах // Агрохимия. 2018. № 11. С. 78–86. DOI: 10.1134/S0002188118110030.

13. Колмогорова Е. Ю., Цандекова О. Л Влияние насаждений *Pinus sylvestris* L. на активность компонентов антиоксидантной системы у бобовых растений // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9. № 2(31). С. 73–77. DOI: 10.17816/snv202112.

14. Чупахина Г. Н., Масленников П. В., Скрыпник Л. Н., Чупахина Н. Ю., Федураев П. В. Антиоксидантные свойства культурных растений Калининградской области. Калининград: Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, 2016. 145 с.

15. Кузнецова В. А., Иваченко Л. Е., Блинова А. А., Семёнова Е. А. Влияние ЭкстраКора и ЭкоЛарикса на активность пероксидаз, полифенолоксидаз и супероксиддисмутаз проростков сои, пораженных комплексом болезней // Естественные и технические науки. 2019. № 11(137). С. 60–63. DOI: 10.25633/ETN.2019.11.04.

16. Чесноков Ю. В. Биохимические маркеры в генетических исследованиях культурных растений: применимость и ограничения // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 5. С. 863–874. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.5.863rus.

17. Кузнецова В. А., Блинова А. А., Тарасова О. Н., Иваченко Л. Е. Активность оксидоредуктаз семян и проростков сои в условиях грибковой инфекции *Septoria glycines* Hemmi // Аграрный вестник Урала. 2020. № 7(198). С. 47–55. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-47-55.

18. Фокина Е. М., Беляева Г. Н., Синеговский М. О., Синеговская В. Т., Клеткина О. О. Каталог сортов сои // Под общей редакцией академика РАН Синеговской В. Т. Благовещенск: ООО «ИПК «ОДЕОН», 2021. 69 с.

19. Физиология растений: учебник для студентов вузов // Под ред. Ермакова И. П. М.: Академия, 2007. 304 с.

20. Хохряков М. К., Доброзракова Т. Л., Степанов К. М., Летова М. Ф. Определитель болезней растений // Под ред. Хохрякова М. К. СПб.: Лань, 2003. 592 с.

21. Пересыпкин В. Ф. Сельскохозяйственная фитопатология: учеб. для вузов. М.: Агропромиздат, 1989. 480 с.

22. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 420 с.

23. Молекулярная биология. Практикум: учебное пособие для вузов // Под редакцией Коничева А. С. М.: Издательство Юрайт, 2020. 169 с.

24. Рогожин В. В., Рогожина Т. В. Практикум по биохимии сельскохозяйственной продукции: учеб. пособие для вузов. СПб.: ГИОРД, 2016. 480 с.

25. Никерова К. М., Галибина Н. А., Мощенская Ю. Л., Новицкая Л. Л., Подгорная М. Н., Софронова И. Н. Ферменты антиоксидантной системы – индикаторы разных сценариев ксилогенеза: в раннем онтогенезе и во взрослом состоянии (на примере *Betula pendula* Roth) // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2018. № 6. С. 68–80. DOI: 10.17076/eb787.

26. Сибгатуллина Г. В., Хаертдинова Л. Р., Гумерова Е. А., Акулов А. Н., Костюкова Ю. А., Никонорова Н. А., Румянцева Н. И. Методы определения редокс-статуса культивируемых клеток растений: учебно-методическое пособие. Казань: Казанский (Приволжский) Федеральный университет, 2011. 61 с.

27. Коробко В. В., Касаткин М. Ю. Физиология растений. Большой практикум: Учебное пособие для студентов биологического факультета. Саратов: Издательство «Саратовский источник», 2017. 120 с.

28. Стручкова И. В., Кальясова Е. А. Теоретические и практические основы проведения электрофореза белков в полиакриламидном геле: Электронное учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. 60 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/files/Struchkova_Kalyasova.pdf (дата обращения 27.01.2022).

29. Кузнецова В. А. Роль молекулярных маркеров в формировании устойчивости сои к окислительному стрессу // Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и сельскохозяйственной микробиологии: Сборник тезисов докладов 19-ой Всероссийской конференции молодых учёных, посвященной памяти академика РАСХН Георгия Сергеевича Муромцева, М.: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии», 2019. С. 93–94.

30. Рахматуллина Н. Ш., Акиншина Н. Г., Азизов А. А., Раджабова Г. Г. Показатели антиоксидантной системы *Artemisia annua* L., *Matricaria chamomilla* L. и *Tanacetum vulgare* L. в естественных условиях произрастания и в городской среде // Научное обозрение. Биологические науки. 2020. № 4. С. 28–32. DOI: 10.17513/srbs.1210.

## References

1. Chalfoun N. R., Durman S. B., Gonzalez-Montaner J., Reznikov S., De Lisi V., Gonzalez V., Moretti E. R., Devani M. R., Ploper L. D., Castagnaro A. P., Welin B. Elicitor-based biostimulant PSP1 protects soybean against late season diseases in field trials // Frontiers in Plant Science. 2018. Vol. 9. No. 763. DOI: 10.3389/fpls.2018.00763.

2. Martinenko N. V., Lavrentyeva S. I., Tarasova O. N., Ivachenko L. E. Effect of Septoria on the specific activity of *Glycines max* (L.) Merr hydrolases // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IV International Scientific Conference: AGRITECH-IV-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. 2021. Vol. 677. Art. No. 052089. DOI: 10.1088/1755-1315/677/5/052089.

3. Almeida A. M., Sibaldelli R. N., Lopes I. O., Oliveira M. C., Farias J. R. Horizontal and vertical droplet dispersion mimicking soybean – *Septoria glycines* pathosystem // European Journal of Plant Pathology. 2019. No. 154. P. 437–443. DOI: 10.1007/s10658-019-01667-5.

4. Cruz C., Mills D., Paul P., Dorrance A. Impact of brown spot caused by *Septoria glycines* on soybean in Ohio // Plant Disease. 2010. Vol. 94. No. 7. P. 820–826. DOI: 10.1094/PDIS-94-7-0820.

5. Martynenko N., Lavrentieva S., Tarasova O. Influence of *Septoria glycines* Hemmi on the enzymes' activity of hydrolytic *Glycines max* (L.) Merr seed complex // E3S Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference "Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations" (FARBA 2021). 2021. Vol. 254. Art. No. 02020. DOI: 10.1051/e3sconf/202125402020.

6. Gu X., Ding J., Liu W., Yang X., Yao L., Gao X., Zhang M., Yang S., Wen J. Comparative genomics and association analysis identifies virulence genes of *Cercospora sojina* in soybean // BMC Genomics. 2020. Vol. 21. No. 17. DOI: 10.1186/s12864-020-6581-5.

7. Nascimento K., Debona D., Rezende D., DaMatta F., Rodrigues F. Changes in leaf gas exchange and chlorophyll *a* fluorescence on soybean plants supplied with silicon and infected by *Cercospora sojina* // Journal of Phytopathology. 2018. No. 166. P. 747–76. DOI: 10.1111/jph.12757.

8. Sautua F. J., Scandiani M. M., Gordo M., Carmona M.A., Tartabini M.L., Luque A.G. Detection and chemical control of *Cercospora sojina* infecting soybean seed in Argentina // Tropical Plant Pathology. 2018. Vol. 43. P. 552–558. DOI: 10.1007/s40858-018-0245-x.

9. Norkulov N. Kh., Norkulova Z. Kh., Solieva B. A., Kasparova I. S., Oyzoda N. Kh., Dilovarova N. S., Khakimova R. Sh., Aliev K. A., Abdullaev Kh. A. Contents of malon dialdehyde and activity of a superoxide dismutase in a cotton under stress // Reports of the National Academy of Sciences of Tajikistan. 2019. Vol. 62. No. 3–4. P. 242–246.

10. Popov V. N., Naraykina N. V. Changes in the activity of antioxidant enzymes during low-temperature hardening of *Nicotiana tabacum* L. and *Secale cereale* L. // Fiziologiya rastenij. 2020. Vol. 67. No. 5. P. 538–546. DOI: 10.31857/S0015330320050115.

11. Abilova G. A. Effect of sodium salicylate treatment on physiological and biochemical parameters of wheat seedlings under the influence of heavy metals // Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology. 2020. Vol. 10. No. 2(33). P. 274–283. DOI: 10.21285/2227-2925-2020-10-2-274-283.

12. Alen'kina S. A., Nikitina V. E. Effect of azospirillum lectins on the content of reactive oxygen species in wheat seedling roots under heat and salt stresses // Agrohimia. 2018. No. 11. P. 78–86. DOI: 10.1134/S0002188118110030.

13. Kolmogorova E. Yu., Tsandekova O. L. The effect of *Pinus sylvestris* L. plantings on the components activity of legumes antioxidant system // Samara Journal of Science. 2020. Vol. 9. No. 2(31). P. 73–77. DOI: 10.17816/snv202112.

14. Chupakhina G. N., Maslennikov P. V., Skrypnik L. N., Chupakhina N. Yu., Feduraev P. V. Antioxidant properties of cultivated plants of the Kaliningrad region. Kaliningrad: Immanuel Kant Baltic Federal University, 2016. 145 p.

15. Kuznetsova V. A., Ivachenko L. E., Blinova A. A., Semenova E. A. Influence of extracor and ecolarix on the activity of peroxidases, polyphenoloxidases and superoxiddismutases of soybean sprines influenced by the complex of diseases // Natural and technical sciences. 2019. No. 11(137). P. 60–63. DOI: 10.25633/ETN.2019.11.04.

16. Chesnokov Yu. V. Biochemical markers in genetic investigations of cultivated crops: the pros and cons (review) // Sel'skokhozyaistvennaya Biologia [Agricultural Biology]. 2019. Vol. 54. No. 5. p. 863–874. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.5.863rus.

17. Kuznetsova V. A., Blinova A. A., Tarasova O. N., Ivachenko L. E. Activity of oxidoreductase of seeds and soybean seedlings under conditions of fungal infection *Septoria glycines* Hemmi // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 7(198). P. 47–55. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-47-55.

18. Fokina E. M., Belyaeva G. N., Sinegovsky M. O., Sinegovskaya V. T., Kletkina O. O. Catalog of soybean varieties // Under the general editorship of Sinegovskaya V. T. – Academician of the Russian Academy of Sciences. Blagoveshchensk: LLC «IPK «ODEON», 2021. 69 p.

19. Plant Physiology: a textbook for university students // Ed. by Ermakova I. P. Moscow: Akademiya, 2007. 304 p.

20. Khokhryakov M. K., Dobrozrakova T. L., Stepanov K. M., Letova M. F. Handbook of plant disease identification // Ed. by Khokhryakova M. K. Saint-Petersburg: Lan, 2003. 592 p.

21. Peresypkin V. F. Agricultural phytopathology: textbook. for universities. Moscow: Agropromizdat, 1989. 480 p.

22. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Kolos, 1979. 420 p.

23. Molecular biology. Practicum: textbook for universities // Ed. by Konichev A. S. Moscow: Yurayt Publishing House, 2020. 169 p.

24. Rogozhin V. V., Rogozhina T. V. Workshop on the biochemistry of agricultural products: textbook for universities. Saint-Petersburg: GIORD, 2016. 480 p.

25. Nikerova K. M., Galibina N. A., Moshchenskaya Yu. L., Novitskaya L. L., Podgornaya M. N., Sofronova I. N. The antioxidant enzymes – indicators of different xylogenesis scenarios: in early ontogeny and in adult plants (example of *Betula pendula* Roth) // Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences" (Transactions of KarRC RAS). 2018. No. 6. P. 68–80. DOI: 10.17076/eb787.

26. Sibgatullina G. V., Khaertdinova L. R., Gumerova E. A., Akulov A. N., Kostyukova Yu. A., Nikonorova N. A., Rumyantseva N. I. Methods for determining the redox status of cultivated plant cells: teaching aid. Kazan: Kazan (Privolzhsky) Federal University, 2011. 61 p.

27. Korobko V. V., Kasatkin M. Yu. Plant Physiology. Large workshop: Textbook for students of the Faculty of Biology. Saratov: "Saratovskiy istochnik", 2017. 120 p.

28. Struchkova I. V., Kalyasova E. A. Theoretical and practical foundations of protein electrophoresis in polyacrylamide gel: Electronic teaching aid. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State University, 2012. 60 p. [Electronic resource]. Access point: http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/files/Struchkova_Kalyasova.pdf (reference's date 27.01.2022).

29. Kuznetsova V. A. The role of molecular markers in cell resistance to oxidative stress // Biotechnology in crop production, animal husbandry and agricultural microbiology: Collection of abstracts of the 19th All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the memory of Academician of the Russian Academy of Agricultural Sciences Georgy Sergeevich Muromtsev. Moscow: Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Agricultural Biotechnology", 2019. P. 93–94.

30. Rakhmatullina N. Sh., Akinshina N. G., Azizov A. A., Radzhabova G. G. Indicators of antioxidant system of *Artemisia annua* L., *Matricaria chamomilla* L., and *Tanacetum vulgare* L. under natural growing conditions and in the urban environment // Scientific Review. Biological Sciences. 2020. No. 4. P. 28–32. DOI: 10.17513/srbs.1210.

UDC 635.655:632.4

Blinova A. A., Tarasova O. N., Razantsvei D. R., Ivachenko L. E.

**OXIDOREDUCTASE ACTIVITY OF SOYBEAN SEEDS UNDER CONDITIONS OF FUNGAL INFECTION *SEPTORIA GLYCINES* HEMMI**

***Summary.*** *One of the common soybean diseases is a necrotrophic pathogen – Septoria glycines Hemmi fungus. Fungal infection causes oxidative stress in plants and is accompanied by increased formation of reactive oxygen species and peroxidation of lipids. Antioxidant enzymes of the oxidoreductase class (superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase (POD), polyphenol oxidase (PPO)) play an important role in the formation of the plant's protective and adaptive reaction to stress. Therefore, the aim of our research was to study the change in the activity of superoxide dismutase, catalase, peroxidase and polyphenol oxidase in soybean seeds under conditions of fungal infection S. glycines. The studies were carried out in 2020. G. max seeds used in our research were of FSC "All-Russian Research Institute of Soybeans" breeding. The activity of superoxide dismutase and catalase was determined by spectrophotometric method; peroxidase and polyphenol oxidase activity – by colorimetric method; electrophoretic spectra of enzymes – by electrophoresis in a polyacrylamide gel. The protein content was determined by the Lowry method; malonic dialdehyde – by reaction with thiobarbituric acid. It was detected that the influence of the pathogen leads to an increase in the content of malonic dialdehyde, which indicates the occurrence of oxidative stress accompanied by a change in the specific activity of antioxidant enzymes of the oxidoreductase class, as well as a change in their multiple forms. Among the studied soybean varieties, only 'Sentyabrinka' had a low content of MDA (0.09 μmol/g of raw mass), which means that oxidative stress was insignificant. Moreover, we additionally noted a low specific activity of SOD (44.69 units/mg of protein), as well as a maximum decrease in the activity of POD (0.97 units/mg of protein) and PPO (0.30 units/mg of protein). The method of enzyme electrophoresis revealed high heterogeneity of SOD (from 6 to 12 forms) and POD (from 1 to 5); low heterogeneity of CAT and PPO (varies from 1 to 3 forms). The enzyme electrophoresis method revealed high heterogeneity of SOD (from 6 to 12 forms) and POD (from 1 to 5), low heterogeneity of CAT and PPO (from 1 to 3 forms). For the studied varieties of soybean, stable and steady forms of SOD11, SOD12, SOD14, CAT5, POD12, POD17, PPO14 enzymes were established. In infected soybean seeds, forms of SOD13, SOD15, CAT8, POD14 and PPO15 were found. They likely take an active part in the adaptive reactions of soybean to the effects of the studied biotic stress. High heterogeneity of SOD and POD, as well as sensitivity to external factors, allow using them as markers of adaptation to the pathogen S. glycines Hemmi.*

***Keywords:*** *soybean (Glycine max (L.) Merr.), Septoria, oxidative stress, malonic dialdehyde, antioxidant, oxidoreductase, multiple forms.*

Блинова Анастасия Андреевна, младший научный сотрудник лаборатории биотехнологии ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»; 675027, Россия, Амурская обл., г. Благовещенск, ул. Игнатьевское шоссе, 19; e-mail: baa@vniisoi.ru.

Тарасова Ольга Николаевна, младший научный сотрудник лаборатории биотехнологии ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»; 675027, Россия, Амурская обл., г. Благовещенск, ул. Игнатьевское шоссе, 19; e-mail: ton@vniisoi.ru.

Разанцвей Дина Раисовна, научный сотрудник лаборатории селекции и генетики сои ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»; 675027, Россия, Амурская обл., г. Благовещенск, ул. Игнатьевское шоссе, 19; e-mail: rdr@vniisoi.ru

Иваченко Любовь Егоровна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биотехнологии ФГБНУ ФНГЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт

сои»; 675027, Россия, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Игнатьевское шоссе, 19; e-mail: ivachenko-rog@yandex.ru.

Blinova Anastasia Andreevna, junior researcher of the Laboratory of biotechnology, FSBSI FSC “All-Russian Research Institute of Soybeans”; 19, Ignatievskoe shosse, Blagoveshchensk, Amur Region, 675027, Russia; e-mail: baa@vniisoi.ru.

Tarasova Olga Nikolaevna, junior researcher of the Laboratory of biotechnology, FSBSI FSC “All-Russian Research Institute of Soybeans”; 19, Ignatievskoe shosse, Blagoveshchensk, Amur Region, 675027, Russia; e-mail: ton@vniisoi.ru.

Razantsvei Dina Raisovna, researcher of the Laboratory of biotechnology, FSBSI FSC “All-Russian Research Institute of Soybeans”; 19, Ignatievskoe shosse, Blagoveshchensk, Amur Region, 675027, Russia; e-mail: rdr@vniisoi.ru.

Ivachenko Lyubov Egorovna, Dr. Sc. (Biol.), leading researcher of the Laboratory of biotechnology, FSBI FSC “All-Russian Research Institute of Soybeans”; 19, Ignatievskoe shosse, Blagoveshchensk, Amur Region, 675027, Russia; e-mail: ivachenko-rog@yandex.ru.

*Дата поступления в редакцию – 11.05.2022.*
*Дата принятия к печати – 21.10.2022.*

УДК 631.331.8
EDN MTRGVE

Гайдидей С. В.[1], Дёмшин С. Л.[2], Исупов А. Ю.[2]

# ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СОШНИКОВОЙ ГРУППЫ СЕЯЛКИ ПОЛОСНОГО ПОСЕВА

[1]ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина»;
[2]ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»

***Реферат.*** *Наиболее эффективным, ресурсосберегающим и безопасным с экологической точки зрения приемом восстановления продуктивности кормовых угодий является полосной посев семян трав в дернину. Существующая конструкция сеялки для полосного посева трав имеет ряд недостатков: забивание подкожухового пространства фрезерного бороздовскрывателя растительными остатками и измельченной почвой, снижение качества посева вследствие неравномерного выглубления носка сошника относительно его задней части. Целью исследований является определение основных конструктивно-технологических параметров сошниковой группы с поводками в виде пружин кручения, позволяющей обеспечить повышение качества посева семян трав с одновременным внесением минеральных удобрений. Предложенная схема сошниковой группы дернинной сеялки предполагает вынос туконаправителя из подкожухового пространства фрезерного бороздовскрывателя и установку сдвоенного сошника для высева минеральных удобрений и семян трав на механизме подвеса параллелограммного типа. В ходе теоретических исследований получена математическая модель, описывающая движение сошниковой группы сеялки. Рассмотрены условия, при которых возможны динамическое равновесие механической системы. Исследована зависимость угла отклонения поводков при динамическом равновесии сошниковой группы от начального угла установки поводков, жесткости пружин кручения и скорости сеялки. При жесткости пружины 150 Н/рад изменение первоначального угла установки поводков с 50° до 75° приведет к увеличению угла $\varphi_0$ с 5° до 9,2°. При 250 Н/рад такое же изменение угла $\alpha 0$ приводит к увеличению угла $\varphi_0$ с 3,2° до 5,8°. При скорости сеялки 1 м/с увеличение жесткости пружины со 150 до 250 Н/рад вызовет уменьшение угла $\varphi_0$ с 1,6° до 1°, при скорости 3 м/с угол $\varphi_0$ уменьшится с 7,9° до 5,1°. Полученные зависимости показывают, что на величину угла $\varphi_0$ существенное влияние оказывает изменение первоначального угла установки поводка и скорость сеялки. На высоких скоростях наиболее значимым фактором для поддержания устойчивого движения сошника на стыке предельно апериодического движения и затухающих колебаний, является жесткость пружины кручения.*

***Ключевые слова:*** *полосной посев семян трав, сеялка полосного посева, сошниковая группа, параллелограммный механизм.*

***Для цитирования:*** *Гайдидей С. В., Дёмшин С. Л., Исупов А. Ю. Исследование динамики сошниковой группы сеялки полосного посева // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 34–46. EDN: MTRGVE.*

***For citation:*** *Gaididei S. V., Demshin S. L., Isupov A. Yu. Analysis of the dynamics of the coulter group of the sod seeder for strip sowing // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 34–46. EDN: MTRGVE.*

## Введение

В настоящее время в мировом сельскохозяйственном производстве все большее место занимает органическое земледелие. Это связано с популяризацией здорового образа жизни и экологически чистых продуктов питания [1–3]. К 2019 г. в органическое земледелие было вовлечено 187 стран мира с общей площадью в 72,3 млн га сельскохозяйственных угодий [4]. По оценке Минсельхоза на данный момент в России имеется более 10 млн га, которые могут быть введены в сельскохозяйственный оборот и большая часть из них пригодна для использования в системе органического земледелия, что свидетельствует о высоком потенциале развития этого сектора сельского хозяйства в нашей стране [5, 6]. Для северных регионов европейской части России перспективным направлением органического сельского хозяйства может стать мясомолочное и молочное животноводство. Потенциальные возможности природных кормовых угодий региона достаточны для полноценного обеспечения кормами, но требуют проведения культуртехнических мероприятий по восстановлению их продуктивности. Наиболее эффективным, ресурсосберегающим и безопасным с экологической точки зрения приемом является полосной посев семян трав в дернину с фрезерованием полосы дернины шириной, необходимой для успешного прорастания семян и развития всходов без химического подавления существующего фитоценоза [7–9].

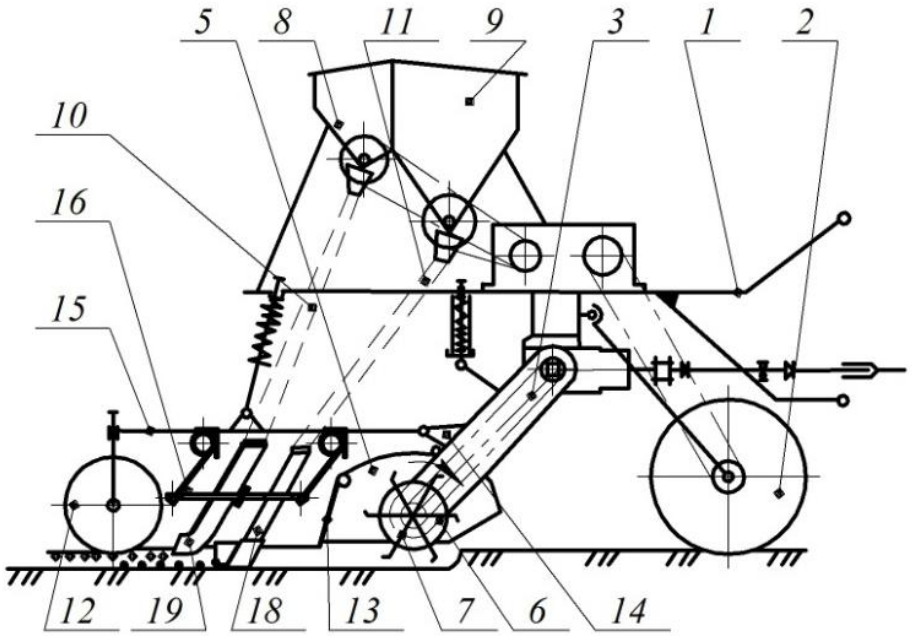
Для полосного посева семян в дернину предлагается модернизированная сеялка [10]. В процессе исследований был выявлен ряд недостатков конструкции сошниковой группы сеялки [11], принимаемой за прототип. Так, размещение туконаправителей под кожухом фрезерного бороздовскрывателя в случае обработки влажной почвы приводит к забиванию подкожухового пространства растительными остатками и измельченной почвой, при этом корпус туконаправителя служит концентратором первоначального обволакивания металлических частей внутренней поверхности кожуха почвенными частицами. Установка сдвоенного сошника для туков и семян на прицепе пружины кручения обуславливает радиальную траекторию его движения при выглублении в случае повышения сопротивления почвы поступательному перемещению сошника, что приводит к снижению качества посева вследствие неравномерного выглубления носка сошника относительно его задней части. Поэтому данный механизм подвеса рекомендуется использовать лишь с одинарными сошниками килевидного типа.

**Цель исследований** – определение основных конструктивно-технологических параметров сошниковой группы с поводками в виде пружин кручения, позволяющей обеспечить повышение качества посева семян трав с одновременным внесением минеральных удобрений.

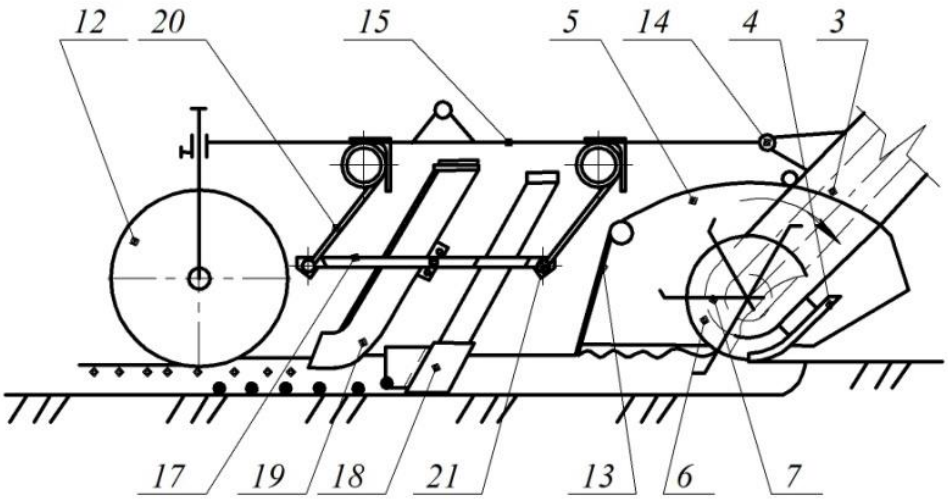
## Материалы и методы исследований

Для устранения вышеперечисленных недостатков сошниковой группы предлагается вынести туконаправитель из подкожухового пространства фрезерного бороздовскрывателя и использовать в качестве механизма подвеса сдвоенного тукосеменного сошника параллелограмный механизм. Предлагаемая конструкция сеялки (рисунок 1) состоит из рамы 1, на которой расположены опорно-приводные колеса 2, фрезерная секция 3, закрытая кожухом 5, на выходных валах которой дисковые фрезы 6 с Г-образными ножами 7, бункера для семян 8 и удобрений 9 с высевающими аппаратами, семя- 10 и тукопроводами 11, сошников для туков 18 и семян 19 и катков 12. Параллелограммный механизм подвеса 16 сошниковой группы включает верхнее звено, жёстко связанное с брусом 15 крепления катка, нижнее звено 17 и вертикальные звенья, которые выполнены в виде прицепов пружин кручения 20.

На нижнем звене между кожухом и прикатывающими катками жестко установлены сошники для туков 18 и семян трав 19.




а)




б)

**Рисунок 1 – Усовершенствованная технологическая схема сеялки полосного посева (а) и её сошниковая группа (б)**

***Примечание.*** *1 – рама; 2 – колеса опорно-приводные; 3 – секция фрезерная; 4 – лыжа; 5 – кожух фрезы; 6 – диски фрезы; 7 – Г-образные ножи; 8, 9 – бункера для семян и для удобрений; 10, 11 – семя- и тукопроводы; 12 – каток; 13 – выравниватель; 14 – кронштейн бруса; 15 – брус крепления; 16 – механизм подвеса; 17 – нижнее звено; 18, 19 – сошники для туков и семян; 20 – пружина кручения; 21 – шарнир.*

Установка сошников на подвесе в виде параллелограммного механизма позволяет точно поддерживать параллельность движения сошников относительно поверхности почвы. При изменении положения сошников по вертикали вследствие варьирования величины сопротивления почвы или при копировании неровностей поверхности поля параллелограммный механизм подвеса сохраняет постоянный угол

вхождения сошников в почву, что позволяет стабильно выдерживать установленные параметры рабочего процесса высева гранул удобрений и семян трав. Таким образом, использование сеялки полосного посева с предложенной сошниковой группой повысит качество посева семян трав в дернину с одновременным внесением стартовой дозы минеральных удобрений при сохранении компактности конструкции сошниковой группы.

Для расчета основных параметров сошниковой группы рассмотрим случай радиального подвеса балки *CD* на поводках *AC* и *BD* пружин кручения, ограничивающих перемещение балки в вертикальной плоскости (рисунок 2). Движение балки с сошниками относительно обрабатываемой поверхности будет являться сложным, где поступательное движение рамы с параллелограммным механизмом – переносное движение, а движение балки с сошниками относительно рамы – относительное движение.

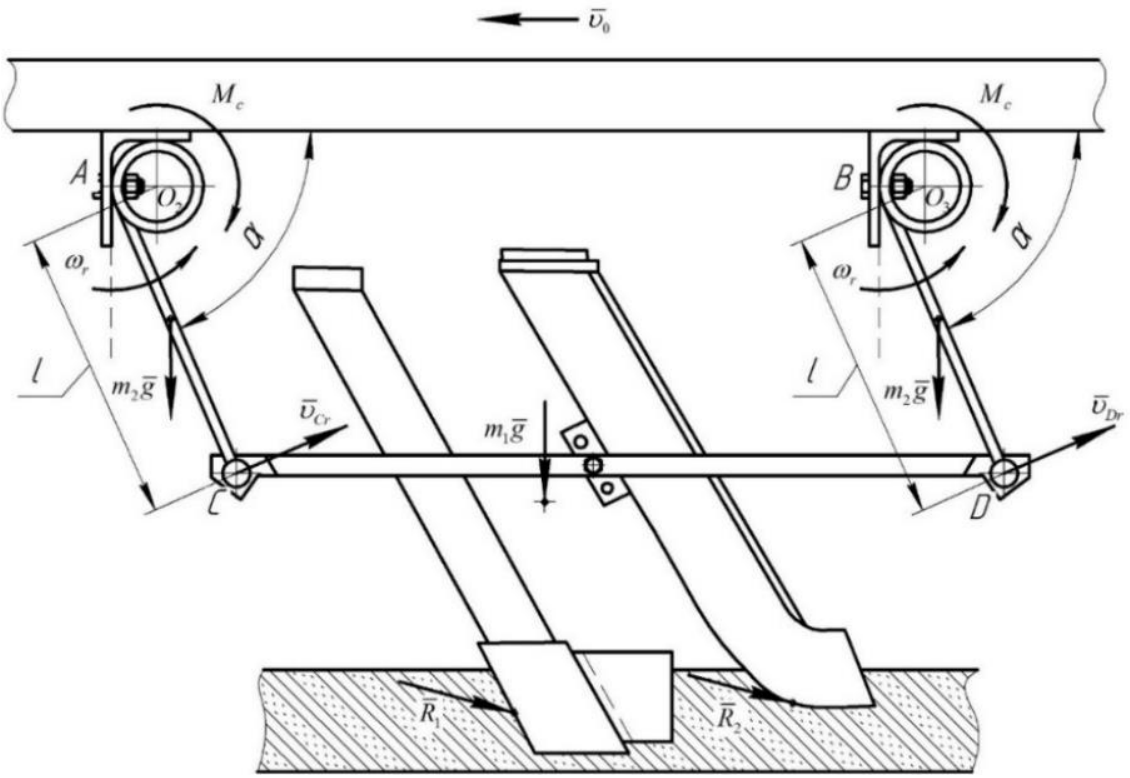



**Рисунок 2 – Расчетная схема параллелограммного механизма**

При движении системы на неё будут действовать: сила тяжести сошников $m_1\bar{g}$ с кронштейном (далее – просто сошники), силы тяжести поводков $m_2\bar{g}$, моменты сопротивления пружин кручения $M_c$, силы сопротивления почвы $\bar{R}_1$ и $\bar{R}_2$.

При анализе движения системы сделаем следующие допущения:

1. Поводки *AC* и *BD* имеют одинаковую массу $m_2$, длину $l$ и параллельны друг другу. Пружины кручения имеют одинаковую жесткость $c$. Поводки отклоняются в одном направлении на одинаковый угол $\varphi$, а кронштейн *CD* параллелограммного механизма всегда параллелен поверхности обрабатываемого участка земли.

2. Угол $\alpha$ наклона поводков к горизонтали определяется по формуле:

$$\alpha = \alpha_0 \pm \varphi, \qquad (1)$$

где $\alpha_0$ – угол наклона поводка в установившемся режиме;

$\varphi = \varphi(t)$ – угол отклонения поводков от положения равновесия.

В дальнейших расчетах будет рассматриваться случай, когда $\alpha = \alpha_0 - \varphi$ (см. рисунок 2).

3. Векторы сил сопротивления $\bar{R}_1$ сошника для туков и $\bar{R}_2$ сошника для семян противоположны абсолютной скорости сошников (см. рисунок 2). Сопротивление движению сошника со стороны почвы постоянно по модулю ($R$=const).

4. Агрегат движется прямолинейно и равномерно ($\bar{\upsilon}_0 = const$), поэтому движение сошниковой группы можно рассматривать как механическую систему с одной степенью свободы.

Принимая во внимание сделанные допущения и выбрав в качестве обобщенной координаты угол $\varphi$, для описания движения сошниковой группы воспользуемся уравнением Лагранжа второго рода [12]:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}}\right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = Q_\varphi, \tag{2}$$

где $T$ – кинетическая энергия сошниковой группы;

$Q_\varphi$ – обобщенная сила.

Кинетическую энергию сошниковой группы найдем как сумму кинетических энергий входящих в эту группу тел:

$$T = T_1 + 2T_2, \tag{3}$$

где $T_1$ и $T_2$ – соответственно кинетические энергии сошников и одного поводка.

При вычислении кинетической энергии все кинематические характеристики выражаем через обобщенную координату $\varphi$.

Так как точки $C$ и $D$ подвеса движутся с одинаковыми по модулю и направлению скоростями ($\bar{\upsilon}_C = \bar{\upsilon}_D$), то движение сошников является поступательным, а его кинетическая энергия равна:

$$T_1 = \frac{m_1}{2}\upsilon_1^2, \tag{4}$$

где $\upsilon_1$ – абсолютная скорость центра масс сошников:

$$\upsilon_1^2 = \upsilon_0^2 + \upsilon_{1r}^2 + 2\upsilon_0\upsilon_{1r}\cos\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right), \tag{5}$$

$\upsilon_0$ – переносная скорость (скорость сеялки);

$\upsilon_{1r} = \dot{\varphi} l$ – относительная скорость центра масс сошников.

Тогда:

$$\upsilon_1^2 = \upsilon_0^2 + \dot{\varphi}^2 l^2 - 2\upsilon_0\dot{\varphi} l \sin\alpha, \tag{6}$$

$$T_1 = \frac{m_1}{2}\left(\upsilon_0^2 + \dot{\varphi}^2 l^2 - 2\upsilon_0\dot{\varphi} l \sin\alpha\right). \tag{7}$$

Кинетическая энергия поводка при его сложном движении:

$$T_2 = \frac{m_2}{2}\upsilon_0^2 + m_2\bar{\upsilon}_0\bar{\upsilon}_{2r} + \frac{I_2}{2}\dot{\varphi}^2, \tag{8}$$

где $\upsilon_{2r} = \dot{\varphi} l/2$ – относительная скорость центра масс поводка;

$\bar{\upsilon}_0\bar{\upsilon}_{2r}$ – скалярное произведение векторов переносной и относительной скоростей:

$$\bar{\upsilon}_0\bar{\upsilon}_{2r} = \upsilon_0\upsilon_{2r}\cos\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right) = -\upsilon_0\frac{\dot{\varphi} l}{2}\sin\alpha, \tag{9}$$

$I_2 = m_2 l^2/3$ – момент инерции поводка относительно оси вращения.

Тогда:

$$T_2 = \frac{m_2}{2}\left(\upsilon_0^2 - \upsilon_0\dot{\varphi}l\sin\alpha + \frac{l^2}{3}\dot{\varphi}^2\right). \quad (10)$$

Кинетическая энергия всей системы:

$$T = \left(\frac{m_1}{2} + m_2\right)\upsilon_0^2 + \left(\frac{m_1}{2} + \frac{m_2}{3}\right)\dot{\varphi}^2 l^2 - \left(m_1 + m_2\right)\upsilon_0\dot{\varphi}l\sin\alpha\,. \quad (11)$$

Найдем выражения из левой части уравнения (2), учитывая, что для показанного на рис. 2 положения механизма $\alpha = \alpha_0 - \varphi(t)$:

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = \left(m_1 + m_2\right)\upsilon_0\dot{\varphi}l\cos\alpha\,, \quad (12)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = \left(m_1 + \frac{2}{3}m_2\right)\dot{\varphi}l^2 - \left(m_1 + m_2\right)\upsilon_0 l\sin\alpha\,, \quad (13)$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}}\right) = \left(m_1 + \frac{2}{3}m_2\right)\ddot{\varphi}l^2 + \left(m_1 + m_2\right)\upsilon_0 l\dot{\varphi}\cos\alpha\,, \quad (14)$$

Полная элементарная работа $\delta A_\varphi$ всех действующих на систему сил при повороте на угол $\delta\varphi$ будет иметь вид:

$$\delta A_\varphi = 2\delta A_{M_c} + \delta A_{m_1 g} + 2\delta A_{m_2 g} + \delta A_R\,, \quad (15)$$

где $\delta A_{Mc}$ – элементарная работа момента сопротивления пружины кручения:

$$\delta A_{M_c} = -cl\left(\varphi_0 + \varphi\right)\cdot\delta\varphi\,; \quad (16)$$

$\varphi_0$ – угол отклонения поводков при динамическом равновесии механической системы;

$\delta A_{m_1 g}$ – элементарная работа силы тяжести сошников:

$$\delta A_{m_1 g} = -m_1 g\cos\alpha\cdot l\cdot\delta\varphi\,; \quad (17)$$

$\delta A_{m_2 g}$ – элементарная работа силы тяжести поводка:

$$\delta A_{m_2 g} = -m_2 g\cos\alpha\cdot\frac{l}{2}\cdot\delta\varphi\,; \quad (18)$$

$\delta A_R$ – элементарная работа силы сопротивления почвы:

$$\delta A_R = R\sin\left(\alpha - \gamma\right)\cdot l\cdot\delta\varphi\,, \quad (19)$$

$R = R_1 + R_2$ – суммарная сила сопротивления почвы;

$\gamma$ – угол между векторами переносной $\overline{\upsilon_0}$ и абсолютной $\overline{\upsilon}$ скорости (см. рисунок 3).

По расчетной схеме (рисунок 3):

$$\sin\left(\alpha - \gamma\right) = \frac{\upsilon_0\sin\alpha - \upsilon_r}{\upsilon} = \frac{\upsilon_0\sin\alpha - \upsilon_r}{\sqrt{\upsilon_0^2 + \upsilon_r^2 - 2\upsilon_0\upsilon_r\sin\alpha}}\,. \quad (20)$$

Учитывая, что $\upsilon_r = \dot{\varphi}l$, получим:

$$\delta A_R = Rl\frac{\upsilon_0\sin\alpha - \dot{\varphi}l}{\sqrt{\upsilon_0^2 + \left(\dot{\varphi}l\right)^2 - 2\upsilon_0\dot{\varphi}l\sin\alpha}}\cdot\delta\varphi\,. \quad (21)$$

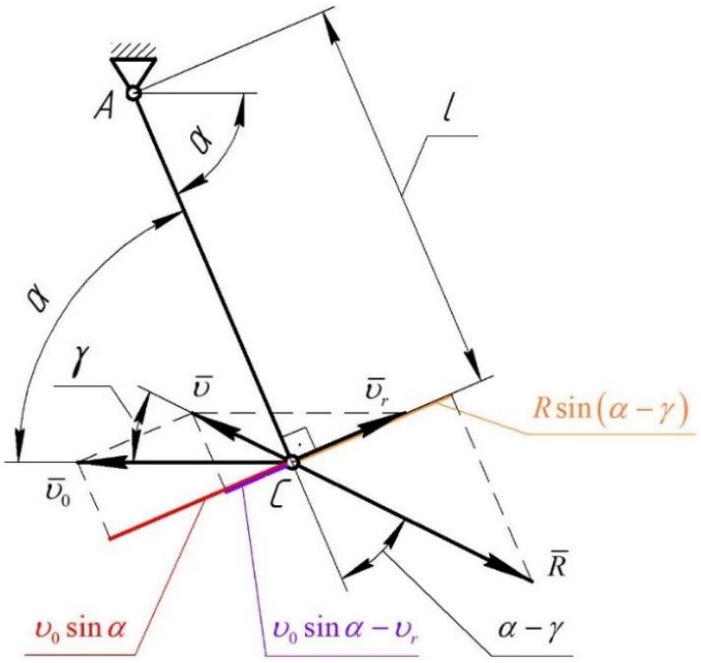



**Рисунок 3 – Расчетная схема к определению элементарной работы силы сопротивления почвы**

Подставляя выражения (16) – (18) и (21) в уравнение (15), получим полную элементарную работу:

$$\delta A_{\varphi} = \left[ Rl \frac{\upsilon_0 \sin\alpha - \dot{\varphi} l}{\sqrt{\upsilon_0^2 + (\dot{\varphi} l)^2 - 2\upsilon_0 \dot{\varphi} l \sin\alpha}} - 2cl(\varphi_0 + \varphi) - (m_1 + m_2) gl \cos\alpha \right] \delta\varphi, \qquad (22)$$

где выражение в квадратных скобках представляет собой обобщенную силу $Q_{\varphi}$.

Подставляя $\alpha = \alpha_0 - \varphi$, и учитывая, что при малых колебаниях $\sin\varphi \approx \varphi$, $\cos\varphi \approx 1$, получим:

$$Q_{\varphi} = Rl \frac{\upsilon_0 (\sin\alpha_0 - \varphi\cos\alpha_0) - \dot{\varphi} l}{\sqrt{\upsilon_0^2 + (\dot{\varphi} l)^2 - 2\upsilon_0 \dot{\varphi} l (\sin\alpha_0 - \varphi\cos\alpha_0)}} -$$

$$-2cl(\varphi_0 + \varphi) - (m_1 + m_2) gl (\cos\alpha_0 + \varphi\sin\alpha_0). \qquad (23)$$

При подстановке полученных выражений (12), (14) и (23) в уравнение Лагранжа (2):

$$m_{np} l^2 \ddot{\varphi} = Rl \frac{\upsilon_0 (\sin\alpha_0 - \varphi\cos\alpha_0) - \dot{\varphi} l}{\sqrt{\upsilon_0^2 + (\dot{\varphi} l)^2 - 2\upsilon_0 \dot{\varphi} l (\sin\alpha_0 - \varphi\cos\alpha_0)}} -$$

$$-2cl(\varphi_0 + \varphi) - (m_1 + m_2) gl (\cos\alpha_0 + \varphi\sin\alpha_0), \qquad (24)$$

где $m_{np} = m_1 + \frac{2}{3} m_2$ – приведенная масса системы.

Для определения угла $\varphi_0$ отклонения поводков при динамическом равновесии механической системы воспользуемся принципом возможных перемещений. Приравнивая правую часть уравнения (24) к нулю, и полагая, что $\varphi = \varphi_0 = \text{const}$, $\dot{\varphi} = 0$, $\alpha = \alpha_0 - \varphi$, получим:

$$Rl \sin(\alpha_0 - \varphi_0) - 2cl \sin\varphi_0 - (m_1 + m_2) gl \cos(\alpha_0 - \varphi_0) = 0. \qquad (25)$$

Выполнив преобразования, найдем значение угла $\varphi_0$:

$$\operatorname{tg}\varphi_0 = \frac{R\sin\alpha_0 - (m_1+m_2)g\cos\alpha_0}{(m_1+m_2)g\sin\alpha_0 + R\cos\alpha_0 + 2c}. \quad (26)$$

С учетом колебаний механической системы около положения динамического равновесия перепишем выражение (24):

$$\ddot{\varphi} = \frac{R}{m_{np}l}\cdot\frac{\upsilon_0(\sin\alpha_1 - \varphi\cos\alpha_1) - \dot{\varphi}l}{\sqrt{\upsilon_0^2 + (\dot{\varphi}l)^2 - 2\upsilon_0\dot{\varphi}l(\sin\alpha_1 - \varphi\cos\alpha_1)}} -$$

$$-\frac{2c}{m_{np}l}\cdot(\varphi_0+\varphi) - \frac{(m_1+m_2)g}{m_{np}l}\cdot(\cos\alpha_1 + \varphi\sin\alpha_1), \quad (27)$$

где $\alpha_1 = \alpha_0 - \varphi_0$ – угол, определяющий положение динамического равновесия.

В силу малости $\varphi$ и $\dot{\varphi}$ будем полагать, что:

$$\sqrt{\upsilon_0^2 + (\dot{\varphi}l)^2 - 2\upsilon_0\dot{\varphi}l(\sin\alpha_1 - \varphi\cos\alpha_1)} = \upsilon_0. \quad (28)$$

Тогда преобразуем уравнение (27):

$$\ddot{\varphi} + \frac{R}{m_{np}\upsilon_0}\dot{\varphi} + \frac{1}{m_{np}l}\left[R\cos\alpha_1 - 2c - (m_1+m_2)g\sin\alpha_1\right]\varphi =$$

$$= \frac{1}{m_{np}l}\left[R\sin\alpha_1 - 2c\varphi_0 - (m_1+m_2)g\cos\alpha_1\right]. \quad (29)$$

Таким образом, получим неоднородное дифференциальное второго порядка, описывающее движение параллелограммного механизма.

Обозначив

$$2n = \frac{R}{m_{np}\upsilon_0}, \quad (30)$$

$$k^2 = \frac{1}{m_{np}l}\left[R\cos\alpha_1 - 2c - (m_1+m_2)g\sin\alpha_1\right], \quad (31)$$

$$B = \frac{1}{m_{np}l}\left[R\sin\alpha_1 - 2c\varphi_0 - (m_1+m_2)g\cos\alpha_1\right], \quad (32)$$

получаем дифференциальное уравнение:

$$\ddot{\varphi} + 2n\dot{\varphi} + k^2\varphi = B. \quad (33)$$

Решение уравнения (33) слагается из двух частей:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2, \quad (34)$$

где $\varphi_1$ – общее решение однородного уравнения;

$\varphi_2$ – частное решение неоднородного уравнения.

В случае возникновения затухающих колебаний (когда $n < k$) общее решение имеет вид [12]:

$$\varphi_1 = e^{-nt}\left(C_1\cos k^*t + C_2\sin k^*t\right), \quad (35)$$

где $C_1$ и $C_2$ – постоянные интегрирования;

$k^* = \sqrt{k^2 - n^2}$ – коэффициент затухания колебаний.

Частное решение подбираем по правой части уравнения (33):

$$\varphi_2 = B/k^2. \quad (36)$$

Подставим в уравнение (34) выражения (35) и (36):

$$\varphi = e^{-nt}\left(C_1 \cos k^* t + C_2 \sin k^* t\right) + \frac{B}{k^2}, \quad (37)$$

и продифференцируем его:

$$\dot{\varphi} = e^{-nt}k^*\left(C_2 \cos k^* t - C_1 \sin k^* t\right) - ne^{-nt}\left(C_1 \cos k^* t - C_2 \sin k^* t\right). \quad (38)$$

Подставив в уравнения (37) и (38) начальные условия $t = 0$, $\varphi(0) = \varphi_н$ и $\dot{\varphi}(0) = 0$, найдем постоянные интегрирования:

$$C_1 = \varphi_н - \frac{B}{k^2},\ C_2 = \frac{n}{k^*}\left(\varphi_н - \frac{B}{k^2}\right), \quad (39)$$

где $\varphi_н = \dfrac{h}{l\cos(\alpha - \varphi_0)}$ – угол отклонения поводков параллелограммного механизма при нахождении сошников на поверхности обрабатываемой почвы;

$h$ – глубина обработки (сева) сошниками.

Тогда уравнение движения сошниковой группы при условии возникновения затухающих колебаний ($n < k$) будет иметь вид:

$$\varphi = e^{-nt}\left(\varphi_н - \frac{B}{k^2}\right)\left(\cos k^* t + \frac{n}{k^*}\sin k^* t\right) + \frac{B}{k^2}. \quad (40)$$

**Результаты и их обсуждение**

На рисунке 4 представлены значения угла $\varphi_0$ отклонения поводка от первоначального угла установки при достижении сошниковой группы динамического равновесия в зависимости от жесткости пружины кручения $c$ (от 150 до 250 Н/рад) и первоначального угла установки $\alpha_0$ (от 75° до 50°). При вычислениях использовали данные: масса сошников $m_1$ = 2,5 кг, масса одного поводка $m_2$ = 0,35 кг, длина поводка $l$ = 0,25 м, сопротивление почвы $R$ = 65 Н.

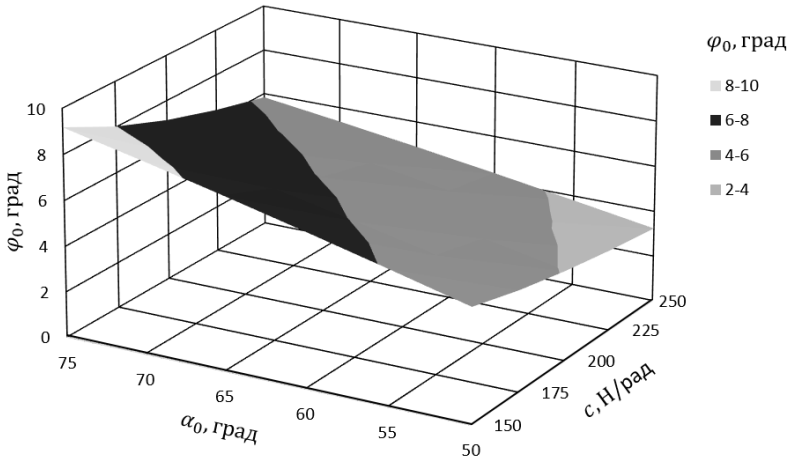



**Рисунок 4 – Значения угла $\varphi_0$ при условии возникновения затухающих колебаний ($n < k$) в зависимости от угла $\alpha_0$ и жесткости пружины $c$ при $m_1$ = 2,5 кг**

Существенное влияние на угол динамического равновесия оказывает первоначальный угол установки поводков. При жесткости пружины 150 Н/рад изменение первоначального угла с 50º до 75º приведет к увеличению угла $\varphi_0$ с 5º до 9,2°. При 250 Н/рад такое же изменение угла $\alpha_0$ приводит к увеличению угла $\varphi_0$ с 3,2° до 5,8°.

На рисунке 5 представлен график зависимости угла $\varphi_0$ от скорости сеялки и жесткости $c$ пружины. Сопротивление почвы определено на основе экспериментальных данных [13], коэффициенты регрессии соответствуют глубине хода килевидного сошника $h$ = 40 мм в почве, подготовленной к посеву, по формуле:

$$R = 0{,}15\upsilon_0^2 + 4{,}3\upsilon_0 + 16{,}3, \quad (41)$$

где $\upsilon_0$ – скорость сеялки, км/ч.

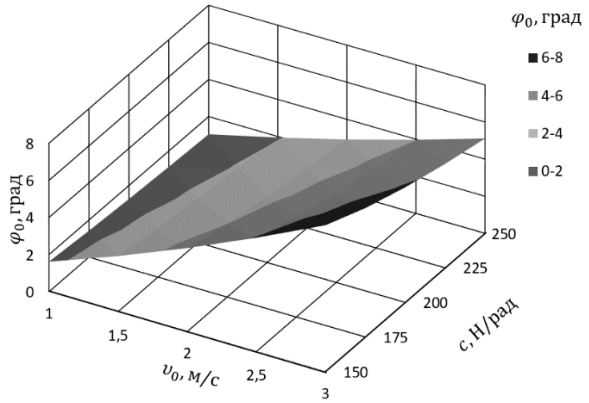



**Рисунок 5 – Значения угла $\varphi_0$ при условии возникновения затухающих колебаний ($n < k$) в зависимости от скорости сеялки $\upsilon_0$ и жесткости пружины $c$ при $\alpha_0 = 60^o$**

С увеличением скорости сеялки жесткость пружины оказывает более существенное влияние на угол $\varphi_0$. При меньших скоростях изменение жесткости пружины вызывает незначительное изменение угла динамического равновесия. Так, при скорости сеялки 1 м/с увеличение жесткости пружины со 150 до 250 Н/рад вызовет уменьшение угла $\varphi_0$ с 1,6° до 1°. При возрастании скорости изменения более значительные: при скорости 3 м/с угол $\varphi_0$ уменьшится с 7,9° до 5,1°.

Необходимо отметить, что полученное выше уравнение (40) справедливо в случае, когда $n < k$, т.е. происходит затухающее колебательное движение сошника. В случаях, когда $n = k$ или $n > k$ колебаний не возникнет, и движение сошниковой группы будет представлять собой апериодическое движение.

## Выводы

При выборе параметров сошниковой группы необходимо принимать во внимание то, в каком интервале скоростей агрегата осуществляет технологический процесс, а также поле допуска агротехнических требований на изменение глубины высева семян. Полученные зависимости показывают, что на величину угла $\varphi_0$ существенное влияние оказывает изменение первоначального угла установки поводка и скорость сошниковой группы. На высоких скоростях наиболее значимым фактором, для поддержания устойчивого движения сошника на стыке предельно апериодического движения и затухающих колебаний является жесткость пружины кручения. При этом увеличение жесткости пружины кручения приводит к снижению угла $\varphi_0$.

## Литература

1. Сысуев В. А., Дёмшин С. Л., Черемисинов Д. А., Доронин М. С. Теоретическое обоснование основных параметров сошниковой группы дернинной сеялки полосного посева // Аграрная наука Северо-Востока. 2020. № 21. С. 321–331. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.3.321-331.

2. Kirchmann H., Bergstrom L. Organic crop production – ambitions and limitations. Dordrecht: Springer, 2008. 244 p. DOI: 10.1007/978-1-4020-9316-6.

3. Рубанов И. Н., Фомин А. А. Органическое сельское хозяйство: распространение и перспективы развития в Российской Федерации // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 6. С. 50–55. DOI: 10.24411/2587-6740-2018-16095.

4. Ван Мансвельт Я. Д., Темирбекова С. К. Органическое сельское хозяйство: принципы, опыт и перспективы // Сельскохозяйственная биология. 2017. № 3. С. 478–486. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.478rus.

5. Серегина Т. А., Жильников А. А., Мажайский Ю. А. Ограничения и резервы развития органического земледелия // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 5. С. 109–116.

6. Helga W., Trávníček J., Meier C., Schlatter B. The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2021. Bonn: Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, and IFOAM, 2021. 340 p.

7. Органика на 100% // Информационный бюллетень Минсельхоза России. 2019. № 1. С. 46.

8. Baker C. J., Saxton K. E., Ritchie W. R., Chamen W. C. T., Reicosky D. C., Ribeiro M. F. S., Justice S. E., Hobbs P. R. No-tillage seeding in conservation agriculture. 2nd ed. FAO and CAB International, 2007. 326 p.

9. Welty L. E., Hensleigh P.F., Stewart V.R. Methods for sod-seeding of small-seeded legumes and grasses. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.animalrangeextension.montana.edu/forage/documents/methods%20for%20sod-seeding%20of%20small-seeded%20legumes%20and%20grasses.pdf (дата обращения 30.08.2022).

10. Патент РФ № 2742436. Сеялка полосного посева // Авторы: Сысуев В. А., Дёмшин С. Л., Исупов А. Ю., Зырянов Д. С., Гайдидей С. В., Черемисинов Д. А. Патентообладатель: ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого». Бюлл. № 4. 05.02.2021.

11. Патент РФ №2641073. Способ полосного посева семян трав в дернину и сеялка для его осуществления // Авторы: Сысуев В. А., Дёмшин С. Л., Черемисинов Д. А., Доронин М. С. Патентообладатель: ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого». Бюлл. № 2. 15.01.2018.

12. Бидерман В. Л. Теория механических колебаний. М.: Ленанд, 2017. 416 с.

13. Черемисинов Д. А. Обоснование конструктивно-технологической схемы почвообрабатывающе-посевного агрегата и основных параметров его сошниковой группы. Дисс. … канд. техн. наук. Киров: ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого». 2013. 170 с.

## References

1. Sysuev V. A., Dyomshin S. L., Cheremisinov D. A., Doronin M. S. Theoretical justification of the main parameters of the coulter group of the sod seeder for strip sowing // Agricultural Science Euro-North-East. 2020. No. 21. P. 321–331. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.3.321-331.

2. Kirchmann H., Bergstrom L. Organic crop production – ambitions and limitations. Dordrecht: Springer, 2008. 244 p. DOI: 10.1007/978-1-4020-9316-6.

3. Rubanov I. N., Fomin A. A. Organic agriculture: distribution and development prospects in the Russian Federation // International Agricultural Journal. 2018. No. 6. P. 50–55. DOI: 10.24411/2587-6740-2018-16095.

4. Van Mansvelt Ya. D., Temirbekova S.K. General position of organic agriculture in Western Europe: concept, practical aspects and global prospects // Sel'skokhozyaistvennaya Biologia [Agricultural Biology]. 2017. No. 3. P. 478–486. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.478rus.

5. Seregina T. A., Zhilnikov A. A., Mazhaysky Yu. A. Limitations and reserves of organic farming development // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2021. No. 5. P. 109–116.

6. Helga W., Trávníček J., Meier C., Schlatter B. The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2021. Bonn: Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, and IFOAM, 2021. 340 p.

7. Organic 100% // Newsletter of the Ministry of Agriculture of Russia. 2019. No. 1. P. 46.

8. Baker C. J., Saxton K. E., Ritchie W. R., Chamen W. C. T., Reicosky D. C., Ribeiro M. F. S., Justice S. E., Hobbs P. R. No-tillage seeding in conservation agriculture. 2nd ed. FAO and CAB International, 2007. 326 p.

9. Welty L.E., Hensleigh P.F., Stewart V.R. Methods for sod-seeding of small-seeded legumes and grasses [Electronic resource]. Access point: http://www.animalrangeextension.montana.edu /forage/documents/methods%20for%20sod-seeding%20of%20small-seeded%20legumes%20and%20grasses.pdf (reference's date 30.08.2022).

10. Patent RF No. 2742436. Seeder for strip sowing // Authors: Sysuev V. A., Dyomshin S. L., Isupov A. Yu., Zyryanov D. S., Gaididei S. V., Cheremisinov D. A. Patent holder: Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky. Bul. No. 4. 05.02.2021.

11. Patent RF No. 2641073. The method of strip sowing of grass seeds in the sod and a seeder for its implementation // Authors: Sysuev V.A., Dyomshin S.L., Cheremisinov D.A. Patent holder: Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky. Bul. No. 2. 15.01.2018.

12. Biderman V. L. Theory of mechanical vibrations. Moscow: Lenand, 2017. 416 p.

13. Cheremisinov D. A. Substantiation of the design and technological scheme of the tillage-sowing unit and the main parameters of its coulter group. Diss. … Cand. Sc. (Techn.). Kirov: Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky. 2013. 170 p.

UDC 631.331.8

Gaididei S. V., Demshin S. L., Isupov A. Yu.

## ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF THE COULTER GROUP OF THE SOD SEEDER FOR STRIP SOWING

***Summary.*** *The most effective, resource-saving and environmentally friendly method of restoring the productivity of fodder lands is the strip sowing of grass seeds into a sod. There are some disadvantages in the existing seeding device for strip sowing of grasses: space under the milling furrower's cover is clogged with plant residues and crushed soil; quality of sowing is reduced due to uneven raising of the coulter toe relative to its back part. The purpose of the research was to determine design and technological parameters of the coulter group with leashes in the form of torsion springs, which makes it possible to improve the quality of sowing grass seeds with the simultaneous application of mineral fertilizers. The proposed scheme of the coulter group of the sod seeder involves the removal of the fertilizer guide from the space under the milling furrower's cover and installation of a double coulter for applying mineral fertilizers and sowing grass seeds on the suspension mechanism in the form of a parallelogram. During the theoretical research, a mathematical model describing the motion of the coulter group of the seeder has been obtained. The conditions under which the dynamic equilibrium of the mechanical system is possible have been considered. The dependence of the leashes deviation angle at the dynamic equilibrium of the coulter group on the initial leashes angle, the torsion springs stiffness and the seeder speed has been investigated. If the torsion spring stiffness is equal to 150 N/rad, changing of the initial leashes angle from 50° to 75° will increase the angle $\varphi_0$ from 5° to 9.2°. If its stiffness is equal to 250 N/rad, similar changing of the angle $\alpha 0$ will increase the angle $\varphi_0$ from 3.2° to 5.8°. If seeder speed is equal to 1 m/s, an increase in the torsion spring stiffness from 150 to 250 N/rad will decrease the angle $\varphi 0$ from 1.6° to 1°. If speed is 3 m/s, angle $\varphi_0$ will decrease from 7.9° to 5.1°. The obtained dependences show that the value of the angle $\varphi_0$ is significantly influenced by the change in the initial angle of the leash installation and the speed of the coulter group. At high speeds, the most significant factor for maintaining the stable motion of the coulter at the junction of extremely aperiodic motion and damped oscillations is the stiffness of the torsion spring.*

***Keywords:*** *strip sowing of grass seeds, sod seeder for strip sowing, coulter group, mechanism in the form of a parallelogram.*

Гайдидей Сергей Владимирович, старший преподаватель кафедры энергетических средств и технического сервиса, ФГБОУ ВО Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина; 160555, Россия, Вологодская обл., г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, 2; e-mail: sgajdidej@mail.ru.

Дёмшин Сергей Леонидович, доктор технических наук, доцент, заведующий лабораторией механизации полеводства, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»; 610007, Россия, г. Киров, ул. Ленина, 166а; e-mail: sergdemshin@mail.ru.

Исупов Алексей Юрьевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории механизации животноводства, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-

Востока имени Н. В. Рудницкого»; 610007, Россия, г. Киров, ул. Ленина, 166а; e-mail: isupoff.aleks@yandex.ru.

Gaididei Sergei Vladimirovich, senior lecturer of the Chair of Energy Devices and Technical Service, FSBEI of HE “Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin”; 2, Shmidta str., Molochnoe, Vologda, Vologda region, 160555, Russia; e-mail: sgajdidej@mail.ru.

Demshin Sergey Leonidovich, Dr. Sc. (Techn.), head of the Laboratory of field mechanization, FSBSI “Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky”; 166a, Lenin str., Kirov, 610007, Russia; e-mail: sergdemshin@mail.ru.

Isupov Aleksey Yurievich, Cand. Sc. (Techn.), senior researcher of the Laboratory of field mechanization, FSBSI “Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky”; 166a, Lenin str., Kirov, 610007, Russia; e-mail: isupoff.aleks@yandex.ru.

*Дата поступления в редакцию – 20.04.2022.*
*Дата принятия к печати – 26.08.2022.*

УДК 634.1:631.52:634.232
EDN NYOXBL

Гусейнова Б. М.[1], Абдулгамидов М. Д.[2]

# ТЕХНИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА СЕЛЕКЦИОННЫХ СОРТОВ И ГИБРИДНЫХ ФОРМ ЧЕРЕШНИ В УСЛОВИЯХ ДАГЕСТАНА

[1]ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан»;
[2]ФГБНУ «Дагестанская селекционная опытная станция плодовых культур» – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан»

***Реферат.*** *Цель работы – комплексная оценка сортов и гибридных форм черешни селекции Дагестанской селекционной опытной станции плодовых культур и выявление среди них наиболее перспективных сортообразцов, характеризующихся высокими биохимическими и товарно-потребительскими показателями качества плодов, для формирования промышленного сортимента черешни в условиях Дагестана. Исследования проводили в 2019–2021 гг. Приведены результаты изучения биохимического состава и товарно-потребительских показателей качества 12 сортов и 14 гибридов черешни. Исследования проводили с использованием общепринятых методов анализа и стандартных методик сортоизучения. Среди сортов раннего срока созревания наибольшую способность к накоплению растворимых сухих веществ (РСВ) проявили сорта Буйнакская ранняя (12,2 %), Бела (12,5 %) и Память Покровской (12,3 %); сахаров – Дагестанская красная (9,33 %) и Бела (9,84 %); витамина С – Память Покровской (5,7 мг%) и Дагестанская красная (6,8 мг%). Бела и Память Покровской также отличились высокими сахарокислотными индексами соответственно 16,7 и 16,9. Среди сортов среднепозднего и позднего сроков созревания высоким содержанием РСВ, сахаров и витамина С выделились Долорес, Поздняя Лермонтова и гибриды 38/4; 43/4; 2-49/20; 2-54/6; 2-53/9, у которых содержание этих веществ составляло соответственно 11,5–15,3 %; 10,75–13,18 % и 6,0–9,1 мг%. Лучшими показателями массы плода, по сравнению с контрольным сортом Дагестанская ранняя (4,6 г), в группе сортов раннего срока созревания обладали: Буйнакская ранняя (4,7 г) и Дагестанская красная (6,0 г), а в группе среднепоздних и поздних сортов лучшими, по сравнению с контрольным сортом Дрогана желтая (6,4 г), оказались Ленинградская Гвардейская, Долорес и гибриды 2-53/9, 2-46/11, 38/4, 43/4, 63/1 и 76/6, у которых масса плода варьировала в пределах 6,5–7,9 г. Наивысшую дегустационную оценку (4,8–5,0 баллов) получили сорта Дагестанская красная, Долорес, Нике, Поздняя Лермонтова, Ленинградская Гвардейская и гибриды 2-46/11; 38/4; 76/6; 43/4. Эти сорта и гибриды черешни селекции Дагестанской селекционной опытной станции плодовых культур, обладающие высокими товарно-потребительскими и биохимическими показателями качества, могут быть представлены на государственное сортоиспытание и использованы в селекционной работе.*

***Ключевые слова:*** *черешня (Prunus avium L.), гибридные формы и селекционные сорта черешни, пищевая ценность, биохимический состав, дегустационная оценка, технические показатели качества плодов.*

***Для цитирования:*** *Гусейнова Б. М., Абдулгамидов М. Д. Технические и биохимические показатели качества селекционных сортов и гибридных форм черешни в условиях Дагестана // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 47–61. EDN: NYOXBL.*

***For citation:*** *Guseynova B. M., Abdulgamidov M. D. Technical and biochemical quality indicators of Prunus avium L. breeding varieties and hybrid forms grown under Dagestan conditions // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 43(32). P. 47–61. EDN: NYOXBL.*

## Введение

В современном садоводстве юга России, в частности в условиях Республики Дагестан, большую популярность среди косточковых культур приобретает черешня (*Prunus avium* L.). Она особенно ценится за раннее созревание и десертные качества плодов. Высокое содержание в них легко усваиваемых форм сахаров (глюкозы и фруктозы), низкая кислотность, наличие гематогенных веществ (железа и фолиевой кислоты) позволяют считать черешню незаменимым диетическим продуктом. Плоды черешни пригодны не только для потребления в свежем виде, но и служат сырьем для производства различных видов продуктов питания (замороженных плодов, соков, компотов, варенья и др.), создаваемых с применением современных технологических решений хранения и переработки [1–3].

Мировой сортимент черешни, созданный в основном благодаря искусственному отбору и гибридизации, насчитывает более 2000 единиц, причем на долю России приходится около 600 сортов отечественного происхождения [4]. В настоящее время на территории России под черешней занято менее 10 тыс. га, а в Республике Дагестан черешневые сады занимают территорию около 1000 га, с которых собирают 2,5–3,0 тыс. тонн урожая в год [5–7].

Ежегодно в мире производится более 2 млн тонн черешни, а в Российской Федерации в среднем выращивается 80 тыс. тонн в год, но такой объем производства явно недостаточен для удовлетворения внутреннего спроса населения страны [5, 8, 9]. Дефицит черешни покрывается за счет импорта в основном из таких стран как Турция, Узбекистан, Азербайджан, Казахстан, Китай и Таджикистан [5]. По оценкам Busines Stat, объем розничной торговли черешни с 2015 г. по 2024 г. увеличится с 44 до 60 тыс. тонн (на 40 %), а объем промышленной переработки вырастет со 101 до 159 тыс. тонн [10]. Для снижения импортозависимости и решения проблемы дефицита черешни отечественного производства на рынке России необходимо внедрять инновационные процессы в садоводство. По мнению ряда исследователей, следует обновлять сортовой состав черешни, создавать новые сорта с использованием в селекции доноров и гениcточников ценных признаков, выделенных в результате изучения генетического фонда [2, 7, 11–16].

Биохимический состав плодов садовых культур в сочетании с высокими показателями урожайности и устойчивости к стрессорам среды, а также хорошими товарно-потребительскими и дегустационными свойствами служат определяющим фактором при выборе сортов для селекционной работы и их широкого промышленного использования. Создание новых сортов садовых культур, отличающихся большим запасом в плодах биологически активных и других ценных пищевых веществ, является сложной селекционной задачей, которая до настоящего времени недостаточно изучена. Положительные признаки, которые проявляются в новых сортах, зависят от удачного подбора родительских форм, взятых для скрещивания. В полученном гибридном материале могут наблюдаться эффекты суммирующего действия генов, обеспечивающих стабильное увеличение отдельных признаков в сравнении с исходными родительскими формами [17].

Республика Дагестан, благодаря наличию на ее территории благоприятных почвенно-климатических условий и вертикальной поясности, является одним из главных районов промышленного выращивания фруктов и ягод в РФ [7, 11–13], в том числе и высококачественной черешни.

В результате эффективной селекционной работы к настоящему времени на Дагестанской селекционной опытной станции плодовых культур (ФГБНУ ДСОСПК)

выведены и созданы 36 гибридных форм и 26 селекционных сортов черешни. Однако, этот сортимент не лишен недостатков, таких как: невысокие товарно-потребительские показатели качества плодов, низкий уровень урожайности в годы с неблагоприятными природно-климатическими условиями, измельчение плодов при нехватке влаги, их растрескивание и распространение плодовой гнили при высокой атмосферной влажности в период вегетации и созревания. Значительно снизить негативное воздействие природно-климатических факторов возможно при выращивании сортов, характеризующихся высоким генетическим потенциалом адаптивности, пластичности и устойчивости к стрессорам среды произрастания. Поэтому возникла задача дальнейшего совершенствования сортимента черешни новыми высокоценными сортами, совмещающими в своем генотипе комплекс как адаптивных, так и продуктивных признаков. Как известно, основным путем обновления сортимента плодовых культур, в том числе черешни, остается селекция и сортоизучение [2, 7, 14]. Следовательно, для успешного формирования промышленного сортимента черешни в Дагестане решающее значение имеют научные исследования, направленные на совершенствование её регионального сортимента с учетом экологических условий мест культивирования. Не менее важно уделять больше внимания на изучение и выделение новых доноров и генисточников хозяйственно ценных признаков черешни, способствующих созданию сортов, отличающихся высокой адаптивностью к негативным факторам среды, стабильной урожайностью и высокими показателями качества плодов.

**Цель исследований** – комплексная оценка сортов и гибридных форм черешни селекции ФГБНУ ДСОСПК и выявление среди них наиболее перспективных сортообразцов, характеризующихся высокими биохимическими и товарно-потребительскими показателями качества плодов, для формирования промышленного сортимента черешни в условиях Дагестана.

## Материалы и методы исследований

Объекты исследований – 12 селекционных сортов и 14 гибридных форм черешни раннего, среднепозднего и позднего сроков созревания, созданные в условиях ФГБНУ «Дагестанская селекционная опытная станция плодовых культур» (ДСОСПК). В статье представлены результаты изучения их биохимического состава, технических и органолептических показателей качества за 2019–2021 гг. Родительские формы изученных сортов и гибридов черешни представлены в таблице 1.

Исследования проводили в 2019–2021 гг. на базе испытательной лаборатории ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан».

Изучали плоды черешни, выращенные в насаждениях, расположенных на первом экспериментальном участке ДСОСПК, с применением общепринятых методик [15, 16].

Почва под насаждениями темно-каштановая карбонатная среднесуглинистая, глубина залегания галечников 150–200 см. Мощность почвенного профиля составляет 60–70 см. Почвенно-поглощающий комплекс насыщен кальцием и магнием 15,60–18,43 и 5,14–6,36 мг-экв./100 г соответственно. Содержание гумуса 1,97–3,56 %. Количество гидролизуемого азота 6,1–7,3, подвижного фосфора и калия 1,80–2,23 и 25,2–28,4 мг/100 г почвы соответственно. Химический состав почв определяли по ГОСТ-29269, содержание поглощенных оснований кальция и магния – ГОСТ 26428, азота – методом Корнфилда, подвижных форм фосфора и калия – методом Мачигина по ГОСТ 26205.

Климат в зоне проведения исследований умеренно-континентальный. Среднегодовая температура во время проведения исследований варьировала в пределах 10,7–11,2 °С. По количеству осадков территория хозяйства относится к зоне недостаточного увлажнения – 365–463 мм в год, поэтому разность между испарением (780 мм в год) и осадками восполнялась вегетационными и влагозарядковыми

поливами. Сумма активных температур (САТ) в годы исследований составляла 3360–3456 °С.

**Таблица 1 – Родительские формы исследованных сортов и гибридов черешни селекции ДСОСПК**

| Сорт и гибрид | Гибридный номер | Родительская форма |
|---|---|---|
| Дагестанская ранняя | 151/1 | Наполеон черная × Апрельская черная |
| Память Покровской | 1/6 | Ранняя марки × Франц Иосиф |
| Дагестанская красная | 159/1 | Наполеон черная × Воловье сердце |
| Буйнакская ранняя | 158/4 | Наполеон черная × Ранняя марки |
| Бела | 1/15 | Ранняя марки × Франц Иосиф |
| Дагестанская розовая | 134/4 | Франц Иосиф × Воловье сердце |
| Ленинградская Гвардейская | 16/1 | Наполеон черная × Любская |
| Долорес | 18/6 | Наполеон черная × Любская |
| Нике | 20/6 | Наполеон черная × Любская |
| Дагестанская желтая поздняя | 7/14 | Дрогана желтая × Кара Гелез |
| Дрогана желтая* | - | Неизвестно |
| Поздняя Лермонтова | 165/1 | Наполеон черная ×Гефтнера поздняя красная |
| Гибрид | 2-29/11 | Дагестанская желтая поздняя ×Дрогана желтая |
| Гибрид | 2-53/9 | Лезгинка × Дагестанка 2 |
| Гибрид | 2/63 | Наполеон черная (свободное опыление) |
| Гибрид | 2-46/11 | Нике × Лезгинка |
| Гибрид | 60/6 | Наполеон черная × Владимирская |
| Гибрид | 2-54/6 | Лезгинка × Дагестанка1 |
| Гибрид | 28/2 | Дрогана желтая × Краса севера |
| Гибрид | 38/4 | Гедельфингенская × Хасавюртовская черная |
| Гибрид | 2-49/20 | Нике × Поздняя Лермонтова |
| Гибрид | 70/4 | Гедельфингенская ×Гефтнера красная |
| Гибрид | 76/6 | Дрогана желтая (свободное опыление) |
| Гибрид | 26/7 | Дрогана желтая × Краса севера |
| Гибрид | 63/1 | Неизвестно |
| Гибрид | 43/4 | Идеал (свободное опыление) |

***Примечание.*** **Сорт черешни Дрогана желтая был селекционирован в Германии (Саксония) и назван в честь оригинатора Дрогана. Происхождение сорта не установлено, т.е. наименование родительских форм для этого сорта не сохранено.*

Сбор плодов осуществляли по достижении съемной спелости. Контролем для селекционных сортов раннего срока созревания служил сорт Дагестанская ранняя, а для сортов и гибридных форм среднепозднего и позднего сроков созревания – сорт Дрогана желтая, районированный в Дагестане и отличающийся высокой продуктивностью, устойчивостью к стрессовым климатическим факторам, болезням и вредителям.

Состав и количественное содержание биокомпонентов в плодах черешни оценивали по содержанию растворимых сухих веществ – ГОСТ ISO 2173, массовой концентрации сахаров – ГОСТ 8756.13, количеству титруемых кислот – ГОСТ ISO 750; содержанию витамина С (аскорбиновая кислота) – ГОСТ 24556.

У исследованных опытных образцов черешни были определены размеры (мм), масса плода и косточки (г), дегустационные показатели (балл). Для измерения размеров плода использовали штангенциркуль. Массу определяли на электронных лабораторных

весах марки CAS MWP MWP-300H. При дегустационной оценке по пятибалльной шкале характеризовали внешний вид, вкус и консистенцию мякоти плодов.

Статистическую обработку результатов исследований осуществляли с помощью пакета программ SPSS 12.0 для Windows. Достоверность полученных отличий определяли с использованием t-критерия Стьюдента [25]. Статистически значимыми считали различия при $p \leq 0,05$.

**Результаты и их обсуждение**

Учеными ДСОСПК создана серия сортов и гибридов черешни различных сроков созревания – от раннего (конец мая) до позднего (конец июня). Селекционная работа была направлена на получение в природных условиях предгорной плодовой зоны Дагестана сортов, превосходящих существующие стандартные сорта по комплексу хозяйственно ценных признаков. Основное внимание уделено получению крупноплодных сортов черешни, отличающихся высоким адаптивным потенциалом к негативным условиям среды выращивания, а также хорошими дегустационными показателями и большим запасом пищевых веществ.

В статье представлены результаты изучения содержания некоторых показателей биохимического состава плодов 12 сортов и 14 гибридных форм черешни различных сроков созревания селекции ДСОСПК. Результаты биохимических исследований опытных образцов показали значительную вариабельность в плодах содержания растворимых сухих веществ (РСВ), сахаров, кислот и витамина С (таблица 2, рисунки 1, 2).

**Таблица 2 – Содержание РСВ и витамина С в сортах и гибридных формах черешни селекции ДСОСПК (среднее за 2019−2021 гг.)**

| Сорт | Массовая концентрация | |
|---|---|---|
| | РСВ, % | витамина С, мг% |
| ***селекционные сорта черешни раннего срока созревания*** | | |
| Дагестанская ранняя (контроль) | 12,9 ± 0,15 | 7,5 ± 0,08 |
| Память Покровской | 12,3 ± 0,12 | 5,7 ± 0,10 |
| Дагестанская красная | 10,6 ± 0,10 | 6,8 ± 0,07 |
| Буйнакская ранняя | 12,2 ± 0,15 | 5,6 ± 0,08 |
| Бела | 12,5 ± 0,17 | 5,4 ± 0,09 |
| Дагестанская розовая | 10,7 ± 0,16 | 5,5 ± 0,12 |
| ***селекционные сорта и гибридные формы черешни среднепоздного и позднего сроков созревания*** | | |
| Дрогана желтая (контроль) | 14,3 ± 0,17 | 7,3 ± 0,09 |
| Ленинградская Гвардейская | 13,8 ± 0,19 | 5,9 ± 0,08 |
| Долорес | 14,7 ± 0,24 | 7,1 ± 0,10 |
| Нике | 13,9 ± 0,19 | 6,3 ± 0,11 |
| Дагестанская желтая поздняя | 12,5 ± 0,24 | 6,4 ± 0,08 |
| Поздняя Лермонтова | 14,8 ± 0,18 | 7,5 ± 0,14 |
| Гибрид 2-29/11 | 13,4 ± 0,16 | 6,1 ± 0,12 |
| Гибрид 2-53/9 | 11,5 ± 0,20 | 7,7 ± 0,10 |
| Гибрид 2/63 | 12,8 ± 0,17 | 6,6 ± 0,09 |
| Гибрид 2-46/11 | 10,5 ± 0,13 | 7,4 ± 0,10 |
| Гибрид 60/6 | 9,7 ± 0,15 | 7,3 ± 0,12 |
| Гибрид 2-54/6 | 12,9 ± 0,18 | 7,0 ± 0,13 |
| Гибрид 28/2 | 13,7 ± 0,23 | 6,8 ± 0,11 |
| Гибрид 38/4 | 13,2 ± 0,19 | 7,2 ± 0,14 |
| Гибрид 2-49/20 | 13,7 ± 0,22 | 6,0 ± 0,09 |
| Гибрид 70/4 | 11,7 ± 0,17 | 6,3 ± 0,07 |
| Гибрид 76/6 | 14,5 ± 0,21 | 6,6 ± 0,09 |
| Гибрид 26/7 | 12,3 ± 0,18 | 6,2 ± 0,07 |
| Гибрид 63/1 | 13,5 ± 0,25 | 7,6 ± 0,13 |
| Гибрид 43/4 (розовая) | 15,3 ± 0,28 | 9,1 ± 0,17 |

Одним из важнейших показателей, характеризующих качество перерабатываемых фруктов и ягод, является содержание в них РСВ, на количество которых влияют не только вид и сорт плодовых растений, но и природно-климатические условия места их произрастания. Например, в зависимости от вида или сорта фруктов и ягод, а также с учетом природно-климатических условий терруаров их выращивания, концентрация РСВ в них варьирует в пределах от 10 до 20 %. По данным Т. Г. Причко и др. [3, 17, 18] среднее содержание РСВ в плодах различных сортов черешни, выращенных в экологических условиях Краснодарского края, варьирует в пределах 14,5–18,9 %. В плодах изученных нами селекционных сортов и гибридных форм черешни раннего срока созревания среднее содержание РСВ составило 11,6 %, при варьировании от 10,6 % (Дагестанская красная) до 12,5 % (Бела). Среди сортов и форм черешни среднепоздного и позднего сроков созревания наибольшей концентрацией в плодах РСВ, по сравнению с контрольным сортом Дрогана желтая (14,3 %), отличились сорта Долорес (14,7 %), Поздняя Лермонтова (14,8 %) и гибрид 76/6 (14,5 %) (см. таблицу 2).

Из литературных источников известно, что по количеству витамина С, являющегося важным антиоксидантом, обладающим противовоспалительным и антиканцерогенным действием, черешня уступает первенство только шиповнику, смородине черной и землянике. Анализ результатов биохимических исследований, приведенных в работах [9, 18–20], показывает, что содержание витамина С в плодах черешни, в зависимости от сорта, варьирует в широких пределах – от 6 до 12,5 мг%. Как видно из данных таблицы 2, в плодах черешни раннего срока созревания, концентрация витамина С составляла от 5,4 (Бела) до 6,8 мг% (Дагестанская красная). Среди сортов и гибридных форм черешни среднепоздного и позднего сроков созревания наиболее высоким содержанием витамина С, по сравнению с контрольным сортом Дрогана желтая (7,3 мг%), отличались сорт Поздняя Лермонтова и гибриды: 2-53/9; 2-46/11; 63/1 и 43/4, у которых концентрация витамина С составляла 7,4–9,1 мг%.

Для плодов черешни характерна низкая кислотность по сравнению с плодами других косточковых культур. Преобладает в них яблочная кислота, присутствуют также лимонная, шикимовая и фумаровая кислоты [21]. Содержание кислот в исследованных нами опытных образцах черешни невелико. Среднее значение кислотности составило 0,69 %, минимальное – 0,53 % отмечено у сорта Память Покровской, максимальное – 1,0 % у гибрида 26/7 (рисунок 1).

По содержанию кислот фрукты и ягоды подразделяются на три группы: с высоким (2,0–7,0 %), средним (0,5–1,9 %) и низким (0,1–0,4 %) их количеством. Все исследованные сорта и гибридные формы черешни относятся к группе со средней концентрацией кислот.

Отличительная особенность черешни – это ярко выраженный сладкий вкус, обусловленный не только высоким содержанием сахаров, но и тем, что они представлены в основном фруктозой и глюкозой [3, 19, 22, 23]. Наиболее сахаристыми, накопившими более 11,0 % сахаров, оказались плоды черешни среднепоздного и позднего сроков созревания: сорта Долорес (11,67 %) и Поздняя Лермонтова (12,75 %); гибриды 2-49/20 (11,08 %); 76/6 (11,72 %) и 43/4 (13,18 %) (рисунок 2).

В зависимости от содержания сахаров все виды плодов подразделяют на три группы: с высоким (15–25 %), средним (7,0–14,9 %) и низким (2,0–6,9 %) их количеством. Все плоды исследованных сортов и гибридных форм черешни относятся к группе со средним сахаронакоплением (рисунок 2).

Высокое содержание сахаров и низкая концентрация титруемых кислот, сильно отражаются на сахарокислотном индексе (СКИ), а значит и на вкусе плодов. Оптимальные количества сахаров и кислот придают плодам черешни приятный вкус. Сахарокислотные индексы исследованных опытных образцов составляли от 10,3

(гибрид 26/7) до 20,6 (Поздняя Лермонтова). Высокие значения СКИ были определены у черешни сорта Долорес (17,7) и гибридов 2-29/11 (17,5); 2-53/9(17,3); 2-54/6 (17,3); 76/6 (18,3) и 63/1 (17,4) (см. рисунок 2).

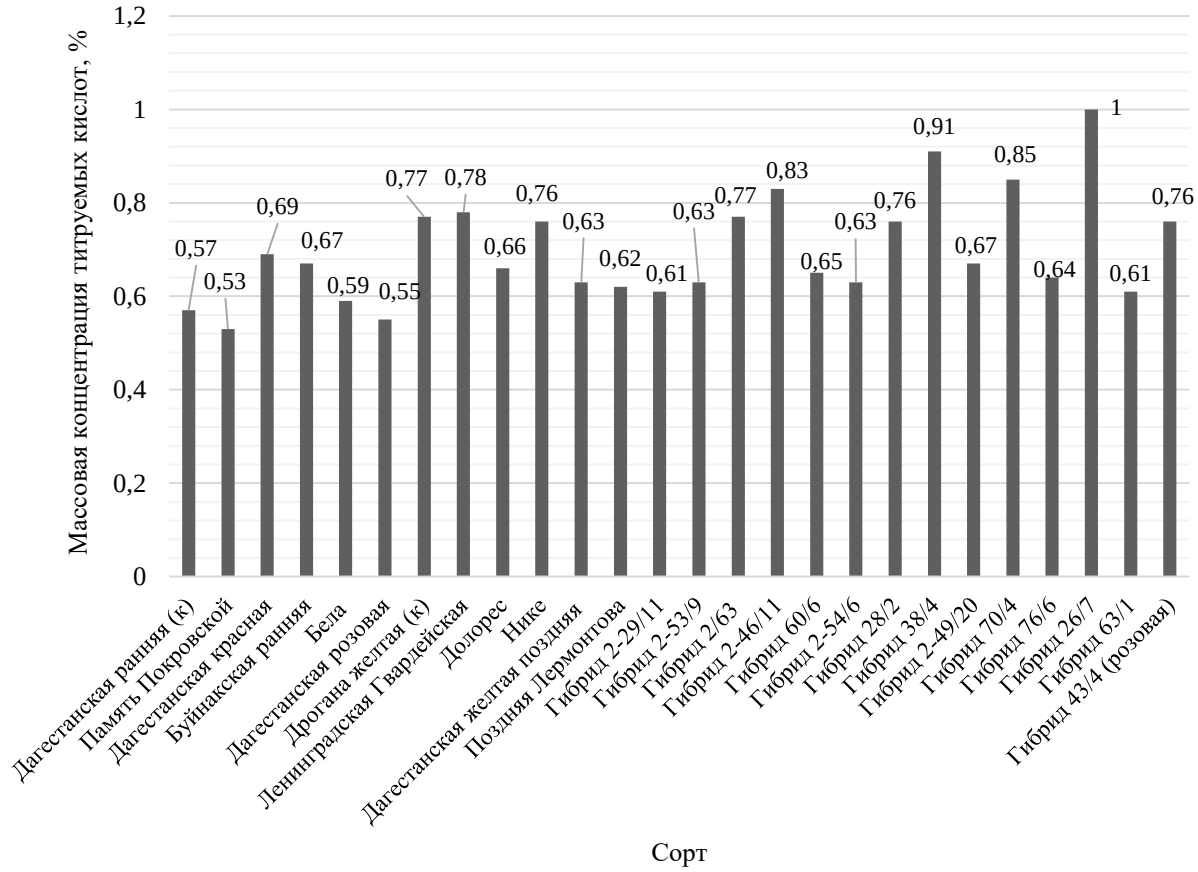



**Рисунок 1 – Массовая концентрация титруемых кислот (%) в плодах сортов и гибридных форм черешни селекции ДСОСПК (среднее за 2019−2021 гг.)**

***Примечание.*** *Стандартная ошибка среднего значения массовой концентрации титруемых кислот в плодах опытных образцов черешни варьирует в пределах 0,013–0,019.*

Коммерческую ценность урожая черешни в большой степени определяют масса и размеры плода. Поэтому в промышленном садоводстве в последние годы особое внимание уделяется крупноплодным сортам, адаптированным к условиям выращивания. Самую значительную выбраковку среди гибридных сеянцев вызывает малый размер плодов, так как крупноплодность контролируется рецессивными генами. Анализ полученного в ДСОСПК гибридного материала черешни показал, что только селекция с использованием крупноплодных сортов как в качестве материнской, так и отцовской формы, дает возможность получить усиление проявления признака крупноплодности. Сравнительная оценка размера плодов черешни, изучаемых селекционных сортов и гибридных форм черешни раннего, среднепозднего и позднего сроков созревания, показала, что масса плодов определяется генетическими особенностями сорта. Этот показатель по сортам и гибридам изменялся от 4,2 г (сорта Дагестанская розовая, Бела, Память Покровской) до 7,9 г (гибрид 38/4) (таблица 3). Лучшими показателями массы плода, по сравнению

с контрольным сортом Дагестанская ранняя (4,6 г), среди сортов раннего срока созревания, отличались сорта Буйнакская ранняя (4,7 г) и Дагестанская красная (6,0 г).

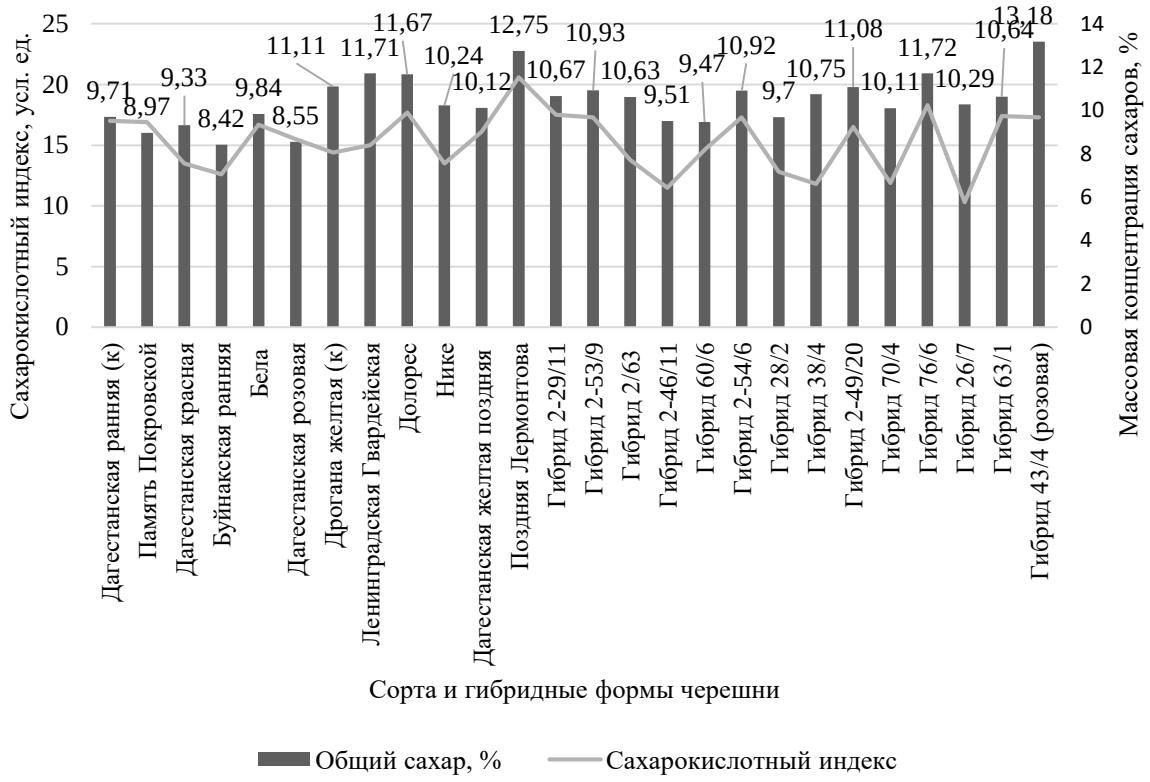



**Рисунок 2** – **Сахарокислотный индекс и массовая концентрация сахаров в гибридах и сортах черешни селекции ДСОСПК (среднее за** 2019–2021 **гг.)**

***Примечание.*** *Стандартная ошибка среднего значения массовой концентрации сахаров в плодах опытных образцов черешни колеблется в пределах 0,19–0,28.*

Среди селекционных сортов и форм черешни среднепозднего и позднего сроков созревания более высокими показателями массы плода, чем у контрольного сорта Дрогана желтая (6,4 г), отличились Ленинградская Гвардейская, Долорес, гибриды 2-53/9; 2-46/11; 38/4; 43/4; 63/1 и 76/6, у которых средняя масса плода находилась в пределах 6,5–7,9 г.

По средней массе плода черешня разделена на группы. К мелкоплодным сортам с массой плодов 4,1–6,0 г относятся все исследованные сорта черешни раннего срока созревания, а также сорт Дагестанская желтая поздняя (5,5 г) и гибриды среднепозднего и позднего сроков созревания – 2-29/11 (5,0 г); 26/7 (5,3 г) и 60/6 (5,8 г). В группе среднеплодных сортов (6,1–9,0 г), оказались все остальные исследованные сорта и гибридные формы черешни, средняя масса плода которых варьировала в пределах от 6,1 (гибрид 28/2) до 7,9 г (гибрид 38/4) (таблица 3).

Согласно ГОСТ 33801-20 16, диаметр плодов черешни, предлагаемых для реализации в свежем виде, у высшего товарного сорта должен быть не менее 20 мм, первого товарного сорта – не менее 17 мм, а у второго товарного сорта − не менее 12 мм. К высшему товарному сорту, за исключением гибрида Дагестанская желтая поздняя × Дрогана желтая, относятся все исследованные селекционные сорта и гибридные формы черешни среднепозднего и позднего сроков созревания, диаметр плода которых по наибольшему поперечному размеру варьирует в пределах 2–25 мм. Из сортов и гибридов

черешни раннего срока созревания к высшему товарному сорту были отнесены Дагестанская красная, Дагестанская розовая, Буйнакская ранняя, а остальные сортообразцы были определены в группу первого товарного сорта.

**Таблица 3 − Технические показатели качества исследованных селекционных сортов и гибридных форм черешни (среднее за 2019–2021 гг.)**

| Сорт | Средняя масса плода, г | Размеры плода, мм | | Индекс формы плода | Средняя масса косточки, г | Доля косточки в массе плода, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | высота (H) | диаметр (D) | | | |
| ***селекционные сорта и гибридные формы черешни раннего срока созревания*** | | | | | | |
| Дагестанская ранняя (контроль) | 4,6 | 20 | 19 | 1,05 | 0,22 | 4,8 |
| Память Покровской | 4,2 | 18 | 19 | 0,95 | 0,20 | 4,8 |
| Дагестанская красная | 6,0 | 21 | 21 | 1,00 | 0,40 | 6,7 |
| Буйнакская ранняя | 4,7 | 19 | 20 | 0,95 | 0,26 | 5,5 |
| Бела | 4,2 | 16 | 17 | 0,94 | 0,26 | 6,2 |
| Дагестанская розовая | 4,2 | 19 | 20 | 0,95 | 0,33 | 7,9 |
| $НСР_{05}$ | 0,6 | 0,9 | 0,8 | | 0,06 | |
| ***селекционные сорта и гибридные формы черешни среднепоздного и позднего сроков созревания*** | | | | | | |
| Дрогана желтая (контроль) | 6,4 | 20 | 22 | 0,91 | 0,38 | 5,9 |
| Ленинградская Гвардейская | 7,7 | 22 | 23 | 0,96 | 0,35 | 4,5 |
| Долорес | 7,1 | 21 | 23 | 0,91 | 0,39 | 5,5 |
| Нике | 6,2 | 20 | 22 | 0,91 | 0,37 | 6,0 |
| Дагестанская желтая поздняя | 5,5 | 21 | 21 | 1,00 | 0,41 | 7,5 |
| Поздняя Лермонтова | 6,4 | 22 | 21 | 1,05 | 0,38 | 5,9 |
| Гибрид 2-29/11 | 5,0 | 17 | 19 | 0,89 | 0,33 | 6,6 |
| Гибрид 2-53/9 | 6,7 | 22 | 22 | 1,00 | 0,37 | 5,5 |
| Гибрид 2/63 | 6,2 | 20 | 22 | 0,91 | 0,36 | 5,8 |
| Гибрид 2-46/11 | 6,9 | 22 | 23 | 0,96 | 0,41 | 5,9 |
| Гибрид 60/6 | 5,8 | 20 | 22 | 0,91 | 0,38 | 6,6 |
| Гибрид 2-54/6 | 6,2 | 21 | 21 | 1,00 | 0,34 | 5,5 |
| Гибрид 28/2 | 6,1 | 21 | 22 | 0,95 | 0,34 | 5,6 |
| Гибрид 38/4 | 7,9 | 23 | 25 | 0,92 | 0,47 | 5,9 |
| Гибрид 2-49/20 | 6,3 | 20 | 22 | 0,91 | 0,35 | 5,6 |
| Гибрид 70/4 | 6,4 | 20 | 21 | 0,95 | 0,39 | 6,1 |
| Гибрид 76/6 | 6,5 | 20 | 22 | 0,91 | 0,40 | 6,2 |
| Гибрид 26/7 | 5,3 | 18 | 20 | 0,90 | 0,37 | 7,0 |
| Гибрид 63/1 | 6,7 | 20 | 21 | 0,95 | 0,40 | 6,0 |
| Гибрид 43/4 (розовая) | 7,7 | 24 | 25 | 0,96 | 0,48 | 6,2 |
| $НСР_{05}$ | 0,4 | 0,7 | 0,6 | | 0,02 | |

Соотношение массы косточки и массы плода является важным показателем для определения направленности использования плодов для переработки, а также в селекционной работе [24]. Исследованная черешня по массе косточки имела сортовые различия. Согласно данным таблицы 3, средняя масса косточки в плодах составляла 0,20 (Память Покровской) − 0,48 г (гибрид 43/4). Большую массу косточки, превышающую показатель контрольного сорта Дагестанская ранняя (0,22 г), имели все исследованные сорта черешни раннего срока созревания, за исключением сорта Память Покровской. В группе сортов среднепоздного и позднего сроков созревания большей массой косточки, по сравнению с контрольным сортом Дрогана желтая (0,38 г), отличался сорт Долорес и гибриды 2-46/11; 38/4; 70/4; 76/6; 63/1 и 43/4, у которых средняя масса косточки варьировала от 0,39 до 0,48 г.

Дегустационная оценка изучаемых сортов и форм черешни проведена по пятибалльной шкале независимой дегустационной комиссией. Каждый опытный образец оценивали по показателям: внешний вид, консистенция мякоти, вкус. У всех плодов отсутствовали несвойственные черешне посторонние привкусы и запахи.

Наилучшими вкусовыми качествами отличались сорта раннего срока созревания – Дагестанская красная, Память Покровской и Бела, дегустационная оценка которых составляла 4,7–4,8 балла (таблица 4). Среди опытных образцов черешни среднепозднего и позднего созревания сорт Нике и гибрид 43/4 (розовая) обладали вкусовыми качествами, превышающими контрольный сорт Дрогана желтая (4,9 балла).

**Таблица 4 – Дегустационная оценка гибридных форм и сортов черешни селекции ДСОСПК, балл (среднее за 2019–2021 гг.)**

| Сорт | Внешний вид | Консистенция мякоти | Вкус | Общая оценка |
|---|---|---|---|---|
| | ***селекционные сорта и гибридные формы черешни раннего срока созревания*** | | | |
| Дагестанская ранняя (контроль) | 4,8 | средняя | 4,8 | 4,8 |
| Память Покровской | 4,5 | нежная | 4,7 | 4,6 |
| Дагестанская красная | 5,0 | плотная | 4,8 | 4,9 |
| Буйнакская ранняя | 4,6 | нежная | 4,6 | 4,6 |
| Бела | 4,0 | нежная | 4,7 | 4,3 |
| Дагестанская розовая | 3,5 | нежная | 4,4 | 3,6 |
| $НСР_{05}$ | 0,5 | | 0,1 | 0,4 |
| | ***селекционные сорта и гибридные формы черешни среднепозднего и позднего сроков созревания*** | | | |
| Дрогана желтая (контроль) | 4,8 | плотная | 4,9 | 4,9 |
| Ленинградская Гвардейская | 5,0 | плотная | 4,9 | 5,0 |
| Долорес | 4,7 | плотная | 4,9 | 4,9 |
| Нике | 5,0 | очень плотная | 5,0 | 5,0 |
| Дагестанская желтая поздняя | 3,8 | нежная | 4,4 | 3,9 |
| Поздняя Лермонтова | 4,9 | очень плотная | 4,7 | 4,8 |
| Гибрид 2-29/11 | 4,2 | нежная | 4,7 | 4,2 |
| Гибрид 2-53/9 | 4,9 | плотная | 4,6 | 4,7 |
| Гибрид 2/63 | 4,5 | нежная | 4,4 | 4,2 |
| Гибрид 2-46/11 | 4,8 | плотная | 4,7 | 4,8 |
| Гибрид 60/6 | 4,0 | нежная | 4,6 | 4,2 |
| Гибрид 2-54/6 | 4,5 | плотная | 4,6 | 4,6 |
| Гибрид 28/2 | 4,4 | плотная | 4,4 | 4,4 |
| Гибрид 38/4 | 5,0 | плотная | 4,7 | 4,8 |
| Гибрид 2-49/20 | 4,6 | плотная | 4,4 | 4,5 |
| Гибрид 70/4 | 4,7 | плотная | 4,4 | 4,6 |
| Гибрид 76/6 | 4,8 | плотная | 4,6 | 4,8 |
| Гибрид 26/7 | 4,0 | нежная | 4,1 | 3,8 |
| Гибрид 63/1 | 4,7 | плотная | 4,7 | 4,7 |
| Гибрид 43/4 (розовая) | 5,0 | очень плотная | 5,0 | 5,0 |
| $НСР_{05}$ | 0,16 | | 0,1 | 0,2 |

По внешнему виду высоко были оценены сорта и гибридные формы: из группы сортов раннего срока созревания – сорт Дагестанская красная, а из группы сортов среднепозднего и позднего сроков созревания – сорта Ленинградская Гвардейская, Нике, Поздняя Лермонтова и гибриды 2-53/9; 38/4 и 43/4, получившие оценки 4,9–5,0 баллов.

По плотности и твердости мякоти и кожицы плода сорта черешни подразделяются на две группы: сорта с мягкой сочной мякотью (гини) и сорта с плотной мякотью (бигарро). Многие из исследованных нами опытных образцов имели плотную консистенцию мякоти плода. К группе «бигарро» (с хрящеватой плотной мякотью) относится сорт раннего срока созревания Дагестанская красная и исследованные нами сорта и гибриды черешни среднепозднего и позднего сроков созревания, которые почти все имели плотную консистенцию мякоти. Отмечено, что в последнее время в промышленном садоводстве предпочтение отдается сортам с

плотной хрящеватой мякотью. Кроме того, сорта группы «бигарро» отличаются хорошей транспортабельностью и являются ценным сырьем для пищевой перерабатывающей промышленности. Из исследованного сортимента черешни к группе сортов «гини» относятся в основном сорта раннего срока созревания – Память Покровской, Буйнакская ранняя, Бела и Дагестанская розовая.

Обобщая результаты органолептических исследований изученных сортов и гибридных форм черешни, были выделены сорта Дагестанская красная, Долорес, Нике, Поздняя Лермонтова, Ленинградская Гвардейская и гибриды 2-46/11; 38/4; 76/6; 43/4 (розовая), получившие наивысшую общую дегустационную оценку (4,8–5,0 балла).

## Выводы

Из группы сортов раннего срока созревания сорта Дагестанская красная, Бела, Память Покровской отличались высоким содержанием РСВ, сахаров и витамина С; массовая концентрация этих пищевых веществ варьировала в пределах 10,6–12,5 %; 8,97–9,84 % и 5,4–6,8 мг% соответственно. В группе сортов среднего срока созревания наибольшую способность к накоплению РСВ, сахаров и витамина С проявили сорта Долорес, Поздняя Лермонтова и гибриды 38/4; 43/4 (розовая); 2-49/20; 2-54/6; 2-53/9, в которых массовая концентрация этих веществ составила соответственно 11,5–15,3 %, 10,75–13,18% и 6,0–9,1 мг%.

Лучшие показатели массы плода по сравнению с контрольным сортом черешни Дагестанская ранняя (4,6 г) в группе сортов раннего срока созревания имели сорта Буйнакская ранняя (4,7 г) и Дагестанская красная (6,0 г). Среди сортов среднепозднего и позднего сроков созревания наибольшую массу плода по сравнению с контрольным сортом Дрогана желтая (6,4 г) имели сорта Ленинградская Гвардейская, Долорес и гибриды 2-53/9; 2-46/11; 38/4; 43/4; 63/1; 76/6, у которых средняя масса плода варьировала в пределах 6,5–7,9 г.

Изученные сорта и гибриды черешни, отличающиеся высокими техническими и биохимическими показателями качества, получили хорошие дегустационные оценки – 4,8–5,0 баллов (по пятибалльной шкале).

Таким образом, результаты комплексного изучения технических, органолептических и биохимических показателей качества сортов и гибридов черешни раннего, среднепозднего и позднего сроков созревания селекции ДСОСПК свидетельствуют, что лучшими сортообразцами оказались Дагестанская красная, Бела, Память Покровской, Долорес, Поздняя Лермонтова, Ленинградская Гвардейская и гибриды 2-53/9; 38/4; 43/4 (розовая). Эти сорта и гибриды могут быть представлены на государственное сортоиспытание, а также рекомендованы для широкого промышленного применения на территории Дагестана и успешного использования в селекционной работе.

***Исследование выполнено в рамках государственного задания согласно тематическому плану ФГБНУ «ФАНЦ РД» по теме FNMN-2022-0009 «Создание новых сортообразцов плодовых культур, адаптированных к стрессовым факторам среды, разработка и освоение экологически безопасных и конкурентоспособных систем производства и переработки плодов, овощей и картофеля» (Номер государственной регистрации темы: 122022400196-7).***

## Литература

1. Причко Т. Г., Алехина Е. М. Показатели качества плодов новых сортов черешни // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 6. С. 45–48. DOI: 10.30850/vrsn/2018/6/45-48.

2. Алехина Е. М. Селекционная оценка сортоформ черешни по комплексу хозяйственно-ценных признаков // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 57 (3). С. 18−28. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-3-57-18-28.

3. Причко Т. Г., Алехина Е. М. Оптимизация сортового состава черешни по качественным показателям плодов на юге России //Аграрная Россия. 2019. №1. С. 15–18. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-1-15-18.

4. Еремина О. В. Изучение генофонда черешни и его практическое использование // Сборник трудов Международной конференции «Хранение и использование генетических ресурсов садовых и овощных культур». Крымск: ООО «Просвещение-Юг», 2015. С.34–36.

5. Черешня и ее место на Российском рынке // Asprus. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://asprus.ru/blog/promyshlennoe-vyrashhivanie-chereshni (дата обращения: 10.06.2022).

6. Еремина О. В., Сивоплясов В. И. Новые скороплодные клоновые подвои для черешни из перспективных форм вида *P. mahaleb* L. // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 65(5). С. 32–45. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-5-65-32-45.

7. Алибеков Т. Б. Мобилизация и использование генетических ресурсов плодовых Дагестана для решения важнейших задач садоводства республики // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2014. № 27 (3). С. 30−41. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://journalkubansad.ru/pdf/14/03/04.pdf (дата обращения: 18.03.2022).

8. FAO, 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://faostat.fao. org/site/339/default.aspx (дата обращения: 18.03.2022).

9. Kelebek H., Selli S. Evaluation of chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars // International Journal of Food Science and Technology. 2011. Vol. 46(12). P. 2530–2537. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2011.02777.x.

10. Анализ рынка вишни и черешни в России за 2015–2019 гг., оценка влияния коронавируса и прогноз на 2020–2024 гг. // BusinesStat. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://businesstat.ru/images/demo/cherry_and_sweet_cherry_russia_demo_businesstat.pdf (дата обращения: 03.06.2022).

11. Ашурбекова Ф. А., Гусейнова Б. М., Даудова Т. И. Химический состав винограда, культивируемого в районах виноградарства Дагестана, отличающихся почвенно-климатическими условиями // Достижения науки и техники АПК. 2020. № 34(3). С. 17–21. DOI: 10.24411/0235- 2451-2020-10303.

12. Касумова Ф-Х. Г. Генетические ресурсы косточковых культур для создания новых сортов на юге России // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2012. № 15(3). С.43–50.

13. Гусейнова Б. М., Асабутаев И. Х., Даудова Т. И. Оценка макро- и микронутриентного состава сортов абрикоса, перспективных для выращивания в различных почвенно-климатических условиях Дагестана // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 67(1). С. 113–133. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-1-67-113-133.

14. Serradilla M. J., Martín A., Ruiz-Moyano S., Hernández A., López-Corrales M., Córdoba M. G. Physicochemical and sensorial characterisation of four sweet cherry cultivars grown in Jerte Valley (Spain) // Food Chemistry. 2012. Vol. 133. P. 1551–1559. DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2012.02.048.

15. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур // Под ред. Седова Е. Н. Орел: Издательство Всероссийского НИИ селекции плодовых культур, 1999. 608 с.

16. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур // Под ред. Седова Е. Н. Орел: Издательство Всероссийского НИИ селекции плодовых культур, 1995. 502 с.

17. Алехина Е. М., Чалая Л. Д., Причко Т. Г. Источники основных хозяйственно полезных признаков в селекции черешни // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Т. 18. № 3. С. 530–539.

18. Причко Т. Г., Чалая Л. Д., Алёхина Е. М. Биологические особенности и химический состав плодов черешни районированных в Краснодарском крае сортов // Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 1. С. 62–65.

19. Быкова Т. О., Алексашина С. А., Демидова, А. В., Макарова, Н. В., Деменина, Л. Г. Сравнительный анализ химического состава плодов вишни и черешни различных сортов, выращенных в Самарской области // Известия вузов. Пищевая технология. 2017. №1. С.32-35.

20. Жбанова Е. В., Кружков А. В., Коваленко Т. В. Товарно-потребительские качества и химический состав перспективных сортов и форм черешни в условиях ЦЧР // Вестник ОрелГАУ. 2016. № 5(62). С. 30–35.

21. Usenik V., Fabcic J., Stampar F. Sugars, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.) // Food Chemistry. 2008. Vol. 107. P.185–192. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.08.004.

22. Заремук Р. Ш., Алехина Е. М., Богатырева С. В., Доля Ю. А. Результаты селекции косточковых культур в условиях Юга России // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 3. С. 10–13.

23. Szpadzik E., Krupa T., Niemiec W., Jadczuk-Tobjasz E. Yielding and fruit quality of selected sweet cherry (*Prunus avium*) cultivars in the conditions of central Poland // Acta scientiarum polonorum. Hortorum cultus. 2019. P. 117–126. DOI: 10.24326/asphc.2019.3.11.

24. Gainza F., Opazo I., Munoz C. Graft incompatibility in plants: metabolic changes during formation and establishment of the rootstock/scion union with emphasis on *Prunus* species // Chilean Journal of Agricultural Research. 2015. Vol. 75. DOI: 10.4067/S0718-58392015000300004.

25. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Книга по требованию, 2013. 349 с.

## References


1. Prichko T. G., Alekhina E. M. Quality parameters of the fruits of new cherries varieties //Vestnik of the Russian Agricultural Science. 2018. No. 6. P. 45–48. DOI: 10.30850/vrsn/2018/6/45-48.
2. Alekhina E. M. Breeding evaluation of sweet cherry variety's forms on complex of economic-valuable signs // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2019. No. 57(3). P.18–28. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-3-57-18-28.
3. Prichko T. G., Alekhina E. M. Optimization of varietal composition of cherries by quality indicators of fruits in the south of Russia // Agrarnaya Rossiya (Agrarian Russia). 2019. No. 1. P. 15–18. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-1-15-18.
4. Eremina O. V. Study of the cherries gene pool and its practical use // Collection of works of the International Conference "Storage and use of genetic resources of garden and vegetable crops". Krymsk: "Prosveshchenie-Yug OOO" (Limited Liability Company), 2015. P. 34–36.
5. Cherries and its place in the Russian market // Asprus. [Electronic resource]. Access point: http://asprus.ru/blog/promyshlennoe-vyrashhivanie-chereshni/ (reference's date: 10.06.2022).
6. Eremina O. V., Sivoplyasov V. I. New early maturing clonal rootstocks for sweet cherry from perspective forms of species *P. mahaleb* L. // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2020. No. 65(5). P. 32–45. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-5-65-32-45.
7. Alibekov T. B. Mobilization and using of fruit's genetic resources of Dagestan for the solution of the major tasks of republic gardening // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2014. No. 27(3). P. 30–41. [Electronic resource]. Access point: http://journalkubansad.ru/pdf/14/03/04.pdf (reference's date: 18.03.2022).
8. FAO, 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [Electronic resource]. Access point: http://faostat.fao. org/site/339/default.aspx (reference's date: 05.02.2022).
9. Kelebek H., Selli S. Evaluation of chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars // International Journal of Food Science and Technology. 2011. Vol. 46(12). P. 2530–2537. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2011.02777.x.
10. Cherries & cherries market analysis in Russia 2015-2019, coronavirus impact assessment and forecast 2020-2024 // BusinesStat. [Electronic Resource]. Access point: https://businesstat.ru/images/demo/cherry_and_sweet_cherry_ russia_demo_businesstat.pdf (reference's date: 03.06.2022.).
11. Ashurbekova F. A., Guseynova B. M., Daudova T.I. Chemical composition of the grapes cultivated in the Dagestan wine growing regions differing in soil types and climatic conditions // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2020. No. 34(3). P.17–21. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10303.
12. Kasumova F-H. G. Genetic resources of stone fruit crops for create of new varieties in the south of Russia // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2012. No. 15(3). P. 43-50.
13. Guseynova B. M., Asabutaev I. Kh., Daudova T. I. Assessment of macro- and micronutrient composition of apricot varieties promising for growing under different soil and climatic conditions of Daghestan // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2021. No. 67(1). P. 113–133. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-1-67-113-133.
14. Serradilla M. J., Martín A., Ruiz-Moyano S., Hernández A., López-Corrales M., Córdoba M. G. Physicochemical and sensorial characterisation of four sweet cherry cultivars grown in Jerte Valley (Spain) // Food Chemistry. 2012. Vol. 133. P. 1551–1559. DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2012.02.048.
15. Program and methodology for variety study of fruit, berry and walnut crops // Ed. by Sedov E. N. Orel: All-Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding Publ., 1999. 608 p.
16. Fruit, berry and walnut crop selection program and methodology // Ed. by Sedov E. N. Orel: All-Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding Publ., 1995. 502 p.
17. Alekhina E. M., Chalaya L. D., Prichko T. G. Donors of commercially valuable traits for sweet cherry breeding // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2014. Vol. 18. No.3. P. 530–539.
18. Prichko T. G., Chalaya L. D., Alekhina E. M. Biological features and chemical composition of bird-cherry fruits of varieties, zoned in Krasnodar Krai // Vestnik rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. 2014. No. 1. P. 62–65.
19. Bykova T. O., Aleksashina S. A., Demidova A. V., Makarova N. V., Demenina L. G. Comparative analysis of the chemical compound of the fruits cherry and sweet cherry of different varieties grown in the Samara region // Izvestiya vuzov. Food technology. 2017. No. 1. P. 32–35.
20. Zhbanova E. V., Savel'ev N. I., Kruzhkov A. V., Kovalenko T. V. Commercial features and biochemical content of perspective sweet cherry varieties and forms in the condition of Central Blacksoil Zone // Vestnik OrelGAU. 2016. No. 5(62). P. 30–35.
21. Usenik V., Fabcic J., Stampar F. Sugars, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.) // Food Chemistry. 2008. Vol. 107. P. 185–192. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.08.004.

22. Zaremuk R. Sh., Alekhina E. M., Bogatyreva S. V., Dolya Yu. A. The results of breeding of stone fruit crops in the conditions of the South of Russia // Rossiiskaia Selskokhoziaistvennaia Nauka. 2017. No. 3. P. 10–13.

23. Szpadzik E., Krupa T., Niemiec W., Jadczuk-Tobjasz E. Yielding and fruit quality of selected sweet cherry (*Prunus avium*) cultivars in the conditions of central Poland // Acta scientiarum polonorum. Hortorum cultus. 2019. P. 117–126. DOI: 10.24326/asphc.2019.3.11.

24. Gainza F., Opazo I., Munoz C. Graft incompatibility in plants: metabolic changes during formation and establishment of the rootstock/scion union with emphasis on Prunus species // Chilean Journal of Agricultural Research. 2015. Vol. 75. P. 28–34. DOI: 10.4067/S0718-58392015000300004.

25. Dospekhov B. A. Methods of field research: with the basics of statistical processing of research results. Moscow: Kniga po trebovaniyu, 2013. 349 p.

UDC 634.1:631.52:634.232

Guseynova B. M., Abdulgamidov M. D.

## TECHNICAL AND BIOCHEMICAL QUALITY INDICATORS OF *PRUNUS AVIUM* L. BREEDING VARIETIES AND HYBRID FORMS GROWN UNDER DAGESTAN CONDITIONS

***Summary.*** *The purpose of this work was twofold: assess the quality of varieties and hybrids of sweet cherry bred at the Dagestan breeding experimental station of fruit crops (DSOSPK); identify the most promising variety samples characterized by high biochemical, commercial and consumer quality indicators of fruit to form an industrial assortment of Prunus avium in Dagestan. The studies were carried out in 2019-2021. The results of studying the biochemical composition and consumer quality indicators of 12 varieties and 14 hybrids of sweet cherry are presented. The research was guided by generally accepted methods of analysis and standard methods of variety testing. Among early maturing varieties, the largest ability to accumulate soluble solids was shown by 'Buynakskaya rannyaya' (12.2 %), 'Bela' (12.3 %) and 'Pamyat' Pokrovskoy' (12.5 %); sugars – 'Dagestanskaya krasnaya' (9.33 %) and 'Bela' (9.84 %); vitamin C – 'Pamyat' Pokrovskoy' (5.7 mg%) and 'Dagestanskaya krasnaya' (6.8 mg%). Moreover, 'Bela' and 'Pamyat' Pokrovskoy' had high sugar-acid indices (16.7 and 16.9, respectively). Among mid-late and late maturing varieties with high content of soluble solids, sugars and vitamin C, the most promising were 'Dolores', 'Pozdnyaya Lermontova' and hybrids 38/4; 43/4; 2-49/20; 2-54/6; 2-53/9, the content of mentioned substances in which was 11.5-15.3%; 10.75-13.18% and 6.0-9.1 mg%, respectively. In the group of early maturing varieties, 'Buynakskaya rannyaya' (4.7g) and 'Dagestanskaya krasnaya' (6.0 g) had the best indicators of fruit weight compared to the control variety 'Dagestanskaya rannyaya' (4.6 g); in the group of mid-late and late maturing varieties, the best, compared to the control variety 'Drogana zheltaya' (6.4 g), were 'Leningradskaya Gvardeyskaya', 'Dolores' and hybrids 2-53/9; 2-46/11; 38/4; 43/4; 63/1; 76/6 with fruit weight ranging from 6.5 to 7.9 g. The highest tasting scores (4.8-5.0 points) were given to the varieties 'Dagestanskaya krasnaya', 'Dolores', 'Nika', 'Pozdnyaya Lermontova', 'Leningradskaya Gvardeyskaya' and hybrids 2-46/11; 38/4; 76/6; 43/4. Varieties and hybrids of sweet cherry bred at the DSOSPK have high biochemical, commercial and consumer quality indicators and can be submitted for state variety testing and used in breeding work.*

***Keywords:*** *sweet cherry (Prunus avium L.), hybrid forms and breeding varieties of sweet cherry, nutritional value, biochemical composition, tasting assessment, technical indicators of fruit quality.*

Гусейнова Батуч Мухтаровна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник, заведующая отделом плодоовощеводства и переработки, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан»; 367014, Россия, Республика Дагестан, г. Махачкала, мкр. Научный городок, ул. Абдуразака Шахбанова, 30; e-mail: batuch@yandex.ru.

Абдулгамидов Магомед Дадагаджиевич, старший научный сотрудник отдела селекции и сортоизучения плодовых культур ФГБНУ «Дагестанская селекционная опытная станция плодовых культур» – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан»; 368220, Россия, Республика Дагестан, г. Буйнакск, ул. Ломоносова, 105; e-mail: abdulgamidov1963@mail.ru.

Guseynova Batuch Mukhtarovna, Dr. Sc. (Agr.), associate professor, chief researcher, head of the Department of fruit and vegetable production and processing, FSBSI “Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan”; 30, Abdurazak Shakhbanov str., Nauchny gorodok neighbourhood in the Makhachkala city, Republic of Dagestan, 367014, Russia; e-mail: batuch@yandex.ru.

Abdulgamidov Magomed Dadagadzhievich, senior researcher at the Department of fruit crops breeding and variety testing, FSBSI “Dagestan Breeding Experimental Station of Fruit Crops” – branch of the FSBSI “Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan”; 105, Lomonosov str., Buynaksk, Republic of Dagestan, 368220, Russia; e-mail: abdulgamidov1963@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 26.07.2022.*
*Дата принятия к печати – 21.09.2022.*

УДК 635.611:631.526
EDN CGRKFC

Елисеева Н. А., Костанчук Ю. Н.

# ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ДЫНИ

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

***Реферат.*** *Эффективность возделывания сельскохозяйственных растений зависит, прежде всего, от показателей продуктивности и качества используемых сортов. Задачей селекции широко востребованной бахчевой культуры – дыни (Cucumis melo L.) является создание конкурентоспособных сортов, обладающих высокими вкусовыми качествами и хорошей продуктивностью. Цель исследования – изучение и подбор исходного материала для создания высокоурожайных сортов с высоким качеством плодов, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам среды, пригодных для выращивания в условиях Крыма. Источником ценного исходного материала в селекции растений являются коллекции, включающие сорта, местные формы, диких сородичей и др. Поэтому в отделе селекции и семеноводства овощных и бахчевых культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (с. Укромное, Симферопольский р-н) в 2017–2019 гг. проведено исследование 117 образцов коллекции и питомника исходного материала дыни и сравнение со стандартом той же группы спелости. В работе руководствовались рекомендациями методики по селекции бахчевых культур. Климат региона умеренно континентальный. Почва участка – южный карбонатный тяжелосуглинистый чернозём с комковатой структурой. Метеоусловия в годы исследования различались, что позволило провести достоверную оценку изменчивости основных признаков изучаемых образцов. Наиболее благоприятным по температурному режиму для дыни был 2019 г. с суммой эффективных температур – 2269,6 °С. Выделено 12 лучших образцов с высокими показателями хозяйственно ценных признаков: уровень товарной урожайности плодов 24,3–30,3 т/га, средняя масса плода – 1,6–2,6 кг, содержание сухих растворимых веществ в мякоти плодов – 12,3–15,8 %. В результате скрещивания выделенных образцов и последующего отбора в гибридном потомстве получена комбинация с высокими вкусовыми свойствами плодов, содержанием растворимых сухих веществ в мякоти – 17,7 % при товарной урожайности плодов 42,5 т/га.*

***Ключевые слова:*** *дыня (Cucumis melo L.), сорт, селекция, признаки, урожайность, гибридная комбинация, вегетационный период, исходные формы.*

***Для цитирования:*** *Елисеева Н. А., Костанчук Ю. Н. Исходный материал для селекции дыни // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 62–70. EDN: CGRKFC.*

***For citation:*** *Eliseeva N. A., Kostanchuk Yu. N. Initial material for melon breeding // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 62–70. EDN: CGRKFC.*

## Введение

Одной из наиболее востребованных бахчевых культур является дыня (*Cucumis melo* L.) – однолетнее травянистое растение семейства тыквенные (Cucurbitaceae). Кроме превосходных вкусовых качеств дыня обладает рядом полезных для здоровья свойств. Мякоть дыни содержит β-каротин и витамин С, масло семян является источником токоферолов, кожура и семена богаты фенольными соединениями, омега 3- и омега-6 ненасыщенными, линолевой и линоленовой жирными кислотами. Биологически активные вещества дыни обладают антиоксидантной,

противовоспалительной, противоязвенной, антиангиогенной, противодиабетической, антибактериальной и антигипотиреозной активностью; дыню используют для производства соков и других продуктов [1–3]. Превосходным вкусом обладает приготавливаемый из дыни бекмес – своеобразный мёд, содержащий до 60 % сахара [4]. Высокую ценность для применения в кондитерском производстве и пищевой промышленности имеют семена дыни, содержащие до 30 % жирного масла, а также мука и масло семян [4, 5].

Приведенные краткие данные о ценности дыни свидетельствуют о необходимости широкого ассортимента сортов этой культуры, пригодных для возделывания в условиях разных регионов. Важнейшим условием высокой эффективности сельскохозяйственного растениеводства является правильный подбор конкурентоспособных сортов и гибридов, обладающих широкой экологической устойчивостью, обеспечивающих высокую продуктивность и качество продукции и пользующихся высоким спросом у потребителей. Создание таких сортов является приоритетным направлением в селекции сельскохозяйственных культур [5–7]. Требования, предъявляемые к новым сортам сельскохозяйственных растений, претерпевают изменения, в том числе и в связи с меняющимися погодными условиями конкретной зоны возделывания. Соответственно, при создании конечного продукта необходимо ориентироваться не только на основные хозяйственно ценные признаки будущего сорта, но и на его способность сохранять полезные свойства в различных климатических условиях и совершенствующихся приемах возделывания [5, 6]. Поэтому необходимо наличие как универсальных сортов, пригодных для возделывания в условиях разных регионов, так и адаптированных к конкретным условиям [8].

Предлагаемые сельхозпроизводителям для возделывания сорта дыни должны иметь не только высокие вкусовые качества, но и обладать устойчивостью к комплексу неблагоприятных биотических и абиотических факторов среды в конкретных экологических условиях [5, 6].

Первым этапом в селекции любых сельскохозяйственных культур, в том числе и дыни является изучение и подбор исходного материала. Как правило, источником его является предварительно сформированная коллекция широкого генетического потенциала, включающая линии, сорта, виды, роды культурных и диких растений, обладающих ценными хозяйственными качествами, используемые для выведения новых сортов [7, 9, 10]. В результате изучения этого материала по комплексу признаков проводится отбор образцов, доноров ценных признаков, необходимых в условиях данной экологической зоны. Основным методом селекционной работы с бахчевыми культурами является создание селекционного материала путём гибридизации [11, 12]. Залогом успеха является правильный подбор родительских пар, позволяющих получать в потомстве образцы с ценными признаками, соответствующие задачам селекции. Это позволяет ускорять результативность работы по созданию новых сортов и гибридов дыни [12].

**Цель исследований** – изучение и подбор исходного материала для создания высокоурожайных сортов с высоким качеством плодов, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам среды, пригодных для выращивания в условиях Крыма.

## Материалы и методы исследования

В течение 2017–2019 гг. изучено 117 образцов дыни. Образцы различались по срокам созревания. В качестве стандарта использовали сорт Лада. Исследования проводили на опытном участке отдела селекции и семеноводства овощных и бахчевых культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (с. Укромное, Симферопольский р-н). Климат региона умеренно

континентальный. Почва участка – южный карбонатный тяжелосуглинистый чернозём, с комковатой структурой. Объёмная масса метрового слоя почвы – 1,36 г/см$^3$. По гранулометрическому составу почва является тяжёлым слабоструктурным суглинком. Содержание гумуса (ГОСТ 26213-91) – 4,3 %, азота (ГОСТ 26951-86) – 3,2–5,6, фосфора (по Мачигину) – 8,9, калия (по Мачигину) – 64,8 мг/100 г, pH почвенного раствора – 8,3. Глубина пахотного горизонта 30–40 см.

Закладку опытов проводили в соответствии с рекомендациями методики по селекции бахчевых культур [13, 14]. Предшественник – баклажан. Посев выполняли в оптимальные сроки с 27 апреля по 11 мая при прогревании почвы на глубине 8–10 см до 15 °С рядовым способом на 140 см. Площадь питания растения 1,5 м$^2$. Перед посевом семена замачивали в растворе регулятора роста «Циркон» (4 мг на 100 г воды) в смеси с гуматом и микроэлементами в течении 6–8 часов, затем во влажном состоянии их протравливали смесью препаратов «Фундазол» + «Базудин» в дозе 4 г на 1 кг семян. Перед высевом семян проводили местное внесение гранулированных минеральных удобрений аммофоса или нитрофоски в дозе 150 кг/га. Дальнейшие технологические приёмы по уходу и подкормке растений применяли по состоянию и потребности растений на момент их развития. Опыты проводили в условиях капельного орошения.

В процессе изучения образцов дыни проводили фенологические, биометрические измерения, учёт урожая, оценку товарности плодов. Анализировали выровненность морфологических признаков исходных форм и коллекционного материала, степень поражения растений основными болезнями (пероноспороз, антракноз, фузариоз) и вредителями [14]. Качество плодов оценивали визуально, органолептически, с помощью полевого рефрактометра и в лабораторных условиях.

Проведена статистическая обработка полученных данных методом однофакторного дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [15].

Годы исследования различались по метеоусловиям в период вегетации растений, что позволило провести достоверную оценку изменчивости основных признаков изучаемых образцов.

Для погодных условий первой половины вегетации 2017 г. были характерны умеренные температуры при достаточном количестве выпадающих осадков. Показатели среднесуточных температур в июне соответствовали уровню среднемноголетних и находились в пределах 18,5–23,1 °С. Осадки выпадали в виде ливней, неравномерно. Так, в мае (третья декада) их количество превысило норму в 4,9 раза. В итоге за период до созревания плодов дыни количество осадков составило 328,9 мм (159,7 % к норме). Сумма эффективных температур в период формирования плодов – 938,5 °С, за весь вегетационный период – 1913,2 °С.

Следующий 2018 г. отличался от предшествующего года длительной весенней засухой с сильными ветрами юго-восточного направления. Максимальные дневные температуры с апреля по июнь достигали 25,3–36,8 °С. Высокой была сумма эффективных температур: за период до созревания плодов – 1014 °С, а за весь период вегетации – 1957,6 °С, что выше уровня предыдущего года на 44,5 °С. Осадков за апрель–июнь выпало недостаточно – всего 84 мм, что вдвое ниже нормы. С середины июля количество осадков резко увеличилось, достигнув за половину месяца двухмесячной нормы (122 мм). Ливневые осадки сопровождались градом. Такие условия привели к снижению урожая растений из-за поражения болезнями и ухудшению качества плодов.

Условия первой половины лета 2019 г. характеризовались умеренно высокими положительными температурами и недостаточным количеством осадков. Поэтому потребовалось провести увлажнение почвы перед высевом семян, а затем полив в

начале роста и развития растений дыни. С апреля по конец июня выпало всего 118 мм (82,5 % от нормы). Среднесуточная температура воздуха в эти месяцы превышала норму на 2,0–2,5 °С. Среднесуточные температуры в июле превышали многолетние данные на 1,5–3,1 °С при значительном дефиците осадков – 20,7 мм (32,9 % к норме). Сумма эффективных температур в период формирования плодов дыни составила 972,8 °С, за весь вегетационный период – 2269,6 °С, превысив на 312 °С показатель 2018 г. Сложившиеся условия были благоприятными для ускоренного роста и развития растений, быстрого и дружного созревания плодов. Сформировался высокий урожай товарных плодов высоких биохимических показателей.

## Результаты и их обсуждение

Анализ коллекционного материала дыни по комплексу признаков, проведенный на протяжении трех лет (2017–2019 гг.), позволил выделить из 117 образцов 12 лучших (таблица 1).

**Таблица 1 – Характеристика лучших образцов в коллекционном питомнике дыни (среднее за 2017–2019 гг.), $\bar{x}$± стандартная ошибка (SE)**

| Образец | Продолжительность | Товарная урожайность плодов | | Средняя масса плода | | Содержание растворимых сухих веществ | | Пораженность болезнями, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | т/га | ±, % | кг | ±, % | % | ±, % | |
| Лада (St.) | 80 | 22,0 ± 2,1 | 100 | 1,4 ± 0,04 | 100 | 13,4 ± 0,07 | 100 | 4 |
| Гюльнара | 70 | 27,8 ± 2,8 | +26,4 | 1,7 ± 0,07 | +21,4 | 13,5 ± 0,17 | +0,7 | 7 |
| Медовка | 80 | 29,7 ± 1,2 | +35,0 | 1,6 ± 0,15 | +14,3 | 15,1 ± 0,16 | +12,7 | 14 |
| Насолода | 85 | 30,3 ± 2,4 | +37,7 | 2,0 ± 0,06 | +42,8 | 14,3 ± 0,39 | +6,7 | 22 |
| Симпатия | 89 | 26,7 ± 2,8 | +21,4 | 1,9 ± 0,04 | +35,7 | 12,9 ± 0,15 | -3,7 | 7 |
| Прима | 92 | 35,6 ± 5,1 | +61,8 | 2,6 ± 0,27 | +85,7 | 12,7 ± 0,58 | -5,2 | 18 |
| Услада | 91 | 24,3 ± 1,6 | +10,4 | 1,7 ± 0,09 | +21,4 | 13,0 ± 0,12 | -2,9 | 7 |
| Фантазия | 92 | 26,3 ± 1,0 | +19,5 | 2,5 ± 0,23 | +78,6 | 12,8 ± 0,43 | -4,5 | 25 |
| Сладкое чудо | 93 | 27,3 ± 1,4 | +24,1 | 2,6 ± 0,07 | +85,7 | 14,5 ± 0,41 | +8,2 | 14 |
| Райский нектар | 82 | 30,3± 2,6 | +37,7 | 2,4 ± 0,21 | +71,4 | 15,5 ± 0,42 | +15,7 | 3 |
| Кредо $F_1$ | 70 | 38,9 ± 3,2 | +76,8 | 1,9 ± 0,11 | +35,7 | 13,9 ± 0,31 | +3,7 | 3 |
| Дакаро $F_1$ | 65 | 26,3 ± 0,7 | +19,5 | 2,2 ± 0,16 | +57,1 | 15,8 ± 0,29 | +17,9 | 2 |
| Раймонд $F_1$ | 75 | 23,3 ± 1,7 | +5,9 | 1,7 ± 0,06 | +21,4 | 12,3 ± 0,43 | -8,2 | 4 |
| $НСР_{05}$ | | 7,3 | 25,5 | 0,4 | 19,6 | 1,3 | 10,4 | - |

Восемь образцов превысили стандарт по урожайности на 21,4–76,8 %. Наибольшей товарной урожайностью плодов отличались образцы: Медовка, Насолода, Райский нектар, Прима, Кредо $F_1$. Среднюю массу плода более 2 кг имели: Прима, Фантазия, Сладкое чудо, Райский нектар, Дакаро $F_1$ (57,1–85,7 % к стандарту). Хорошей плодообразовательной способностью характеризовались Кредо, Раймонд, Прима и Гюльнара.

Улучшение качества плодов дыни в сравнении с сортами более ранней селекции обусловливается повышением содержания в мякоти сухого вещества, сахара, витамина С [10]. Показатель более 13,5 % имели образцы: Дакаро $F_1$, Райский нектар, Медовка, Сладкое чудо, Насолода. Образцы Медовка, Райский нектар и Дакаро $F_1$ превысили стандарт на 12,7–17,9 %.

Самую низкую степень поражения болезнями за три года имели четыре выделенных образца: Дакаро $F_1$, Кредо $F_1$, Райский нектар, Раймонд. Средний уровень восприимчивости к заболеваниям был у Гюльнары, Услады, Сладкого чуда и Медовки.

Решающим шагом в селекции дыни является определение перспективных линий для создания гибридов с характеристиками, превосходящими родительские сорта [16]. Принимая во внимание весь комплекс ценных признаков, в скрещивание включили наиболее урожайные, крупноплодные с высоким уровнем товарности плодов – материнские формы (Прима, Гюльнара, Медовка, Насолода, Сладкое чудо и Райский нектар) и, как более устойчивые к поражению болезнями, с повышенным содержанием сухих веществ в мякоти плодов, отцовские исходные формы (Дакаро $F_1$, Кредо $F_1$, Раймонд, Симпатия, Фантазия, Райский нектар).

В селекции дыни вместе с высокими показателями продуктивности и качества продукции, устойчивостью к вредителям, болезням и неблагоприятным условиям среды большое внимание уделяется созданию скороспелых сортов. Результаты ряда исследований отмечают связь скороспелости сорта с устойчивостью к понижению температуры, способностью развиваться в большом диапазоне температур, в том числе и при достаточно низких (минимальных) температурах [10, 14]. По данным Т. Б. Фурса [14], К. Е. Дютина [17] раннеспелость у дыни имеет характер неполного доминирования. Чаще преимущественное наследование имеет материнская форма. При скрещивании двух раннеспелых образцов период созревания сдвигался в сторону материнской формы. Гибриды от скрещивания раннеспелых материнских форм с среднеспелыми характеризуются более коротким периодом до появления женских цветков и созревания плодов, чем родительские формы. При скрещивании раннего и позднего сортов период созревания был продолжительнее чем у материнской, но меньше отцовской, что было учтено в проведённом исследовании при подборе родительских пар для создания скороспелых сортов.

Анализ полученного в результате гибридизации материала позволил выделить 6 лучших гибридных комбинаций (таблица 2).

**Таблица 2 – Вегетационный период исходных родительских форм и их гибридов (среднее за 2017–2019 гг.)**

| № Гк * | Комбинация скрещивания | Продолжительность вегетационного периода, сут. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ♀ | ♂ | $F_1$ | ± к стандарту | ± к среднему родителю |
| - | Лада (St.) | 80 | - | - | - | - |
| 117 | Гюльнара × Кредо $F_1$ | 70 | 70 | 65 | -15 | -5 |
| 121 | Медовка × Кредо $F_1$ | 80 | 70 | 78 | -2 | -3 |
| 122 | Услада × Дакаро $F_1$ | 91 | 65 | 69 | -11 | -9 |
| 125 | Гюльнара × Райский нектар | 70 | 82 | 65 | -15 | -11 |
| 133 | Прима × Раймонд | 92 | 75 | 70 | -10 | -13 |
| 136 | Медовка × Симпатия | 80 | 89 | 70 | -10 | -15 |
| $НСР_{05}$ | | 6 | 5 | 6 | - | - |

***Примечание.*** ** Гк – гибридная комбинация.*

Четыре популяции характеризовались достаточно коротким периодом вегетации (65–70 суток) и имели красивые плоды, покрытые густой сеткой.

Актуальной задачей в селекции растений, связанной с происходящим в последние годы потеплением, является повышение устойчивости к экстремальным температурам. Высокая температура окружающей среды отрицательно влияет на вегетативное и репродуктивное развитие растений и снижает урожайность сельскохозяйственных культур [18].

Проведенное сравнительное изучение коллекционных образцов дыни позволило выделить сорта, обладающие способностью формировать плоды высокого вкусового качества в неблагоприятных условиях среды. Они были использованы в

качестве родительских форм при гибридизации. В результате из полученного материала отобраны четыре гибридные популяции 117, 121, 133 и 136 с содержанием сухого вещества более 14 %, с товарной урожайностью плодов 25–37 т/га (таблица 3).

**Таблица 3 – Характеристика гибридных комбинаций дыни. Питомник исходных форм (среднее за 2017–2019 гг.)**

| № Гк | Комбинация скрещивания | Товарная урожайность плодов, т/га | Товарность плодов, % | Средняя масса плода, кг | Содержание растворимых сухих веществ, % | Пораженность болезнями, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| - | Лада (St.) | 22,0 ± 2,1 | 87 | 1,4 ± 0,04 | 13,4 ± 0,07 | 4 |
| 117 | Гюльнара × Кредо $F_1$ | 24,8 ± 4,9 | 82 | 1,5 ± 0,05 | 15,5 ± 0,15 | 5 |
| 121 | Медовка × Кредо $F_1$ | 30,4 ± 1,8 | 95 | 2,0 ± 0,09 | 14,0 ± 0,24 | 11 |
| 122 | Услада × Дакаро $F_1$ | 37,0 ± 1,2 | 87 | 2,4 ± 0,13 | 12,5 ± 0,37 | 15 |
| 125 | Гюльнара × Райский нектар | 38,5 ± 0,8 | 92 | 2,3 ± 0,11 | 12,5 ± 0,17 | 9 |
| 133 | Прима × Раймонд | 35,2 ± 2,6 | 93 | 3,6 ± 0,17 | 15,5 ± 0,21 | 2 |
| 136 | Медовка × Симпатия | 36,8 ± 0,9 | 89 | 1,8 ± 0,06 | 14,0 ± 0,12 | 5 |
| | $НСР_{05}$ | 6,73 | 12,7 | 0,21 | 1,24 | - |

При скрещивании раннеспелого сорта Гюльнара с продуктивным отцовским образцом Райский нектар получена высокопродуктивная гибридная популяция № 125, имеющая, однако, среднее вкусовое качество плодов. Для улучшения данного признака проведено повторное скрещивание ее с отцовской формой. Полученная новая комбинация № 153 характеризуется высоким содержанием растворимых сухих веществ в мякоти плодов – 17,7 % при товарной урожайности плодов 42,5 т/га.

В настоящее время продолжается работа с полученными популяциями дыни по дальнейшему закреплению, однородности и стабильности хозяйственно ценных признаков.

## Выводы

С целью выделения перспективного исходного материала для селекции дыни проведен сравнительный анализ 117 коллекционных образцов по комплексу хозяйственно ценных признаков.

Анализ результатов позволил выделить 12 лучших образцов с высокими показателями хозяйственно ценных признаков: уровень товарной урожайности плодов 24,3–30,3 т/га, средняя масса плода 1,6–2,6 кг и содержание сухих растворимых веществ в мякоти плодов 12,3–15,8 %.

При скрещивании лучших образцов получены гибридные комбинации, четыре из которых превысили по урожайности стандарт на 60,0–75,0 % при высокой товарности плодов и продолжительности вегетационного периода до 70 суток.

При повторном скрещивании лучшей комбинации Гюльнара × Райский нектар с отцовской формой получена комбинация № 153 с высоким содержанием растворимых сухих веществ в мякоти плодов – 17,7 % при товарной урожайности плодов 42,5 т/га.

## Литература

1. Qian O. Y., Harith S., Shahril M. R., Shahidan N. Bioactive compounds in *Cucumis melo* L. and its beneficial health effects: a scoping review // Malays. Appl. Biol. 2019. Vol. 48. No. 4. P. 11–23.

2. Франко Е. П. Семена дыни – перспективный источник растительных масел // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2009. № 2-3. С. 15–17.

3. Адмаева А. М., Медведков Е. Б., Токтамысова А. Б., Нурмуханбетова Д. Е., Кизатова М. Е. Производство соков на основе дыни // Наука, техника и образование. 2014. № 5. С. 57–62.

4. Жуманова М. О., Ваккосов З. К. Рациональное использование вторичных ресурсов дынного сырья Узбекистана // Universum: Технические науки. 2020. № 5(74). С. 29–31. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://7universum.com/ru/tech/archive/item/9443 (дата обращения 03.09.2022).

5. Колебошина Т. Г., Егорова Г. С., Варивода Е. А., Шапошников Д. С. Значение селекции бахчевых культур в развитии отрасли бахчеводства // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Серия «Наука и высшее профессиональное образование». 2017. № 1 (45). С. 90–97.

6. Koleboshina T. G., Varivoda E. A. Melon growing industry analysis in modern economic conditions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference “EarthScience”, Russky Island: Institute of Physics Publ. 2020. Vol. 459. Art. No. 062075. DOI: 10.1088/1755-1315/459/6/062075.

7. Kesh H., Kaushik P. Advances in melon (*Cucumis melo* L.) breeding: an update // Scientia Horticulturae. 2021. Vol. 282. Art. No. 110045. DOI: 10.1016/j.scienta.2021.110045.

8. Dambroth M., El Bassam N. Low input varieties: definition, ecological, requirements and selection // Plant and soil. 1983. Vol. 72. No. 2–3. P. 365–377.

9. Варивода Е. А., Колебошина Т. Г., Корнилова М. С. Коллекционные образцы – определяющий фактор получения новых сортов дыни // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181. № 2. С. 23–27. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-23-27.

10. Корнилова М. С., Варивода Е. А. Изучение исходного материала для использования в селекционном процессе по созданию новых сортов дыни // Орошаемое земледелие. 2019. № 4. С. 17–20. DOI: 10.35809/2618-8279-2019-4-3.

11. Кулиев Н. А., Гусейнзаде Г. А. Получение и исследование гибридов дыни // Вестник КрасГАУ. 2017. № 11. С. 16–20.

12. Корнилова М. С. Создание нового исходного материала для селекции дыни с комплексом хозяйственно ценных признаков // Известия ФНЦО. 2021. № 3–4. С. 29–34. DOI: 10. 18619/2658-4832-2021-3-4-29-34.

13. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. Москва: Россельхозакадемия, 2011. 648 с.

14. Фурса Т. Б. Селекция бахчевых культур: методические указания / под ред. Т.Б. Фурсы. Л.: ВИР, 1988. 78 с.

15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.

16. Napolitano M., Terzaroli N., Kashyap S., Russi L., Jones-Evans E., Albertini E. Exploring heterosis in melon (*Cucumis melo* L.) // Plants. 2020. Vol. 9. No. 2. Art. No. 282. DOI: 10.3390/plants9020282.

17. Дютин К. Е. Методические указания по селекции бахчевых культур. Москва: б/и., 1979. 36 с.

18. Motamedi M., Haghighi M., Goli A. Physiological changes of sweet and hot peppers in vegetative and reproductive growth stages treated by Ca and $H_2O_2$ under unforeseen heat stresses // Scientia Horticulturae. 2019. Vol. 249. P. 306–313. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.01.040.

## References

1. Qian O. Y., Harith S., Shahril M. R., Shahidan N. Bioactive compounds in *Cucumis melo* L. and its beneficial health effects: a scoping review // Malays. Appl. Biol. 2019. Vol. 48. No. 4. P. 11–23.

2. Franko E. P. Seeds of a melon – a perspective source of vegetable oils // Izvestiya VUZov. Food technology. 2009. No. 2-3. P. 15-17.

3. Admaeva A. M., Medvedkov E. B., Toktamysova A. B., Nurmukhanbetova D. E., Kizatova M. E. Production of juices based on melon // Science, technology and education. 2014. No. 5. P. 57–62.

4. Zhumanova M. O., Vakkosov Z. K. Rational use of secondary resources of melon raw materials of Uzbekistan // Universum: Technical sciences. 2020. No. 5(74). [Electronic resource]. Access point: http://7universum.com/ru/tech/archive/item/9443 (reference’s date 03.09.2022).

5. Koleboshina T. G., Egorova G. S., Varivoda E. A., Shaposhnikov D. S. The value selection of melons in the melon industry development // Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education. 2017. No. 1 (45). P. 90–97.

6. Koleboshina T. G., Varivoda E. A. Melon growing industry analysis in modern economic conditions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference “EarthScience”, Russky Island: Institute of Physics Publ. 2020. Vol. 459. Art. No. 062075. DOI:10.1088/1755-1315/459/6/062075.

7. Kesh H., Kaushik P. Advances in melon (*Cucumis melo* L.) breeding: an update // Scientia Horticulturae. 2021. Vol. 282. Art. No. 110045. DOI: 10.1016/j.scienta.2021.110045.

8. Dambroth M., El Bassam N. Low input varieties: definition, ecological, requirements and selection // Plant and soil. 1983. Vol. 72. No. 2–3. P. 365–377.

9. Varivoda E. A., Koleboshina T. G., Kornilova M. S. Collection accessions and source material as a determining factor for producing new melon cultivars // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2020. Vol. 181. No. 2. P. 23–27. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-23-27.

10. Kornilova M. S., Varivoda E. A. Studying of original material for use in the selection process for creating new melon varieties // Irrigated agriculture. 2019. No. 4. P. 17–20. DOI: 10.35809/2618-8279-2019-4-3.

11. Kuliev N. A., Huseynzade G. A. Obtaining and research of hybrid melon // Bulletin of Kras SAU. 2017. No. 11. P. 16–20.

12. Kornilova M. S. Creation of a new source material for melon breeding with a complex of economically valuable traits // News of Federal Scientific Vegetable Center (Izvestiya of FSVC). 2021. No. 3–4. P. 29–34. DOI: 10.18619/2658-4832-2021-3-4-29-34.

13. Litvinov S. S. Methods of field experience in vegetable production. Moscow: Rosselkhozakademiya, 2011. 648 p.

14. Fursa T. B. Selection of melons: methodical instructions // Ed. by T. B. Fursa. Leningrad: VIR, 1988. 78 p.

15. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Agropromizdat, 2012. 352 p.

16. Napolitano M., Terzaroli N., Kashyap S., Russi L., Jones-Evans E., Albertini E. Exploring heterosis in melon (*Cucumis melo* L.) // Plants. 2020. Vol. 9. No. 2. Art. No. 282. DOI: 10.3390/plants9020282.

17. Dyutin K. E. Methodological guidelines for breeding of cucurbit crops. Moscow: w/o ed., 1979. 36 p.

18. Motamedi M., Haghighi M., Goli A. Physiological changes of sweet and hot peppers in vegetative and reproductive growth stages treated by Ca and $H_2O_2$ under unforeseen heat stresses // Scientia Horticulturae. 2019. Vol. 249. P. 306–313. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.01.040.

UDC 635.611:631.526

Eliseeva N. A., Kostanchuk Yu. N.

## INITIAL MATERIAL FOR MELON BREEDING

***Summary.*** *The efficiency of crop cultivation depends primarily on the productivity and quality of the varieties used. The primary objective of melon breeding is to create competitive varieties with high taste qualities and good productivity. The purpose of the research was to study and select the source material for creating high-yielding varieties with high-quality fruits resistant to biotic and abiotic environmental factors and suitable for growing in the Crimea. Collections of varieties, local forms, wild relatives, etc. are a source of valuable source material in plant breeding. Therefore, we studied 117 samples of melon from the collection as well as the source material nursery and compared them with the standard variety from the same ripeness group. The study was conducted at the Department of Plant Breeding and Seed Production of Vegetables and Melons, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea" (Ukromnoye village, Simferopol district) in 2017–2019. The work was guided by the recommendations from the methodology for the selection of melons. The climate of the region is temperate continental. Soil – chernozem southern calcareous heavy loamy with a cloddy structure. Meteorological conditions varied during the years of the study, which made it possible to carry out a reliable assessment of the variability of the main features of the studied samples. The most favorable temperature regime for melon was in 2019; the sum of effective temperatures reached 2269.6 °C. Twelve best samples with high rates of economically valuable traits were identified: commercial fruit yield – 24.3–30.3 t/ha; average fruit weight –1.6–2.6 kg; content of dry soluble substances in the fruit pulp – 12.3–15.8 %. As a result of crossing the selected samples and subsequent selection in the hybrid offspring, we obtained a combination with high taste properties of fruits, content of soluble solids in the pulp at the level of 17.7 % and marketable fruit yield 42.5 t/ha.*

***Keywords:*** *melon (Cucumis melo L.), cultivar, breeding, traits, yield, hybrid combination, growing season, initial forms.*

Елисеева Надежда Алексеевна, научный сотрудник отдела селекции и семеноводства овощных и бахчевых культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: nadezhda.19.60@mail.ru.

Костанчук Юлия Николаевна, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства овощных и бахчевых культур; ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: kostanchuk_yu@niishk.ru.

Eliseeva Nadezhda Alekseevna, researcher of the Department of plant breeding and seed production of vegetables and melons, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: nadezhda.19.60@mail.

Kostanchuk Yuliya Nikolaevna, senior researcher of the Department of selection and seed production of vegetables and melons, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: kostanchuk_yu@niishk.ru.

*Дата поступления в редакцию – 14.04.2022.*
*Дата принятия к печати – 26.07.2022.*

УДК 633.112:631.52
EDN BNZXOM

Иванисова А. С., Марченко Д. М., Иличкина Н. П., Самофалова Н. Е., Олдырева И. М.

# ИСТОЧНИКИ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ

ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»

***Реферат.*** *В статье приведены результаты испытания 159 коллекционных образцов озимой твердой пшеницы из 14 стран мира (России, Мексики, Турции, Молдовы, Румынии, Франции, Украины, Беларуссии, Азербайджана, Венгрии, Италии, Германии, Сирии, Болгарии). Посев проводили на опытных полях отдела селекции и семеноводства озимой пшеницы ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”» в течение трех лет (2019–2021 гг.). Учетная площадь делянок 5 м², норма высева – 450 всхожих семян на 1 м², повторность опыта трехкратная. В качестве стандарта использовали сорт озимой твердой пшеницы Кристелла. Погодно-климатические условия в годы исследований были засушливые в разные периоды роста и развития растений, что позволило всесторонне оценить коллекционные образцы озимой твердой пшеницы. Целью исследований являлось изучение исходного материала озимой твердой пшеницы по показателям качества (содержание белка, клейковины, SDS-седиментация, стекловидность, натура) и выделение их источников. За изучаемый период содержание белка в зерне варьировало от 14,03 % (645/11, Россия) до 16,42 % (К-55447, Молдова). Содержание клейковины находилось в пределах 24,5–30,2 %. По показателю «SDS-седиментация» у образцов озимой твердой пшеницы в коллекционном питомнике отмечено варьирование от 30 мл (Леукурум 459, Россия) до 50 мл (588/15, Россия). Стекловидность коллекционных образцов варьировала от 67 % (BUL-T.D-5, Беларусь) до 91 % (К-61869, Молдова). Натура зерна находилась в пределах от 738 до 807 г/л. По комплексу качественных показателей выделилось 6 образцов: DF/DAB-18, DF//SRN-3/AJAIA 15, OSU-388, URA/YAZI-48, OSU-391 (Мексика), К-61869 (Молдова), превысившие стандарт по: содержанию белка на 0,60–1,38 %, клейковины – на 1,20–3,20 %, стекловидности – на 8,0–14,0 %, натуры – на 24,5–57,2 г/л.*

***Ключевые слова:*** *озимая твердая пшеница (Triticum durum Desf.), коллекция, образец, источники качества, селекционная работа.*

***Для цитирования:*** *Иванисова А. С., Марченко Д. М., Иличкина Н. П., Самофалова Н. Е., Олдырева И. М. Источники высокого качества зерна озимой твердой пшеницы // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 71–81. EDN: BNZXOM.*

***For citation:*** *Ivanisova A. S., Marchenko D. M., Ilichkina N. P., Samofalova N. E., Oldyreva I. M. Sources of high quality of winter durum wheat grain // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 71–81. EDN: BNZXOM.*

## Введение

Внедрение в производство новых сортов повышает урожайность и улучшает качество продукции сельскохозяйственных культур [1].

Качество зерна – это совокупность биологических, физико-химических, технологических и потребительских свойств зерна, определяющих его пригодность к использованию на продовольственные и другие цели [2–5].

Зерно твердой пшеницы используется главным образом для приготовления макаронных изделий и сравнительно в малой мере используется для крупяного производства. Поэтому возрастающие требования к качеству зерна новых сортов озимой твердой пшеницы требуют совершенствования существующей системы

оценки этого признака во всех звеньях селекции. Кроме того, более глубокое изучение связи качества зерна с другими свойствами генотипа необходимо для разработки и обоснования направлений селекции на длительную перспективу [6–8].

Сорта твердой пшеницы должны обладать высоким содержанием белка и клейковины, иметь высоконатурное и стекловидное зерно, с отличными макаронно-крупяными свойствами. Эти признаки наследуются из обладающих ими генотипов, которые используются для создания новых высококачественных сортов пшениц. Поэтому, в каком бы направлении ни велась селекционная работа, она должна обязательно сопровождаться соответствующей оценкой качества зерна селекционного материала [8, 9].

**Цель исследований** – изучить исходный материал озимой твердой пшеницы по показателям качества (содержание белка, клейковины, SDS-седиментация, стекловидность, натура) и выделить их источники.

**Материал и методы исследования**

Исследования проводили в 2019–2021 гг. на опытных полях отдела селекции и семеноводства озимой пшеницы ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”», расположенного в южной зоне Ростовской области. Севооборот трехпольный (сидеральный пар, озимая твердая пшеница, овес). Материалом исследований послужили 159 образцов озимой твердой пшеницы, высеянные по сидеральному пару, в коллекционном питомнике. Посев проводили сеялкой Wintersteiger Plotseed S рядовым способом, с нормой высева 450 всхожих семян на 1 м². Площадь делянок 5 м², повторность трехкратная. В качестве стандарта использовали сорт озимой твердой пшеницы Кристелла. Технологические приемы возделывания озимой твердой пшеницы осуществляли в соответствии с рекомендациями, изложенными в зональной системе земледелия Ростовской области [10].

Биохимический и технологический анализ (содержание белка, клейковины, стекловидность, натура) проводили по методикам, изложенным в изданиях «Методы оценки технологических качеств зерна», седиментацию (SDS-вариант) – по методике, разработанной в АНЦ «Донской», с градацией для твердой пшеницы: очень сильная клейковина – > 40; сильная – 39–35; средняя – 34–30; слабая – 29 и < мл [11].

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый, рельеф – равнинный, мощный гумусовый слой до 120 см. Содержание гумуса (по Тюрину, ГОСТ 26213-91) – 3,3 %, солевая вытяжка – 7,0–7,1 ед. pH, $P_2O_5$ и $K_2O$ (по Мачигину, ГОСТ – 26205-91) – 24,4 и 360 мг/кг почвы.

Климат зоны характеризуется полузасушливым жарким летом и умеренно мягкой зимой. Сумма положительных температур за период активной вегетации в среднем более 3400 °С, гидротермический коэффициент – 0,8, среднегодовая температура воздуха – 9,7 °С. Среднегодовое количество осадков составляет 450–600 мм. В летний период может быть до 60 суховейных дней [12].

Обработку экспериментального материала проводили методами математической статистики по Б.А. Доспехову [13].

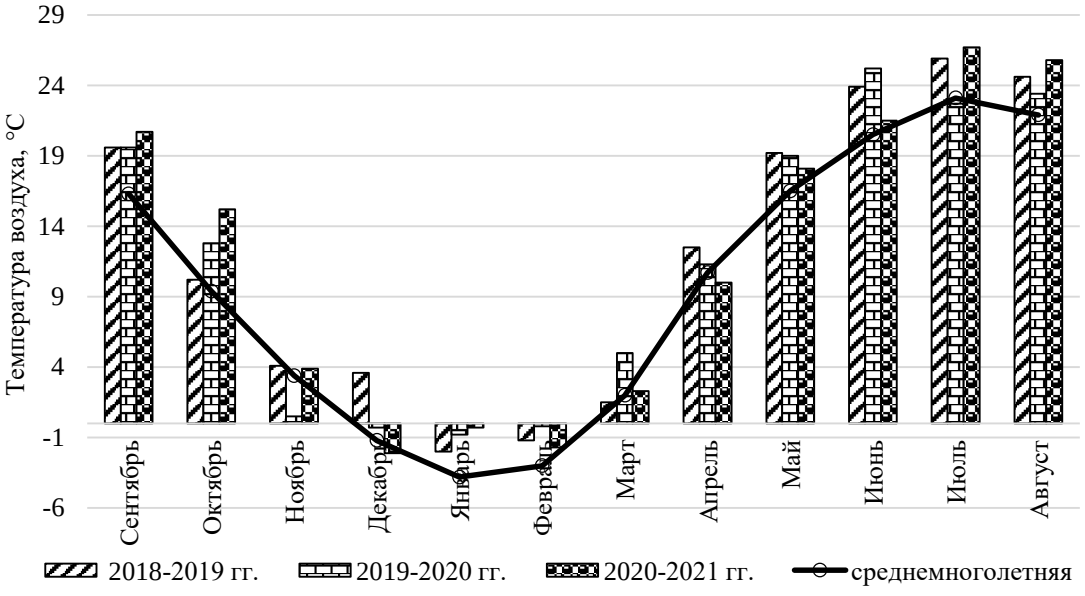
Метеоусловия в годы исследований были разнообразными (рисунок 1).

2018/2019 сельскохозяйственный год по количеству осадков и их распределению по сезонам, температурному режиму оказался типичным для южной зоны Ростовской области. Негативное воздействие атмосферной и почвенной засухи привело к образованию щуплого зерна.

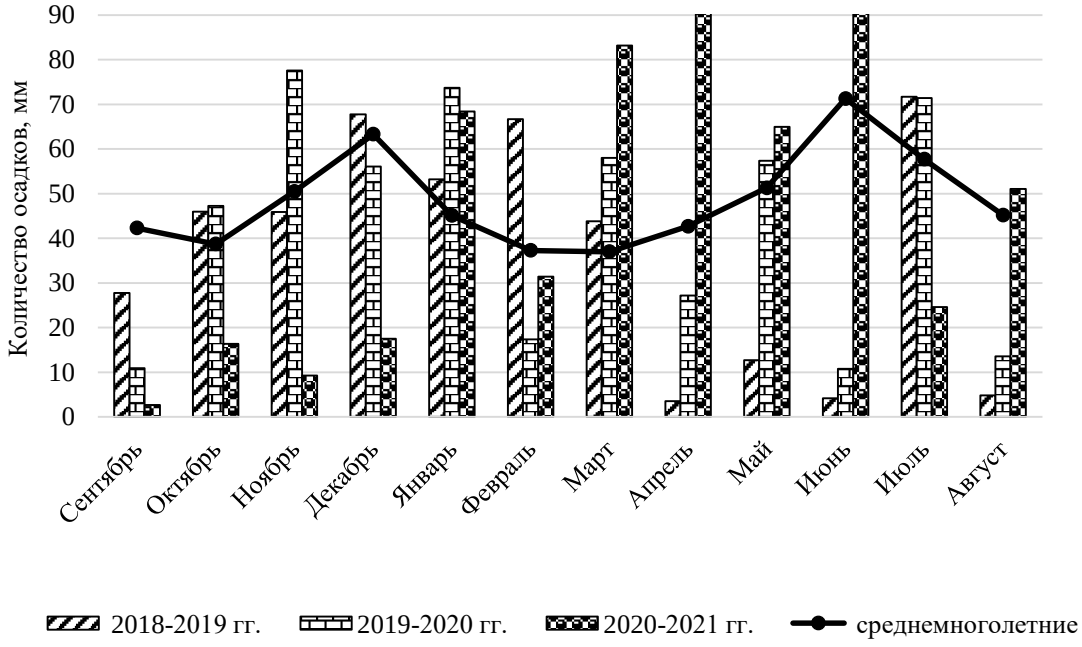
2019/2020 сельскохозяйственный год по количеству осадков (463,7 мм при норме 582,4 мм), их распределению по сезонам, температурному режиму (+1,6 °С к среднемноголетней) оказался неблагоприятным для роста и развития озимой пшеницы. Недостаток влаги в весенне-летний период, а также дожди в период

созревания и уборки озимой пшеницы привели к образованию щуплого, низконатурного, с низкой стекловидностью зерна.

2020/2021 сельскохозяйственный год характеризовался повышенным температурным режимом и неравномерным распределением осадков в течение года. Сложившиеся погодные условия позволили получить высокую урожайность. А также достаточно полно оценить селекционный материал по основным хозяйственно ценным признакам и свойствам.




**а**




**б**

**Рисунок 1 – Метеорологические условия (среднее за 2019–2021 гг.)**

***Примечание.*** *а – температура воздуха, б – количество осадков.*

**Результаты и их обсуждение**

Коллекция озимой твердой пшеницы представлена образцами из 14 стран мира. Основное количество генотипов было получено из России – 55,9 %, Мексики – 12,8 %, Украины – 10,0 % (рисунок 2).

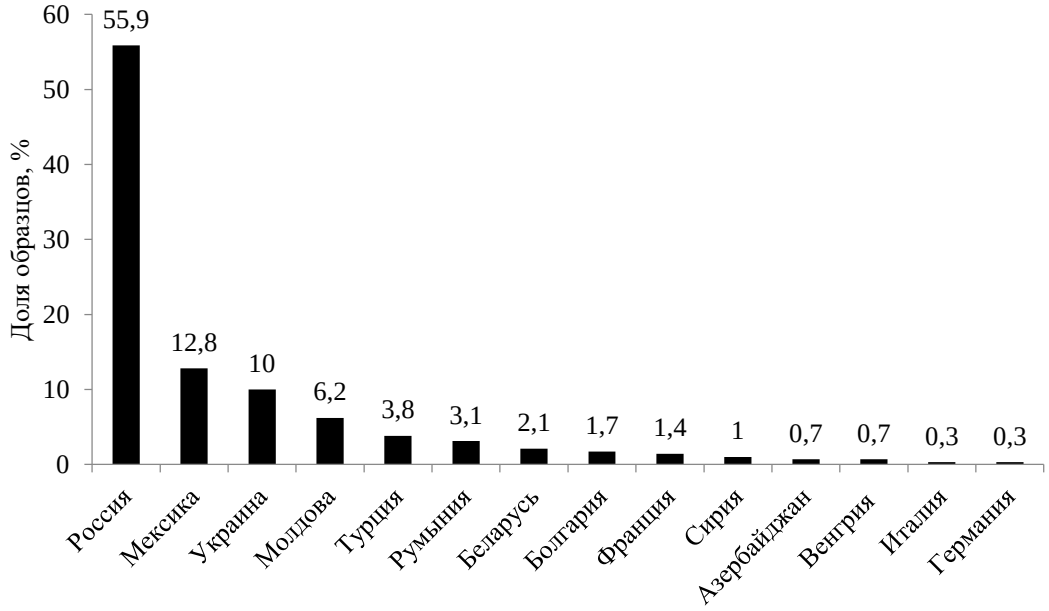



**Рисунок 2 – Происхождение коллекционных образцов озимой твердой пшеницы**

За годы исследований содержание белка в зерне варьировало от 14,03 % (645/11, Россия) до 16,42 % (К-55447, Молдова), у стандартного сорта Кристелла оно составляло 14,84 %. Все коллекционные образцы относились к I-классу зерна (ГОСТ 9353-2016) (рисунок 3).

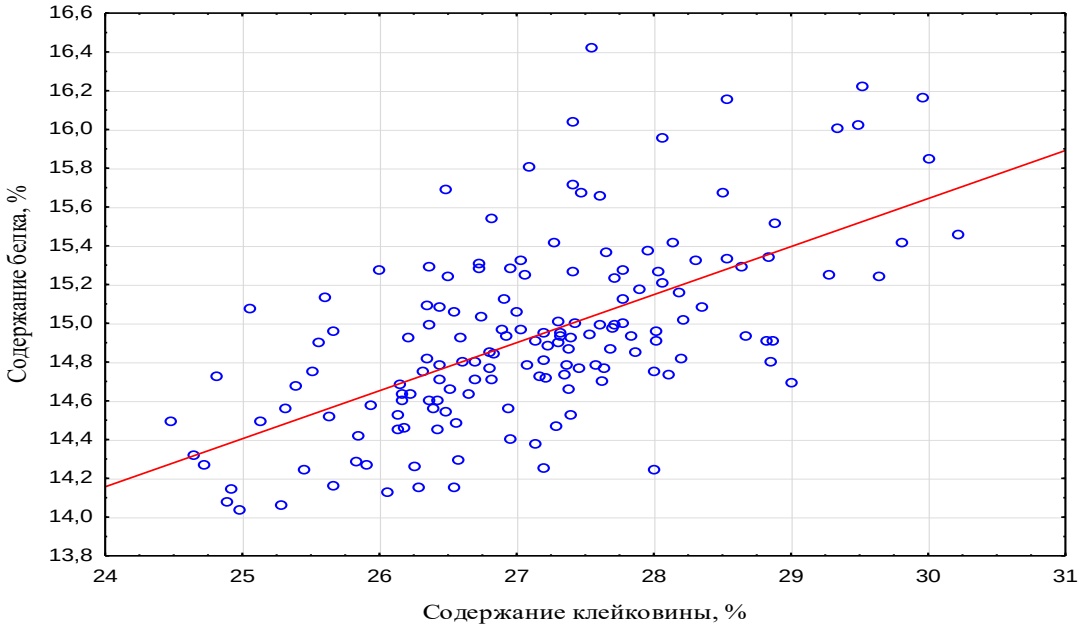



**Рисунок 3 – Взаимосвязь содержания белка и клейковины в зерне у коллекционных образцов озимой твердой пшеницы (среднее за 2019–2021 гг.)**

Высокое содержание белка в зерне отмечено у образцов: DF/RASCON-33 – 16,03 %, OSU-388 – 16,15 %, DF/DAB-18 – 16,22 % (Мексика); К-55447 – 16,42 %, К-61924 – 16,00 % (Молдова) и др. Эти генотипы представляют практический интерес для дальнейшей селекционной работы.

Ценность пшеницы как пищевого злака определяется не только химическим составом, но и в значительной степени способностью белков образовывать клейковину. Клейковина представляет гидратированный белковый гель с небольшими включениями веществ небелкового характера. Поэтому количество клейковины в тесте тесно связано с содержанием белка в зерне или муке [14, 15].

Так, в наших исследованиях содержание клейковины в зерне находилось в пределах 24,5–30,2 %, у стандартного сорта Кристелла – 26,8 %.

Согласно требованиям ГОСТ 9353-2016 по твердой пшенице, к I классу (28,0 и более %) относились 35 образцов, ко II классу (27,9–25,0 %) – 124 образца. Высокое содержание клейковины в зерне отмечено: OSU-391– 29,6 %, DF/DAB-18 – 30,0 %, DF//SRN-3/AJAIA 15 – 30,0 % (Мексика); К-51858 – 29,8 % (Молдова); BUL-T.D-5 – 30,2 % (Беларусь) и др.

Интерес для селекции представляют образцы DF/DAB-18; DF//SRN-3/AJAIA 15; DF//SRN-3/AJAIA (Мексика) и К-61924 (Молдова), сочетающие высокое содержание белка (16,00–16,42 %) и клейковины (29,3–30,2 %).

В последнее время для характеристики белкового комплекса применяют метод седиментации, в основе которого лежит способность клейковинных белков к набуханию в слабых растворах кислот и осаждению их. Показателем седиментации служит объем осадка, замеренный через определенный промежуток времени. Чем больше объем, тем выше качество муки [16].

По SDS-седиментации у образцов в коллекционном питомнике отмечено варьирование от 30 мл (Леукурум 459, Россия) до 50 мл (588/15, Россия), у стандартного сорта Кристелла этот показатель составил 46 мл (рисунок 4).

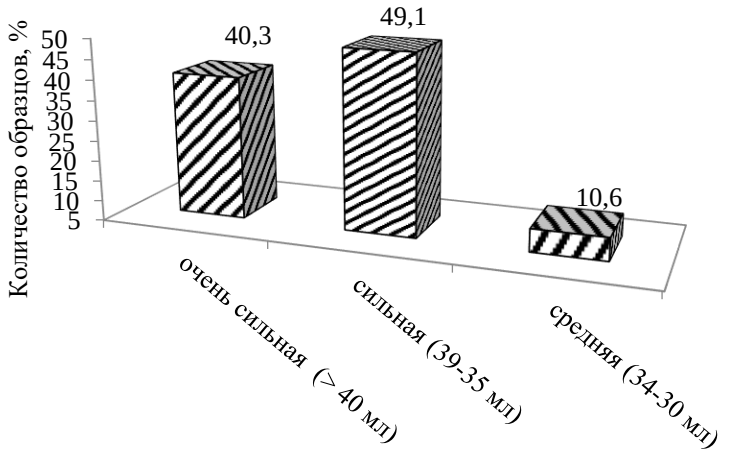



**Рисунок 4 – Распределение образцов озимой твердой пшеницы по SDS-седиментации в коллекционном питомнике (среднее за 2019–2021 гг.)**

К очень сильной пшенице относились (40 мл и более) 40,3 % образцов озимой твердой пшеницы, к сильной (39–35 мл) – 49,1 %, к средней (34–30 мл) – 10,6 %.

Высокие показатели SDS-седиментации (40 мл и более) отмечены у образцов 408/13, 543/15, 588/15 (Россия), SARI B. 2, ANKARA 98, SAHINBEY (Турция), OSU-391, NEODUR/HIMAN-9 (Мексика) и др.

Стекловидность является важным показателем для озимой твердой пшеницы. Чем выше стекловидность, тем больше белка и клейковины в зерне, лучше макаронно-крупяные свойства муки, что необходимо для изготовления высококачественных макарон [17,18].

Стекловидность у коллекционных образцов в опыте варьировала от 67 % (BUL-T.D-5, Беларусь) до 91 % (К-61869, Молдова), у стандартного сорта Кристелла – 77 %. Требованиям, предъявляемым к I-II классу качества, соответствовало 18,9 % образцов озимой твердой пшеницы, к III классу – 81,1 % (рисунок 5).

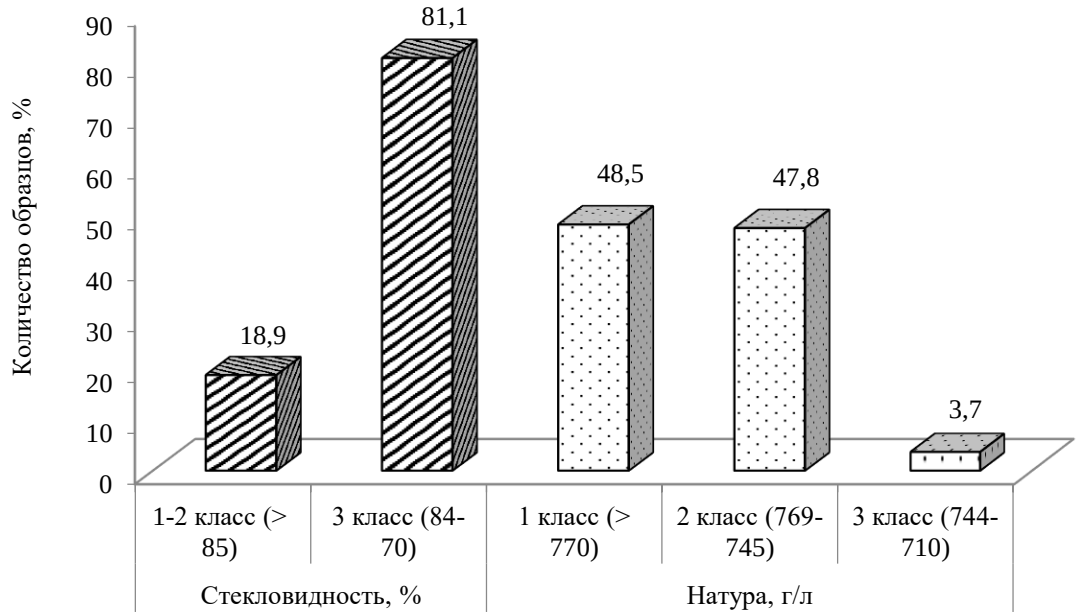



**Рисунок 5 – Показатели качества образцов озимой твердой пшеницы в коллекционном питомнике (среднее за 2019–2021 гг.)**

Были выделены коллекционные образцы со стекловидностью более 85 %: 348/17, Новинка 4, 663/17, 1015/16, Алена (Россия), Winter Gold (Германия), OSU- 391 (Мексика), К-61869 (Молдова) и др.

Натура зерна является одним из признаков, определяющих мукомольные достоинства пшеницы. Чем выше натура, тем больше выход муки и крупы [17–19].

В наших исследованиях натура зерна варьировала от 738 до 807 г/л. У стандартного сорта Кристелла она составила 750 г/л. Наибольшую ценность представляют образцы, которые относились к I классу – 77 шт. (48,5 %) и II классу качества зерна – 76 шт. (47,8 %). К III классу зерна принадлежали 3,7 % коллекционных образцов озимой твердой пшеницы.

Среди изученных образцов высокую натуру (более 770 г/л) формировали образцы: 1121/12, 1140/17, 666/09, 803/16 (Россия), SARI B.2 (Турция), URA/YAZI-48, OSU-391, OSU-392, DF/DAB-18 (Мексика), К-61869 (Молдова) и др.

По комплексу качественных показателей выделились шесть образцов из Мексики и Молдовы. Их характеристики представлены в таблице.

**Таблица – Характеристика образцов озимой твердой пшеницы, выделившихся по качественным показателям (среднее за 2019–2021 гг.)**

| Образец | Происхождение | Содержание в зерне, % | | SDS-седиментация, мл | Стекловидность, % | Натура, г/л |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | белка | клейковины | | | |
| Кристелла (St.) | Россия | 14,84 | 26,8 | 46 | 77 | 749,5 |
| DF/DAB-18 | Мексика | 16,22 | 30,0 | 44 | 86 | 802,3 |
| К-61869 | Молдова | 14,90 | 28,0 | 41 | 91 | 806,7 |
| DF//SRN-3/AJAIA 15 | Мексика | 15,85 | 30,0 | 42 | 88 | 774,0 |
| OSU-388 | Мексика | 15,65 | 28,6 | 40 | 87 | 775,0 |
| URA/YAZI-48 | Мексика | 15,12 | 28,8 | 42 | 85 | 779,0 |
| OSU-391 | Мексика | 15,24 | 29,6 | 46 | 89 | 793,0 |
| $НСР_{05}$ | - | 0,47 | 1,16 | 3,55 | 5,84 | 13,68 |

Представленные в таблице коллекционные образцы озимой твердой пшеницы соответствуют требованиям ГОСТ 9353-2016, что свидетельствует о их пригодности к выработке макаронных изделий группы А. Использование данных образцов в селекционных программах позволит создать новые сорта озимой твердой пшеницы с высоким качеством зерна.

В ходе корреляционного анализа была выявлена сильная положительная связь между содержанием белка и клейковины ($r = 0,61 \pm 0,06$), средняя положительная связь между натурой зерна и стекловидностью ($r = 0,40 \pm 0,07$), а также средняя отрицательная между натурой зерна и содержанием белка ($r = –0,31 \pm 0,08$).

**Выводы**

В наших исследованиях в условиях южной зоны Ростовской области была проведена оценка качества зерна исходного материала озимой твердой пшеницы. Были выделены источники высокого содержания белка: DF/RASCON-33 – 16,03 %, OSU-388 – 16,15 %, DF/DAB-18 – 16,22 % (Мексика); К-55447 – 16,42 %, К-61924 – 16,00 % (Молдова) и др.; клейковины: OSU-391 – 29,6 %, DF/DAB-18 – 30,0 % , DF//SRN-3/AJAIA 15 – 30,0 % (Мексика); К-51858 – 29,8 % (Молдова); BUL-T.D-5 – 30,2 % (Беларусь) и др.; SDS-седиментации (40 мл и более): 408/13, 543/15, 588/15 (Россия), SARI B.2, ANKARA 98, SAHINBEY (Турция), OSU-391, NEODUR/HIMAN-9 (Мексика) и др.; стекловидности более 85 %: 348/17, Новинка 4, 663/17, 1015/16, Алена (Россия), Winter Gold (Германия), OSU-391 (Мексика), К-61869 (Молдова) и др.; натуры зерна (более 770 г/л): 1121/12, 1140/17, 666/09, 803/16 (Россия), SARI B.2 (Турция), URA/YAZI-48, OSU-391, OSU-392, DF/DAB-18 (Мексика), К-61869 (Молдова) и др.

По комплексу качественных показателей выделилось 6 образцов: DF/DAB-18, DF//SRN-3/AJAIA 15, OSU-388, URA/YAZI-48, OSU-391 (Мексика), К-61869 (Молдова).

Выделенные источники ценных признаков могут внести свой вклад в реализацию селекционных программ по созданию высококачественных сортов твердой пшеницы в различных регионах России.

**Литература**

1. Lozhkin A. G., Malchikov P. N., Makushev A. E., Vasiliev O. A., Shashkarov L. G., Pushkarenko N. N. Evaluation of spring durum wheat varieties by yield, structure and grain quality // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International AgroScience Conference (AgroScience 2019). 2020. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43241933 (дата обращения 01.08.2022). DOI: 10.1088/1755-1315/433/1/012045.

2. Пономарев С. Н., Гильмуллина Л. Ф., Маннапова Г. С., Маннапова Г. С., Гизятуллин Р. Н., Идиатова Р. Х. Качественные показатели зерна яровой твердой пшеницы и полбы в условиях Татарстана // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 95-летию

со дня основания ТатНИИСХ “Повышение эффективности АПК в современных условиях”. Казань: Центр инновационных технологий, 2015. С. 233–240.

3. Иванисов М. М., Марченко Д. М., Некрасов Е. И., Рыбась И. А., Романюкина И. В., Чухненко Ю. Ю., Кравченко Н. С. Сравнительная оценка сортов озимой мягкой пшеницы в межстанционном испытании по показателям качества // Зерновое хозяйство России. 2020. № 4 (70). С. 14–18. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-14-18.

4. Varzakas T., Kozub N., Xynias I.N. Quality determination of wheat: genetic determination, biochemical markers, seed storage proteins - bread and durum wheat germplasm // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2014. Vol. 94. No. 14. P. 2819–2829. DOI:10.1002/jsfa.6601.

5. Скрипка О. В., Самофалов А. П., Подгорный С. В., Некрасова О. А., Громова С. Н., Игнатьева Н. Г. Использование показателей относительного и абсолютного содержания белка в зерне озимой пшеницы при селекции на качество // Зерновое хозяйство России. 2018. № 1 (55). С. 9–12.

6. Di Paola A., Bombelli A., Ventura F., Vignudelli M., Severini M. A generalized phenological model for durum wheat: application to the Italian peninsula // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2020. Vol. 100. No. 11. P. 4093–4100. DOI: 10.1002/jsfa.9864.

7. Rubets V., Voronchikhina I., Pylnev V., Kotenko Yu., Blinkov A. Grain quality and associated characteristics and properties of spring wheat of Canadian breeding // E3S Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference “Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations” (FARBA 2021). 2021. Vol. 254. Art. No. 01043. DOI: 10.1051/e3sconf/202125401043.

8. Кравченко Н. С., Самофалова Н. Е., Олдырева И. М., Макарова Т. С. Характеристика сортов озимой твердой пшеницы по качеству зерна и макаронным свойствам // Зерновое хозяйство России. 2020. № 3 (69). С. 26–31. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-69-3-26-31.

9. Самофалов А.П., Подгорный С.В. Исходный материал в селекции озимой пшеницы на продуктивность // Аграрный вестник Урала. 2014. № 5 (123). С. 13–16.

10. Бондаренко С. Г., Горбаченко Ф. И., Горячев В. П. [и др.]. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы. Ч. II. Ростов-на-Дону: Министерство сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области, 2013. 272 с.

11. Самофалова Н. Е., Копусь М. М., Скрипка О. В., Марченко Д. М., Самофалов А. П., Иличкина Н. П., Гричаникова Т. А. SDS-седиментация в поэтапной оценке селекционного материала озимой пшеницы по качеству зерна (научно-практические рекомендации). Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2014. 32 с.

12. Иличкина Н. П., Самофалова Н. Е., Безуглая Т. С., Дубинина О. А. Хозяйственно-биологические признаки новых сортов озимой твердой пшеницы Яхонт и Янтарина // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 4(28). С. 92–100. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-92-100.

13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.

14. Kozulina N.S., Fomina L.V., Shmeleva Zh.N. The extreme factors influence on the grain quality technological indicators of spring wheat of Siberian selection // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. 2020. Vol. 548. Art. No. 022060. DOI: 10.1088/1755-1315/548/2/022060.

15. Мейлиев А. Х. Т., Тошметова Ф. Н. Отбор сортов твёрдой пшеницы преобладающие хозяйственно-ценными признаками // Life Sciences and Agriculture. 2020. № 2–3 (7). С. 38–41. DOI: 10.24411/2181-0761/2020-10089.

16. Некрасова О. А., Кравченко Н. С., Игнатьева Н. Г., Копусь М. М., Марченко Д. М. Седиментационная оценка и показатели качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5 (77). С. 35–40. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-35-40.

17. Антал Т. В. Химические и физические показатели качества зерна пшеницы твердой яровой // Науковий огляд. 2014. Т. 3. № 2-1. С. 124–129.

18. Ганизода В. А., Эшонова З. Ш., Якубова М. М. Показатели биохимического качества зерна пшеницы в зависимости от условий выращивания // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение биологических и медицинских наук. 2019. № 3 (206). С. 39–45.

19. Amelin A. V., Chekalin E. I., Zaikin V. V., Mazalov V. I., Ikusov R. A. Biochemical grain quality indicators and photosynthetic rate of leaves in modern varieties of winter wheat // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. V International Workshop on Innovations in Agro and Food Technologies (WIAFT-V-2021). 2021. Vol. 848. Art. No. 012096. DOI: 10.1088/1755-1315/848/1/012096.

## References


1. Lozhkin A. G., Malchikov P.N., Makushev A. E., Vasiliev O. A., Shashkarov L. G., Pushkarenko N. N. Evaluation of spring durum wheat varieties by yield, structure and grain quality // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International AgroScience Conference (AgroScience – 2019). 2020. [Electronic resource]. Access point: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43241933 (reference's date 01.08.2022). DOI: 10.1088/1755-1315/433/1/012045.
2. Ponomarev S. N., Gilmullina L. F., Mannapova G. S., Mannapova G. S., Gizyatullin R. N., Idiatova R. Kh. Quality indicators grain of spring durum wheat and spelled in the conditions Tatarstan // In the collection: Improving the efficiency of agro-industrial complex (AIC) in modern conditions. Materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 95th anniversary of the founding of the Tatar Research Institute of Agriculture. Kazan: Tsentr innovatsionnykh tekhnologiy, 2015. P. 233–240.
3. Ivanisov M. M., Marchenko D. M., Nekrasov E. I., Rybas I. A., Romanyukina I. V., Chukhnenko Yu. Yu., Kravchenko N.S. Comparative estimation of winter bread wheat varieties in an inter-station trial due to their quality indicators // Grain Economy of Russia. 2020. No. 4 (70). P. 14–18. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-14-18.
4. Varzakas T., Kozub N., Xynias I. N. Quality determination of wheat: genetic determination, biochemical markers, seed storage proteins – bread and durum wheat germplasm // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2014. Vol. 94. No. 14. P. 2819–2829. DOI:10.1002/jsfa.6601.
5. Skripka O. V., Samofalov A. P., Podgorny S. V., Nekrasova O. A., Gromova S. N., Ignatieva N. G. The use of the indexes of relative and absolute content of protein in winter wheat grain selected on quality // Grain Economy of Russia. 2018. No. 1 (55). P. 9–12.
6. Di Paola A., Bombelli A., Ventura F., Vignudelli M., Severini M. A generalized phenological model for durum wheat: application to the Italian peninsula // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2020. Vol. 100. No. 11. P. 4093–4100. DOI: 10.1002/jsfa.9864.
7. Rubets V., Voronchikhina I., Pylnev V., Kotenko Yu., Blinkov A. Grain quality and associated characteristics and properties of spring wheat of Canadian breeding // E3S Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference "Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations" (FARBA 2021). 2021. Vol. 254. Art. No. 01043. DOI: 10.1051/e3sconf/202125401043.
8. Kravchenko N. S., Samofalova N. E., Oldyreva I. M., Makarova T. S. The characteristics of the winter durum wheat varieties according to grain quality and pasta properties // Grain Economy of Russia. 2020. No. 3 (69). P. 26–31. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-69-3-26-31.
9. Samofalov A.P., Podgorny S.V. The initial material in a winter wheat selection on productivity // Agrarian Bulletin of the Urals. 2014. No. 5 (123). P. 13–16.
10. Bondarenko S. G., Gorbachenko F. I., Goryachev V. P. [et al.]. Zoned farming systems of the Rostov region for 2013–2020. Ch. II. Rostov-on-Don: Ministry of Agriculture and Food of Rostov Region, 2013. P. 272.
11. Samofalova N. E., Kopus M. M., Skripka O. V., Marchenko D. M., Samofalov A. P., Ilichkina N. P., Grichanikova T. A. SDS-sedimentation in the stage-by-stage estimation of winter wheat breeding material according to grain quality (scientific and practical recommendations). Rostov-on-Don: "Kniga ZAO" (Close Joint-stock Company), 2014. 32 p.
12. Ilichkina N. P., Samofalova N. E., Bezuglaya T.S., Dubinina O.A. Economic and biological traits of the new winter durum wheat varieties 'Yakhont' and 'Yantarina' // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 4 (28). P. 92–100. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-92-100.
13. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Kniga po trebovaniyu, 2012. 352 p.
14. Kozulina N. S., Fomina L. V., Shmeleva Zh. N. The extreme factors influence on the grain quality technological indicators of spring wheat of Siberian selection // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. 2020. Vol. 548. Art. No. 022060. DOI: 10.1088/1755-1315/548/2/022060.
15. Meiliev A. Kh. T., Toshmetova F. N. Selection of durum wheat varieties with predominant economically valuable traits // Life Sciences and Agriculture. 2020. No. 2–3 (7). P. 38–41. DOI: 10.24411/2181-0761/2020-10089.
16. Nekrasova O. A., Kravchenko N. S., Ignatieva N. G., Kopus M. M., Marchenko D. M. Estimation of sedimentation and grain quality indicators of the winter bread wheat varieties// Grain Economy of Russia. 2021. No. 5 (77). P. 35–40. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-35-40
17. Antal T. V. Chemical and physical indicators of quality of grain of spring durum wheat // Scientific Review. 2014. Vol. 3. No. 2–1. P. 124–129.

18. Ganizoda V. A., Eshonova Z. Sh., Yakubova M. M. Indicators of biochemical quality of wheat grain depending on the conditions of their cultivation // News of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Department of Biological and Medical Sciences. 2019. No. 3 (206). P. 39–45.

19. Amelin A. V., Chekalin E. I., Zaikin V. V., Mazalov V. I., Ikusov R. A. Biochemical grain quality indicators and photosynthetic rate of leaves in modern varieties of winter wheat // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. V International Workshop on Innovations in Agro and Food Technologies (WIAFT-V-2021). 2021. Vol. 848. Art. No. 012096. DOI: 10.1088/1755-1315/848/1/012096.

UDC 633.112:631.52

Ivanisova A. S., Marchenko D. M., Ilichkina N. P., Samofalova N. E., Oldyreva I. M.

**SOURCES OF HIGH QUALITY OF WINTER DURUM WHEAT GRAIN**

***Summary.*** *The current paper has presented the study results of 159 collection samples of winter durum wheat from 14 countries including Russia, Mexico, Turkey, Moldova, Romania, France, Ukraine, Belarus, Azerbaijan, Hungary, Italy, Germany, Syria and Bulgaria. The sowing was carried out on the experimental plots of the department of winter wheat breeding and seed production of the SSE "Agricultural research center «Donskoy»" in 2019-2021. The accounting area of the plots was 5 m², the seeding rate was 450 germinated seeds per m², the trial was repeated three times. Winter durum wheat variety 'Kristella' was used as a standard. Weather and climatic conditions during the years of study were dry during different periods of plant growth and development, which made it possible to comprehensively evaluate the collection samples of winter durum wheat. The purpose of the study was to investigate the initial material of winter durum wheat according to the quality indicators (protein percentage, gluten content, SDS-sedimentation, kernel hardness, grain nature weight) and to identify their sources. During the period covered by the present research, protein percentage in grain varied from 14.03 % (sample '645/11', Russia) to 16.42 % (sample 'K-55447', Moldova). Gluten content ranged from 24.5 to 30.2 %. SDS-sedimentation varied from 30 ml (sample 'Leukurum 459', Russia) to 50 ml (sample '588/15', Russia). Kernel hardness ranged from 67 % (sample 'BUL-T.D-5', Belarus) to 91 % (sample 'K-61869', Moldova). Grain nature weight was in the range from 738 to 807 g/l. According to a set of quality indicators, six samples were distinguished: DF/DAB-18, DF//SRN-3/AJAIA 15, OSU-388, URA/YAZI-48, OSU-391 (Mexico), K-61869 (Moldova). They exceeded the standard according to protein content by 0.60–1.38 %; gluten – by 1.20–3.20 %; kernel hardness – by 8.0–14.0 %; grain nature weight – by 24.5–57.2 g/l.*

***Keywords:*** *winter durum wheat (Triticum durum Desf.), collection, sample, sources of quality, breeding work.*

Иванисова Анна Сергеевна, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой твердой пшеницы, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: kameneva.anka2016@yandex.ru.

Марченко Дмитрий Михайлович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства озимой пшеницы, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: wiza101@mail.ru.

Иличкина Нина Павловна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой твердой пшеницы, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Самофалова Нина Егоровна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой твердой пшеницы, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Олдырева Ирина Михайловна, техник-исследователь лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: oldyreva95@mail.ru.

Ivanisova Anna Sergeevna, post graduate, junior researcher of the Laboratory of winter durum wheat breeding and seed production, SSE “Agricultural research center «Donskoy»”; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: kameneva.anka2016@yandex.ru.

Marchenko Dmitry Mikhailovich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the Department of winter wheat breeding and seed production, SSE “Agricultural research center «Donskoy»”; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: wiza101@mail.ru.

Ilichkina Nina Pavlovna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the Laboratory of winter durum wheat breeding and seed production, SSE “Agricultural research center «Donskoy»”; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Samofalova Nina Egorovna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the Laboratory of winter durum wheat breeding and seed production, SSE “Agricultural research center «Donskoy»”; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Oldyreva Irina Mikhailovna, technician-researcher of the Laboratory of biochemical estimation of breeding material and grain quality, SSE “Agricultural research center «Donskoy»”; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: oldyreva95@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 25.03.2022.*
*Дата принятия к печати – 27.07.2022.*

УДК 504.05:626.01
EDN CNDVID

Иванютин Н. М., Волкова Н. Е., Зубоченко А. А.

# ВЛИЯНИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ СИМФЕРОПОЛЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТОКА РЕКИ САЛГИР

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

***Реферат.*** *Городская среда считается одним из основных источников загрязнения водотоков, вызывающих не только ухудшение экологического состояния речных экосистем, но ирригационного качества стока. Для снижения ее негативного воздействия необходимо выделить причины происходящих изменений. Это позволит создать основу для проведения комплексной оценки и разработки обоснованного перечня мероприятий, направленных на достижение рационального природопользования и комфортной среды проживания населения. Цель исследования – провести анализ изменения свойств (электропроводность, pH, $БПК_5$, ХПК) и химического состава стока рек Салгир и Малый Салгир на территории г. Симферополь, выделить основные критерии, которые целесообразно учитывать при оценке уровня экологической безопасности водных объектов в городской зоне. Исследования проводились на основе данных за 2017–2020 и 2022 годы. В ходе выполнения работ экологическая оценка речного стока осуществлялась на основе расчета удельного комбинаторного индекса загрязнения воды, ирригационное качество – методом определения коэффициента Стеблера. Установлено, что городская среда оказала существенное влияние на состав и свойства водных ресурсов. Так, градация качества речного стока, определенного на основе расчета удельного комбинаторного индекса загрязнения воды, по длине водотоков ухудшалась минимум на один класс. Также на основе анализа содержания загрязняющих веществ в воде и водохозяйственной обстановки в г. Симферополь были выделены основные критерии, которые целесообразно учесть при усовершенствовании методологических основ управления экологической безопасностью водных объектов на урбанизированной территории. К ним относятся: соблюдение экологического стока/попуска; уровень канализованности города; износ сетей водоотведения; обеспеченность территории системами сбора, транспортировки и очистки ливневых вод.*

***Ключевые слова:*** *городская среда, речной сток, качество воды, удельный комбинаторный индекс загрязнения, коэффициент Стеблера, водохозяйственная обстановка, критерии оценки.*

***Для цитирования:*** *Иванютин Н. М., Волкова Н. Е., Зубоченко А. А. Влияние городской среды Симферополя на качественные показатели стока реки Салгир // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 82–92. EDN: CNDVID.*

**For citation:** *Ivanyutin N. M., Volkova N. E., Zubochenko A. A. Influence of the Simferopol urban environment on the qualitative parameters of the Salgir river flow // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 82–92. EDN: CNDVID.*

## Введение

Одним из основных источников загрязнения водотоков являются города. Это обосновано сочетанием таких факторов, как скопление промышленных объектов, высокая плотность застройки, разветвленная транспортная и коммунальная инфраструктуры и т. п. Результаты изучения влияния урбанизированных территорий на состояние водных объектов, нашли отражение в работах ряда авторов [1–10]. Исследователи отмечают, что чаще всего на территории городов фиксируется

повышение содержания в речном стоке нитратов, нитритов, тяжелых металлов, полициклических ароматических углеводородов, вредоносных микроорганизмов и т. п. При этом ухудшается не только экологическое состояние водных экосистем, но и ирригационное качество водных ресурсов. К примеру, в [3] авторы сделали выводы о том, что сток реки Нил после прохождения через территории городов Кена и Сохаг, нецелесообразно использовать для орошения, так как это может привести к бактериологическому загрязнению как почвы, так и выращенной продукции. В ходе проведения обследований основных водотоков г. Кумаси, второго по величине города Ганы (Африка), Darko G. с коллегами признали данные реки не пригодными для рекреационных целей [1].

Учет влияния городской среды на качество водных ресурсов при проведении комплексной оценки устойчивости и экологического состояния водотоков нашел отражение в работах Тимченко З. В., Яцыка А. В., Дунаевой Е. А., Власовой А.Н. и др. [11–14]. При этом в расчет принималась площадь урбанизированной территории, а не сосредоточенные на ней источники загрязнения водных объектов, воздействие которых необходимо регулировать.

Городской округ Симферополь – муниципальное образование в составе Республики Крым. В его состав входит 6 населенных пунктов: г. Симферополь (столица Крымского региона), пгт. Аграрное, пгт. Аэрофлотский, пгт. Грэсовский, пгт. Комсомольское и п. Битумное. Через территорию данного городского округа протекает р. Салгир и 2 ее притока первого порядка: реки Малый Салгир и Славянка. Мониторинговой сетью наблюдений за качественными показателями речного стока охвачены только 2 из них (реки Салгир и Малый Салгир).

В качестве объекта исследования были выбраны река Салгир и ее приток Малый Салгир на территории г. Симферополь (рисунок 1).

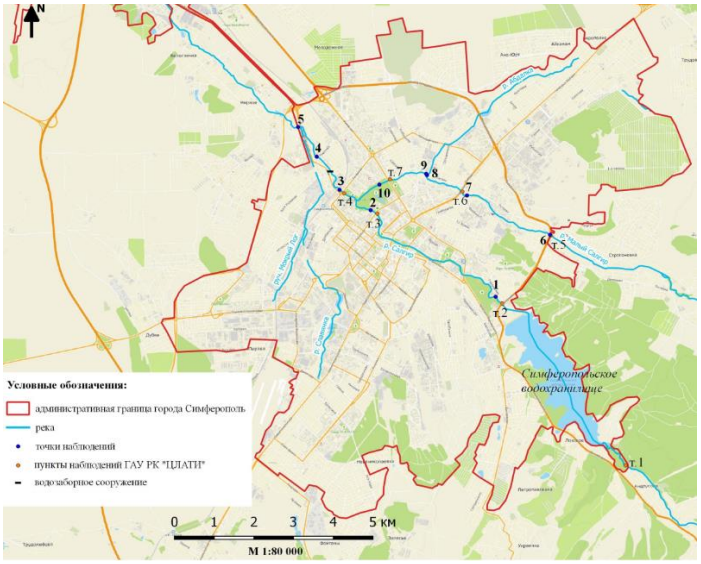



**Рисунок 1 – Схема расположения объектов исследования и точек наблюдения**

Протяженность этих водотоков в границах данного населенного пункта составляет 19,8 и 7,7 км соответственно. Выбор данных объектов обоснован сочетанием двух основных факторов:

– оба водотока протекают через территорию одного из самых крупных населенных пунктов Республики Крым – ее столицу, площадь которой составляет более 100 км$^2$;

– река Салгир является одним из основных местных источников водных ресурсов на территории Республики Крым. Ее сток интенсивно используется для

целей коммунально-бытового водоснабжения г. Симферополь и орошения сельскохозяйственных земель, расположенных за границами данного населенного пункта.

**Цель исследований** – провести анализ изменения свойств и состава речного стока рек Салгир и Малый Салгир на территории г. Симферополь, выделить основные критерии, которые целесообразно учитывать при оценке уровня экологической безопасности водных объектов в городской зоне.

## Материалы и методы исследований

Исследования проводились на основе статистических и полевых данных за 2017–2020, а также 2022 гг.

Исследования включали в себя:

– комплексную экологическую оценку состава водных ресурсов рек Салгир и Малый Салгир на территории г. Симферополь, выполненную на основе данных мониторинговых наблюдений ГАУ РК «Центр лабораторного анализа и технических измерений» (ГАУ РК «ЦЛАТИ») за 2017–2020 гг.;

– анализ изменения ирригационного качества стока по длине данных водотоков, проведенный по результатам работ, выполненных в 2020 г., и химических анализов, полученных в ходе обследований 2022 г.;

– определение перечня основных источников загрязнения рек Салгир и Малый Салгир в черте г. Симферополь.

Комплексная экологическая оценка речного стока осуществлялась в соответствии с РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» на основе расчета удельного комбинаторного индекса загрязнения воды (УКИЗВ) [15], ирригационное качество – методом определения коэффициента Стеблера, описание которого приведено в [16].

Расчет УКИЗВ проводили по 18 показателям (растворенный кислород, $БПК_5$, ХПК, содержание нефтепродуктов, фенолов, $NH_4^+$, $NO_2^-$, $NO_3^-$, $PO_4^{3-}$, $SO_4^{2-}$, $Cl^-$, Fe, Cd, Mn, Cu, Ni, Pb и Zn).

Наблюдение за качественными характеристиками речного стока в 2022 г. осуществляли по 10 точкам (таблица 1). При выборе мест их расположения учитывали размещение государственной мониторинговой сети ГАУ РК «ЦЛАТИ».

**Таблица 1 – Месторасположение точек наблюдения**

| Номер точки наблюдения | Координаты | | Описание месторасположения |
|---|---|---|---|
| | широта | долгота | |
| река Салгир | | | |
| 1 | 44°56'26.5939"с.ш. | 34°8'9.5366"в.д. | ул. Гурзуфская, ледовый комплекс «Наследие» |
| 2 | 44°57'38.8819"с.ш. | 34°5'47.3006"в.д. | ул. Толстого, мост через р. Салгир |
| 3 | 44°57'55.8667"с.ш. | 34°5'11.8262"в.д. | ул. Гагарина, мост через р. Салгир |
| 4 | 44°58'23.2231"с.ш. | 34°4'46.1798"в.д. | ул. Ракетная, мост через р. Салгир |
| 5 | 44°58'47.5800"с.ш. | 34°4'26.7000"в.д. | ул. Евпаторийская, мост через р. Салгир |
| река Малый Салгир | | | |
| 6 | 44°57'16.6879"с.ш. | 34°9'13.1342"в.д. | ул. Объездная, мост через р. Малый Салгир |
| 7 | 44°57'49.8799"с.ш. | 34°7'38.3102"в.д. | ул. Проспект Победы, мост через р. Малый Салгир |
| 8 | 44°58'6.9583"с.ш. | 34°6'52.5506"в.д. | ул. Титова, 35Г, перед слиянием с р. Абдалка |
| 9 | 44°58'8.0851"с.ш. | 34°6'51.6470"в.д. | ул. Титова 77/4, после слияния с р. Абдалка |
| 10 | 44°57'59.6935"с.ш. | 34°5'57.6938"в.д. | Гагаринский парк, возле стационарного гидропоста |

**Результаты и их обсуждение**

Результаты комплексной оценки изменения качественного состава стока рек Салгир и Малый Салгир на территории г. Симферополь, итоговые классы качества, полученные в результате расчета УКИЗВ, и перечень загрязняющих веществ, по которым было зафиксировано превышение предельных допустимых концентраций, представлены в таблице 2.

Комплексная оценка показала увеличение уровня загрязнения вод по длине водотоков. На территории города градация качества водных ресурсов изменялась минимум на один класс.

**Таблица 2 – Результаты комплексной оценки качества стока рек Салгир и Малый Салгир на территории г. Симферополь**

| Место расположения пунктов наблюдения | Класс качества воды / перечень веществ, по которым фиксировалось превышение предельно допустимых концентраций | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2017 г. | 2018 г. | 2019 г. | 2020 г. |
| река Салгир | | | | |
| Автодорожный мост к карьеру «Лозовое» (т. 1) | 1 – условно чистая / (Fe, Mn, Pb) | 2 – слабо загрязненная / (нефтепродукты, Cu, Ni, Pb) | 3а – загрязненная / ($БПК_5$, $SO_4^{2-}$, Fe, Cu, Ni, Pb, Zn) | 3а – загрязненная / ($NH_4^+$, $NO_2^-$, $PO_4^{3-}$, $SO_4^{2-}$, Cd, Mn, Pb, Zn) |
| Водовыпуск с Симферопольского водохранилища (т. 2) | 1 – условно чистая ($NO_3^-$, Zn) | 2 – слабо загрязненная / ($БПК_5$, нефтепродукты, Cd, Cu, Ni, Pb) | 3а – загрязненная / ($БПК_5$, Fe, Mn, Cu, Ni) | 2 – слабо загрязненная / (Cd, Mn, Zn) |
| Автодорожный мост ул. Толстого (т. 3) | 4а – грязная / (растворенный кислород, $БПК_5$, нефтепродукты, $NH_4^+$, $NO_2^-$, $NO_3^-$, $PO_4^{3-}$, Fe, Mn, Ni) | 4а – грязная / ($БПК_5$, нефтепродукты, $NH_4^+$, $NO_2^-$, $PO_4^{3-}$, Mn, Ni, Pb) | 4а – грязная / ($БПК_5$, $NH_4^+$, $NO_2^-$, $PO_4^{3-}$, $SO_4^{2-}$, Fe, Mn, Cu, Pb, Zn) | 4б – грязная / ($БПК_5$, нефтепродукты, $NH_4^+$, $NO_2^-$, $NO_3^-$, $PO_4^{3-}$, Cd, Mn, Cu, Pb, Zn) |
| Железнодорожный мост ул. Гагарина (т. 4) | 4а – грязная / ($БПК_5$, нефтепродукты, $NH_4^+$, $NO_2^-$, $NO_3^-$, $PO_4^{3-}$, Fe, Cd, Mn, Cu, Zn) | 4а – грязная / ($БПК_5$, нефтепродукты, $NH_4^+$, $NO_2^-$, $NO_3^-$, $PO_4^{3-}$, $SO_4^{2-}$, Mn, Cu, Ni, Pb, Zn) | 4а – грязная / ($NO_2^-$, $NO_3^-$, $PO_4^{3-}$, $SO_4^{2-}$, Fe, Mn, Cu, Ni, Pb, Zn) | 4б – грязная / ($БПК_5$, $NH_4^+$, $NO_2^-$, $NO_3^-$, $PO_4^{3-}$, $SO_4^{2-}$, Cd, Mn, Cu, Pb, Zn) |
| река Малый Салгир | | | | |
| Автодорожный мост ул. Объездная (т. 5) | 3а – загрязненная / ($БПК_5$, нефтепродукты, $NO_2^-$, $PO_4^{3-}$, $SO_4^2$, Fe, Mn, Zn) | 2 – слабо загрязненная / ($БПК_5$, $PO_4^{3-}$, $SO_4^{2-}$, Ni, Pb) | 3б – очень загрязненная / ($БПК_5$, $SO_4^{2-}$, Cd, Mn, Cu, Pb, Zn) | 3б – очень загрязненная / ($NH_4^+$, $NO_2^-$, $PO_4^{3-}$, $SO_4^{2-}$, Fe, Cd, Mn, Pb, Zn) |
| Автодорожный мост ул. Проспект Победы (т. 6) | 2 – слабо загрязненная / ($БПК_5$, нефтепродукты, $PO_4^{3-}$, $SO_4^{2-}$, Fe, Ni) | 3а – загрязненная / (нефтепродукты, $NO_2^-$, $NO_3^-$, $PO_4^{3-}$, $SO_4^{2-}$, Ni, Pb) | 4а – грязная / ($БПК_5$, $NO_2^-$, $NO_3^-$, $PO_4^{3-}$, $SO_4^{2-}$, Fe, Cd, Mn, Cu, Ni, Pb, Zn) | 4а – грязная / ($БПК_5$, $NH_4^+$, $NO_2^-$, $NO_3^-$, $PO_4^{3-}$, $SO_4^{2-}$, Fe, Cd, Mn, Pb, Zn) |
| Гидропост в парке им. Ю. Гагарина (т. 7) | 3а – загрязненная / ($БПК_5$, $SO_4^{2-}$, Fe, Ni, Zn) | 3а – загрязненная / ($БПК_5$, нефтепродукты, $NO_2^-$, $NO_3^-$, $PO_4^3$, $SO_4^{2-}$, Cu, Pb, Zn) | 4а – грязная / ($БПК_5$, нефтепродукты, $NO_2^-$, $NO_3^-$, $PO_4^{3-}$ $SO_4^{2-}$, Cd, Mn, Cu, Zn) | 4а – грязная / (растворенный кислород, $БПК_5$, ХПК, нефтепродукты, $NO_2^-$, $NO_3^-$, $PO_4^{3-}$, $SO_4^{2-}$, Fe, Cd, Mn, Cu, Pb, Zn) |

Кроме того, за период с 2017 по 2020 гг. по участку р. Салгир от верховья Симферопольского водохранилища до впадения Малого Салгира в основном прослеживалось ежегодное ухудшение качества речного стока. Так, по пункту наблюдения ГАУ РК «ЦЛАТИ» т. 1, расположенному на входе р. Салгир на территорию города, показатель УКИЗВ увеличился более чем в три раза (с 0,68 ед. в 2017 г. при объеме стока 51,5 млн м$^3$ до 2,54 ед. в 2020 г. при объеме стока 11,5 млн м$^3$).

Следует отметить, что последствия антропогенной деятельности влияют не только на безопасность воды для человека, водной флоры и фауны, но и на ее пригодность для целей орошения (рисунок 2). Несмотря на то, что ирригационное качество речного стока Салгира на территории г. Симферополь ухудшалось по длине водотока, в месте водозабора в Салгирскую оросительную систему, расположенного между точками наблюдения 3 и 4, по солевому составу вода была классифицирована как хорошая. Ее использование для полива не должно привести к развитию таких неблагоприятных почвенных процессов, как засоление и осолонцевание.

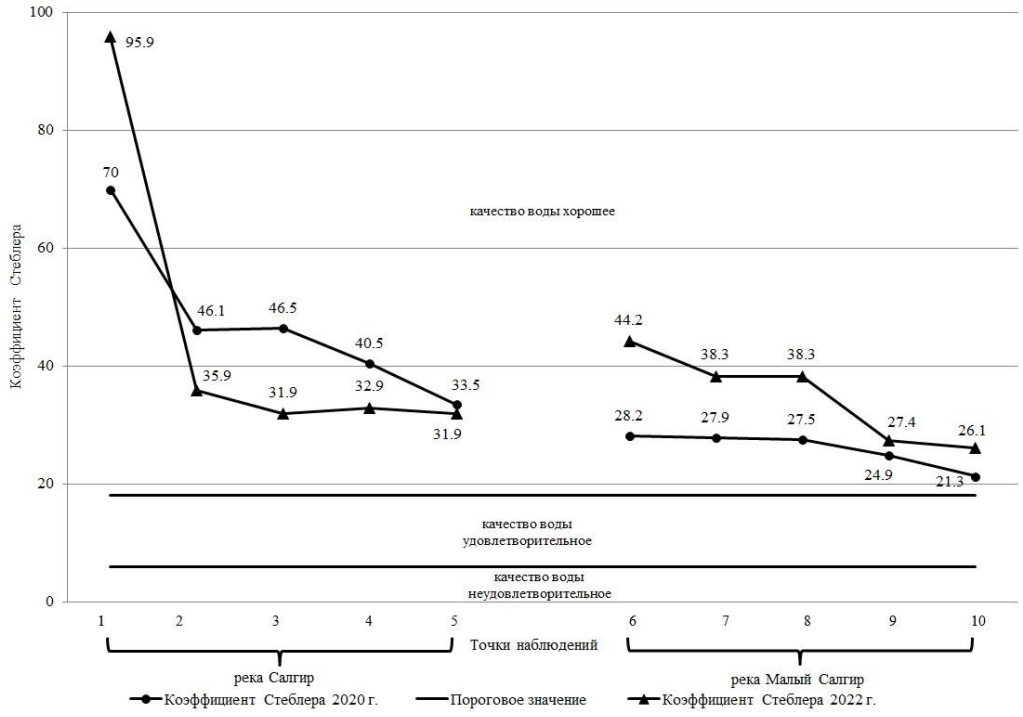



**Рисунок 2 – Изменение значений ирригационного коэффициента по длине водотоков в границах г. Симферополь**

В целом, для достижения рационального водопользования в бассейне реки Салгир необходимо контролировать воздействие деятельности человека на водную экосистему, а для этого необходимо исключить/снизить негативное влияние основных антропогенных факторов, в том числе связанных с функционированием городов.

Как отмечено ранее, в период с 2017 по 2020 гг. на участке р. Салгир от верховьев Симферопольского водохранилища до места впадения Малого Салгира фиксировали ежегодное ухудшение качественных показателей речного стока. Это, в первую очередь обосновано сочетанием двух основных факторов: водностью года и не осуществлением в достаточном объеме экологических и технологических попусков. В качестве подтверждения на рисунках 3 и 4 представлены динамика

модульного коэффициента стока р. Салгир, формирующегося на участке до Симферопольского водохранилища, и режим его работы за 2017–2021 гг.

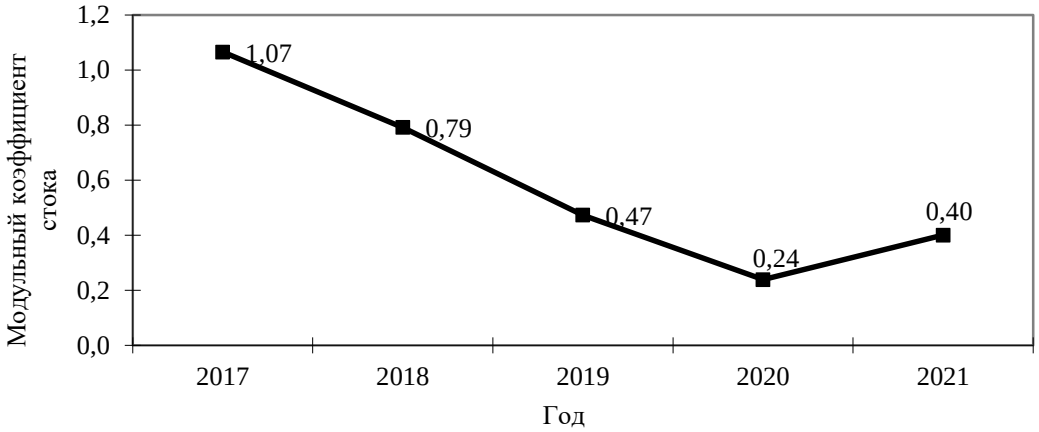



**Рисунок 3 – Динамика модульного коэффициента стока за период 2017–2021 гг.**

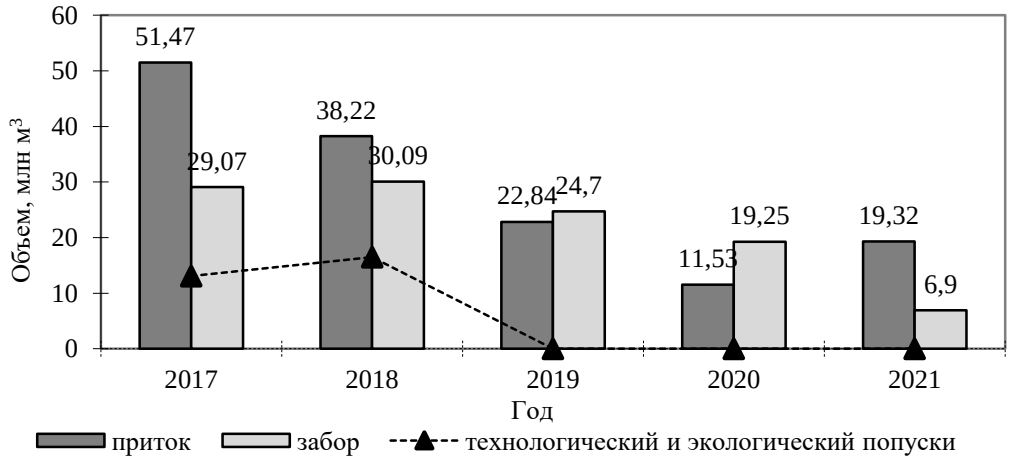



**Рисунок 4 – Режим работы Симферопольского водохранилища**

Объем притока в Симферопольское водохранилище за период с 2017 по 2020 гг. сократился в 4,5 раза (с 51,5 млн м$^3$ в 2017 г. до 11,5 млн м$^3$ в 2020 г.), кроме того, в связи с необходимостью обеспечения населения г. Симферополь достаточным количеством воды, экологические и технологические попуски в период с 2019 по 2021 гг. не осуществляли. В результате по пункту наблюдения ГАУ РК «ЦЛАТИ» т. 4, расположенному на р. Салгир, в 400 м до впадения в данный водоток Малого Салгира, УКИЗВ увеличился с 3,9 ед. в 2017 г. до 4,7 ед. в 2020 г.

Исходя из анализа перечня показателей, характеризующих свойства речного стока и состав воды, по которым были получены превышения установленных нормативных значений ($БПК_5$, нефтепродукты, азот аммонийный, нитриты, нитраты, фосфаты, железо, кадмий, марганец, медь, свинец, цинк), наиболее вероятными источниками загрязнения являются поступления неочищенных сточных и ливневых вод.

Так как сброс канализационных стоков осуществляется в реку Салгир за г. Симферополь, к основным причинам загрязнения водотоков в границах города относятся:

– недостаточный охват населения услугами водоотведения;

– утечки из канализационных сетей;

– смывы с селитебных территорий.

Рассмотрим каждую из этих причин по отдельности.

В соответствии с актуализированной версией «Единой схемы водоснабжения и водоотведения Республики Крым», утвержденной в ноябре 2021 г., охват населения городского округа Симферополь услугами централизованного водоотведения составляет 74 % [17]. Значительная часть домовладений, не подключенных к канализационным сетям, располагается в зоне формирования стока водотоков бассейна Салгира: Абдалки (микрорайоны Белое, Каменка), Славянки (микрорайон Заводское), Петровской балки (ул. Петровская Балка).

Протяженность сетей централизованного водоотведения на территории г. Симферополь составляет около 500 км, из них 70 % находится в ветхом и аварийном состоянии [17]. Это обуславливает высокий уровень аварийности на канализационных трубопроводах. В среднем в год на 1 км водопроводных сетей фиксируется более восьми прорывов.

Протяженность ливневой канализации в границах Симферополя составляет 37 км, а в соответствии с муниципальной программой «Реконструкция и развитие системы водоснабжения и водоотведения муниципального образования городской округ Симферополь Республики Крым на 2017–2020 годы» необходимо было обустроить еще как минимум 200 км сетей [18]. Кроме того, ливневой сток сбрасывается в реку без предварительной очистки и выступает причиной высокого содержания в воде нефтепродуктов и тяжелых металлов.

Снижение воздействия на реки Салгир и Малый Салгир описанных выше причин, полностью не исключит негативное влияние города на качественные показатели стока, но позволит существенно улучшить экологическую обстановку на них, что в свою очередь будет способствовать достижению рационального природопользования и создания комфортной городской среды для проживания населения.

В целом описанные выше проблемы, снижающие эффективность ведения водохозяйственной деятельности на территории Симферополя, характерны для большинства населенных пунктов Республики Крым и Российской Федерации, особенно это касается городов, относящихся к категории крупные и крупнейшие (количество жителей более 250 тыс. чел.). Это необходимо учитывать при усовершенствовании методологических основ управления экологической безопасностью водных объектов городских агломераций.

**Выводы**

Комплексная оценка изменения качественного состава стока рек Салгир и Малый Салгир на территории г. Симферополь в основном показала увеличение уровня загрязнения вод по длине водотоков. С экологической точки зрения градация качества водных ресурсов ухудшалась минимум на один класс. Кроме того, за период с 2017 по 2020 гг. по участку р. Салгир от верховья Симферопольского водохранилища до впадения Малого Салгира фиксировалось ежегодное ухудшение качества речного стока. Так, на входе р. Салгир на территорию города показатель УКИЗВ увеличился более чем в три раза (с 0,68 ед. в 2017 г. до 2,54 ед. в 2020 г.).

Основные загрязняющие вещества, выявленные в рамках исследований речного стока, по которым были получены превышения предельно допустимых концентраций – $БПК_5$, нефтепродукты, азот аммонийный, нитриты, нитраты, фосфаты, железо, кадмий, марганец, медь, свинец, цинк. Наиболее вероятными источниками загрязнения водных объектов данными поллютантами являются поступления неочищенных сточных и ливневых вод.

Несмотря на постепенное ухудшение ирригационного качества речного стока по длине обследованных водотоков в границах г. Симферополь, в месте водозабора в

Салгирскую оросительную систему, по солевому составу вода была классифицирована как хорошая. Ее использование для полива не должно привести к развитию таких неблагоприятных почвенных процессов как засоление и осолонцевание.

На основе анализа содержания загрязняющих веществ в воде и водохозяйственной обстановки в г. Симферополь были выделены основные критерии, которые целесообразно учесть при усовершенствовании методологических основ управления экологической безопасностью водных объектов на урбанизированной территории. К ним относятся: соблюдение экологического стока/попуска, уровень канализованности города, износ сетей водоотведения, обеспеченность территории системами сбора, транспортировки и очистки ливневых вод.

***Исследование выполнено по гранту Российского научного фонда № 22-27-20062, https://rscf.ru/project/22-27-20062/***

## Литература

1. Darko G., Obiri-Yeboah S., Takyi S. A., Amponsah O., Borquaye L. S., Amponsah L. O., Fosu-Mensah B. Y. Urbanizing with or without nature: pollution effects of human activities on water quality of major rivers that drain the Kumasi Metropolis of Ghana // Environmental Monitoring and Assessment. 2022. Volume 194. Iss. 1. No. 38. DOI: 10.1007/s10661-021-09686-8.

2. Mufur A. M., Awah M. T., Nono G. D. K., Tamfuh P. A., Wotchoko P., Beyala K. K. V. Physico-chemical and bacteriological characterization of surface water in Bamenda (North West Cameroon) // Applied Water Science. 2021. Vol. 11. Iss. 12. No. 185. DOI: 10.1007/s13201-021-01512-3.

3. Abdelhafiz M. A., Elnazer A. A., Seleem E. M., Mostafa A., Al-Gamal A. G., Salman S. A., Feng X. Chemical and bacterial quality monitoring of the Nile river water and associated health risks in Qena-Sohag sector, Egypt // Environmental Geochemistry and Health. 2021. Vol. 43. Iss.10. P. 4089–4104. DOI: 10.1007/s10653-021-00893-3.

4. Gu X., Lin C., Wang B., Wang J., Ouyang W. A comprehensive assessment of anthropogenic impacts, contamination, and ecological risks of toxic elements in sediments of urban rivers: a case study in Qingdao, East China // Environmental Advances. 2022. Vol. 7. No. 100143. DOI: 10.1016/j.envadv.2021.100143.

5. Singh S., Hariteja N., Renuka P. T. J., Raju N. J., Ramakrishna C. Impact assessment of faecal sludge on groundwater and river water quality in Lucknow environs, Uttar Pradesh, India // Groundwater for Sustainable Development. 2020. Vol. 11. No. 100461. DOI: 10.1016/j.gsd.2020.100461.

6. Hatt B. E., Fletcher T. D., Walsh C. J., Taylor S. L. The influence of urban density and drainage infrastructure on the concentrations and loads of pollutants in small streams // Environmental Management. 2004. Vol. 34. Iss. 1. P. 112–124. DOI: 10.1007/s00267-004-0221-8.

7. Perrin J. L., Raïs N., Chahinian N., Moulin P., Ijjaali M. Water quality assessment of highly polluted rivers in a semi-arid Mediterranean zone Oued Fez and Sebou river (Morocco) // Journal of Hydrology. 2014. Vol. 510. P. 26–34. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2013.12.002.

8. Yang Y., Chen H., Abdullah A. M., Ndayishimiye J. C. R., Yang J., Isabwe A., Luo A., Yang J. Urbanization reduces resource use efficiency of phytoplankton community by altering the environment and decreasing biodiversity // Journal of Environmental Sciences. 2022. Vol. 112. P. 140–151. DOI: 10.1016/j.jes.2021.05.001.

9. Kryakhtunov A. V. Dynamics of changes in the concentration of oil products in the Tura river within the residential area of the large oil capital of Russia // Journal of Ecological Engineering. 2021. Vol. 22. Iss.11. P. 223–229. DOI: 10.12911/22998993/143288.

10. Sabanaev R. N., Nikitin O. V., Latypova V. Z., Minakova E. A., Stepanova N. Y. Quantitative assessment of biogenic elements and suspended matter load to inner-city river: the role of point sources and diffuse runoff // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1889. Iss. 3. No. 032031. DOI: 10.1088/1742-6596/1889/3/032031.

11. Тимченко З. В. Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма. Симферополь: Доля, 2002. 152 с.

12. Яцык А. В. Экологические основы рационального водопользования. Киев: Издательство «Генеза», 1997. 640 с.

13. Власова А. Н. Оценка экологического состояния ландшафтов бассейна реки Салгир // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География. 2011. Т. 24 (63). № 1. С. 66–71.

14. Дунаева Е. А., Коваленко П. И. Типизация бассейнов рек Крыма по агроландшафтам и экологической нагрузке на них // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2013. № 4 (12). С. 157–167.

15. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Ростов-на-Дону: РОСГИДРОМЕТ, 2002. 50 с.

16. Шуравилин А. В., Можайский Ю. А. Практикум по мелиорации сельскохозяйственных земель: учебное пособие. Рязань: РГАТУ, 2011. 214 с.

17. Постановление Совета министров Республики Крым от 15 ноября 2021 года № 682 «О внесении изменений в постановление Совета министров Республики Крым от 26 декабря 2017 года № 714». [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rk.gov.ru/ru/document/show/31412 (дата обращения 07.09.2022).

18. Постановление Администрации г. Симферополя Республики Крым № 3141 от 20.12.2016 г. «Об утверждении муниципальной программы "Реконструкция и развитие системы водоснабжения и водоотведения муниципального образования городской округ Симферополь Республики Крым на 2017-2020 годы"». [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://base.garant.ru/23723574/#friends (дата обращения 07.09.2022).

## References

1. Darko G., Obiri-Yeboah S., Takyi S. A., Amponsah O., Borquaye L. S., Amponsah L. O., Fosu-Mensah B. Y. Urbanizing with or without nature: pollution effects of human activities on water quality of major rivers that drain the Kumasi Metropolis of Ghana // Environmental Monitoring and Assessment. 2022. Vol. 194. Iss. 1. No. 38. DOI: 10.1007/s10661-021-09686-8.

2. Mufur A. M., Awah M. T., Nono G. D. K., Tamfuh P. A., Wotchoko P., Beyala K. K. V. Physico-chemical and bacteriological characterization of surface water in Bamenda (North West Cameroon) // Applied Water Science. 2021. Vol. 11. Iss. 12. No. 185. DOI: 10.1007/s13201-021-01512-3.

3. Abdelhafiz M. A., Elnazer A. A., Seleem E. M., Mostafa A., Al-Gamal A. G., Salman S. A., Feng X. Chemical and bacterial quality monitoring of the Nile river water and associated health risks in Qena-Sohag sector, Egypt // Environmental Geochemistry and Health. 2021. Vol. 43. Iss. 10. P. 4089–4104. DOI: 10.1007/s10653-021-00893-3.

4. Gu X., Lin C., Wang B., Wang J., Ouyang W. A comprehensive assessment of anthropogenic impacts, contamination, and ecological risks of toxic elements in sediments of urban rivers: a case study in Qingdao, East China // Environmental Advances. 2022. Vol. 7. No. 100143. DOI: 10.1016/j.envadv.2021.100143.

5. Singh S., Hariteja N., Renuka P. T. J., Raju N. J., Ramakrishna C. Impact assessment of faecal sludge on groundwater and river water quality in Lucknow environs, Uttar Pradesh, India // Groundwater for Sustainable Development. 2020. Vol. 11. No. 100461. DOI: 10.1016/j.gsd.2020.100461.

6. Hatt B. E., Fletcher T. D., Walsh C. J., Taylor S. L. The influence of urban density and drainage infrastructure on the concentrations and loads of pollutants in small streams // Environmental Management. 2004. Vol. 34. Iss. 1. P. 112–124. DOI: 10.1007/s00267-004-0221-8.

7. Perrin J. L., Raïs N., Chahinian N., Moulin P., Ijjaali M. Water quality assessment of highly polluted rivers in a semi-arid Mediterranean zone Oued Fez and Sebou river (Morocco) // Journal of Hydrology. 2014. Vol. 510. P. 26–34. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2013.12.002.

8. Yang Y., Chen H., Abdullah A. M., Ndayishimiye J. C. R., Yang J., Isabwe A., Luo A., Yang J. Urbanization reduces resource use efficiency of phytoplankton community by altering the environment and decreasing biodiversity // Journal of Environmental Sciences. 2022. Vol. 112. P. 140–151. DOI: 10.1016/j.jes.2021.05.001.

9. Kryakhtunov A. V. Dynamics of changes in the concentration of oil products in the Tura river within the residential area of the large oil capital of Russia // Journal of Ecological Engineering. 2021. Vol. 22. Iss. 11. P. 223–229. DOI: 10.12911/22998993/143288.

10. Sabanaev R. N., Nikitin O. V., Latypova V. Z., Minakova E. A., Stepanova N. Y. Quantitative assessment of biogenic elements and suspended matter load to inner-city river: the role of point sources and diffuse runoff // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1889. Iss. 3. No. 032031. DOI: 10.1088/1742-6596/1889/3/032031.

11. Timchenko Z. V. Water resources and ecological state of small rivers of Crimea. Simferopol: Dolya, 2002. 152 p.

12. Yatsyk A. V. Ecological foundations of rational water use. Kyiv: Geneza, 1997. 640 p.

13. Vlasova A. N. The estimation of ecological state of the Salgir river basin // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. Series: Geography. 2011. Vol. 24 (63). Iss. 1. P. 66–71.

14. Dunaieva Ie. A., Kovalenko P. I. River basins typification of Crimea by agrolandscapes and ecological load // Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems. 2013. Vol. 4. Iss. 12. P. 157–167.

15. WD 52.24.643-2002. Method of integrated assessment of surface water pollution by hydrochemical parameters. Rostov-on-Don: ROSGIDROMET, 2002. 50 p.

16. Shuravilin A. V., Mozhaisky Yu. A. Workshop on agricultural land reclamation: a textbook. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University Named After P.A. Kostychev, 2011. 214 p.

17. Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Crimea of November 15, 2021 No. 682 “On Amending the Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Crimea of December 26, 2017 No. 714”. [Electronic resource]. Access point: https://rk.gov.ru/ru/document/show/31412 (reference’s date 07.09.2022).

18. Resolution of the Administration of the city of Simferopol of the Republic of Crimea No. 3141 of 20.12.2016 “On the approval of the municipal program "Reconstruction and development of the water supply and sanitation system of the municipality of the city district of Simferopol of the Republic of Crimea for 2017-2020"”. [Electronic resource]. Access point: https://base.garant.ru/23723574/#friends (reference’s date 07.09.2022).

UDC 504.05:626.01

Ivanyutin N. M., Volkova N. E., Zubochenko A. A.

## INFLUENCE OF THE SIMFEROPOL URBAN ENVIRONMENT ON THE QUALITATIVE PARAMETERS OF THE SALGIR RIVER FLOW

***Summary.*** *Urban area is considered as one of the main sources of watercourse pollution, causing deterioration not only of the ecological state of river ecosystems, but also of the irrigation quality of runoff. To reduce its negative impact, it is necessary to identify the causes of the changes. This will provide a basis for conducting a comprehensive assessment and developing a reasonable list of measures aimed at achieving the goals of rational use of natural resources and creating a comfortable living environment for the population. The purpose of the study was to analyze changes in the properties (electrical conductivity, pH, $BOD_5$, COD) and chemical composition of the flow of the Salgir and the Maly Salgir rivers in the city of Simferopol, as well as to identify the main criteria that should be taken into account when assessing the level of environmental safety of water bodies in the urban area. The studies were based on the data obtained for the period from 2017 to 2020 and in 2022. In the course of the work, the ecological assessment of river runoff was carried out on the basis of calculating the specific combinatorial index of water pollution; irrigation quality – by determining the Stebler coefficient. As a result, it was found that the urban area had a significant impact on water resources components and properties. Thus, the gradation of the river runoff quality, determined by calculating the specific combinatorial index of water pollution, along the length of watercourses worsened at least by one class. Moreover, based on the analysis of the content of pollutants in water and the water management situation in Simferopol, we identified the main criteria that should be taken into account when improving the methodological foundations for managing the environmental safety of water bodies in an urban area. These criteria include: compliance with environmental runoff/release; the level of sewerage in the city; drainage networks deterioration; provision of the territory with systems for collecting, transporting and cleaning storm water.*

***Keywords:*** *urban area, river runoff, water quality, specific combinatorial pollution index, Stebler coefficient, water management situation, assessment criteria.*

Иванютин Николай Михайлович, научный сотрудник отдела цифрового мониторинга и моделирования агроэкосистем ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295043, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: redkolya@mail.ru.

Волкова Наталья Евгеньевна, старший научный сотрудник отдела цифрового мониторинга и моделирования агроэкосистем ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295043, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: volkova_n@niishk.ru.

Зубоченко Алла Анатольевна, старший научный сотрудник, заведующая научной лабораторией агрохимических исследований ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295043, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: zubochenko_a@niishk.ru.

Ivanyutin Nikolay Mikhailovich, researcher of digital monitoring and agroecosystems modeling Department, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: redkolya@mail.ru.

Volkova Natalia Evgenievna, senior researcher of digital monitoring and agroecosystems modeling Department, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: volkova_n@niishk.ru.

Zubochenko Alla Anatolyevna, senior researcher, head of the scientific laboratory of agrochemical research, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: zubochenko_a@niishk.ru.

*Дата поступления в редакцию – 14.08.2022.*
*Дата принятия к печати – 01.10.2022.*

УДК 631.8
EDN LMZYJS

Каширина Н. А., Дроботова Е. Н., Невкрытая Н. В., Скипор О. Б.

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ *THYMUS VULGARIS* L.

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

***Реферат.*** *Цель исследований – разработка научно обоснованных эффективных технологических приемов возделывания растений тимьяна обыкновенного Thymus vulgaris L. в условиях Предгорья Крыма. Исследования проводили в 2019–2021 гг. на экспериментальном участке ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» в с. Крымская Роза Белогорского района. Схема размещения растений – 0,3×0,7 м, общая площадь участка – 756 м$^2$, учетная – 3,5 м$^2$. Опыт двухфакторный: фактор А – способ борьбы с сорной растительностью (гербицид «Гезагард» + «Миура», агроволокно, контроль А), фактор В – корневая подкормка стимуляторами роста (органоминеральное удобрение «Изагри Вита»; микробиологические препараты «Цианобактериальный Консорциум» (ЦБК) и «Биополицид», контроль Б). Повторность трехкратная. Наиболее благоприятными для роста и развития растений тимьяна обыкновенного были условия 2020 г. – оптимальный температурный режим и количество осадков, незначительно превышающие среднемноголетние данные. Установлено, что лучшим способом борьбы с сорной растительностью является применение агроволокна, которое не только сдерживает рост сорняков на протяжении всего периода вегетации, но и способствует повышению показателей продуктивности растений, в том числе благодаря удержанию влаги в почве и более мощному развитию растений. Самых высоких показателей растения тимьяна обыкновенного достигали в варианте с использованием агроволокна и препарата ЦБК, превышая контроль Б по урожайности в 1,5 раза, по содержанию эфирного масла в свежем сырье – в 1,3 раза и по сбору эфирного масла – на 66,6 %. Содержание тимола – основного и наиболее ценного компонента эфирного масла во всех вариантах находилось в пределах нормы. Обоснованы высокие затраты в год закладки опыта, связанные с подготовкой почвы, приобретением саженцев, агроволокна и препарата ЦБК. Экономически эффективной эксплуатация участка тимьяна обыкновенного становится со второго года вегетации растений. В рекомендованном для использования варианте рентабельность достигала 464,3 %, что на $^1/_3$ превысило контроль.*

***Ключевые слова:*** *Thymus vulgaris L., стимулирующие препараты, сорная растительность, продуктивность, рентабельность.*

***Для цитирования:*** *Каширина Н. А., Дроботова Е. Н., Невкрытая Н. В., Скипор О. Б. Технологические приемы возделывания Thymus vulgaris L. // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 93–105. EDN: LMZYJS.*

***For citation:*** *Kashirina N. A., Drobotova E. N., Nevkrytaya N. V., Skipor O. B. Technological methods of Thymus vulgaris L. cultivation // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 93–105. EDN: LMZYJS.*

## Введение

Эфирные масла и другие продукты переработки эфиромасличного сырья востребованы на мировом и отечественном рынке как сырье для парфюмерно-косметического, фармацевтического, ликероводочного, пищевого производств; они используются в медицине, ароматерапии и пр. [1–4].

Использование комплекса химических средств при выращивании сельскохозяйственных растений является фактором, негативно влияющим на качество получаемой продукции вследствие накопления остаточных количеств пестицидов в сырье и продуктах его переработки [5], кроме того, происходит ухудшение микроценоза почвы [6]. В связи с повышенным спросом на органическое экологически чистое и безопасное сырье, актуальным является поиск препаратов натурального происхождения, стимулирующих ростовые процессы и повышающих урожайность культур, в том числе и эфиромасличных.

Проведенные исследования влияния стимулирующих препаратов на ряд эфиромасличных и лекарственных растений – нигеллу посевную, календулу лекарственную, расторопшу пятнистую, мяту, шалфей лекарственный, змееголовник молдавский, лаванду узколистную показали увеличение урожайности в среднем на 15–35 %, а сбора эфирного масла – на 25–45 % [7–12]. Полученные данные доказывают актуальность использования стимулирующих препаратов для улучшения показателей продуктивности растений.

Перспективными для изучения и использования эфироносами являются представители семейства Яснотковые, в том числе тимьян обыкновенный (*Thymus vulgaris* L.) [2]. Ценность эфирного масла данного растения определяется его компонентным составом, включающим более 20 различных соединений, основным компонентом которого является тимол, обладающий антисептическими, бактерицидными, противоопухолевыми свойствами [13–15]. Эфирное масло тимьяна обыкновенного используется в фармацевтическом, пищевом (при производстве напитков и специй), парфюмерно-косметическом, лакокрасочном производствах и входит в десятку наиболее продаваемых в мире [1, 15–17]. Благодаря антимикробным, иммуномодулирующим, противогрибковым, противовоспалительным свойствам данное растение рекомендовано использовать в качестве альтернативы антибиотикам в рационе питания животных (крупный рогатый скот, свиньи), птиц, рыб в аквакультуре. Установлено, что фитобиотики повышают продуктивность животных, улучшая их производственные показатели и минимизируют негативные побочные реакции, поскольку не обладают токсичностью. Они имеют невысокую стоимость, снижают затраты на единицу продукции [18–21].

Площадь возделывания тимьяна обыкновенного в РФ, в частности в Крыму, невелика, однако спрос на сырье и эфирное масло растет. Потребности в растительном сырье и продуктах переработки эфиромасличных культур в нашей стране полностью не удовлетворены и в значительной мере зависят от импорта. Это связано с отсутствием новых высокопродуктивных сортов и современных технологий их первичного питомниководства, задачей которого является производство качественного посадочного материала. Значительный вред культурным растениям наносит сорная растительность, снижая их урожайность и качество продукции. Использование пестицидов препятствует получению органического сырья, необходимого для пищевого и фармацевтического производств. Ручная прополка междурядий достаточно трудоемка, а механизированная (культивация междурядий) – не позволяет полностью уничтожить сорную растительность и часто является причиной механического повреждения возделываемых растений [5–6].

В 2022 г. в «Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию» РФ включены новые сорта тимьяна обыкновенного Крымрозовец и Горный бальзам, созданные в отделе эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «НИИСХ Крыма» (НИИСХ Крыма) [22]. Эти сорта являются клонами и размножаются вегетативно. Одновременно с селекционными исследованиями

проведена разработка рекомендаций ведения первичного питомниководства сортов тимьяна обыкновенного, обеспечивающих поддержание показателей их продуктивности.

**Цель исследований** – разработка научно обоснованных экономически эффективных технологических приемов возделывания растений тимьяна обыкновенного в условиях Предгорной зоны Крыма.

**Материалы и методы исследований**

Исследования проводили в 2019–2021 гг. на экспериментальном участке ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (НИИСХ Крыма), расположенном в восточной предгорной части Крыма (с. Крымская Роза Белогорского района). Климат в районе исследований умеренно-континентальный, характеризуется мягкой зимой и теплым засушливым летом [23].

За годы проведения исследований самый высокий температурный режим в период активной вегетации растений (апрель–июнь) отмечался в 2019 г. (рисунок 1). Значительное превышение среднемесячных температур над средними многолетними показателями отмечено в мае–июне. Наибольшее отклонение от нормы зафиксировано в июне 2019 г. – +4,1 °С, в мае 2019 г. и июне 2020 г. – +2,4 °С. Наиболее жарким месяцем был июль 2021 г., средняя температура воздуха которого составила 24,4 °С (+2,1 °С к норме).

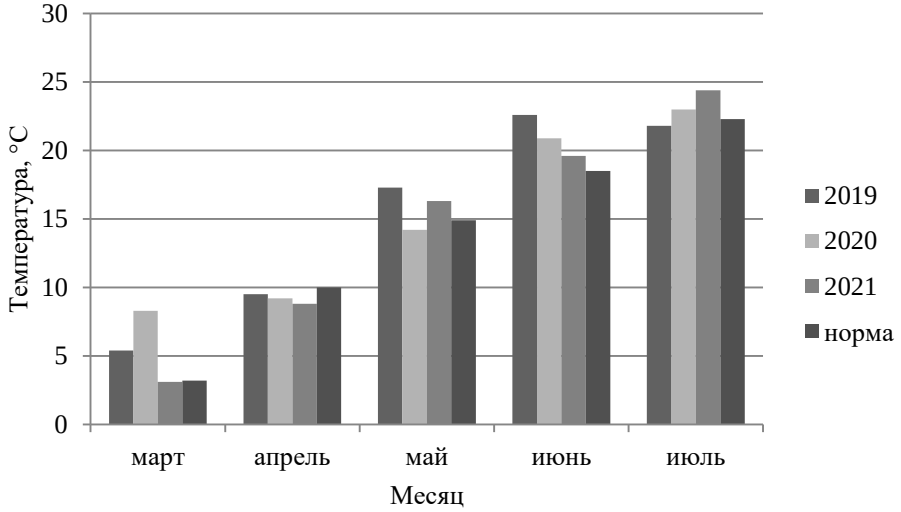



**Рисунок 1 – Среднемесячная температура воздуха в период активной вегетации растений, 2019–2021 гг.**

Количество осадков в 2019–2021 гг. было неравномерным: весенний период – крайне засушливый, а летний – дождливый (рисунок 2). Максимальное количество осадков, значительно превысившее среднемноголетние показатели (147,2 % от нормы), отмечено в июне 2020 г. Июль являлся наиболее стабильным месяцем по количеству осадков.

В целом, погодные условия на протяжении всего периода изучения были благоприятными для роста и развития тимьяна обыкновенного. Оптимальным по условиям был 2020 г., температурный и водный режим которого способствовали достижению высоких показателей продуктивности растений.

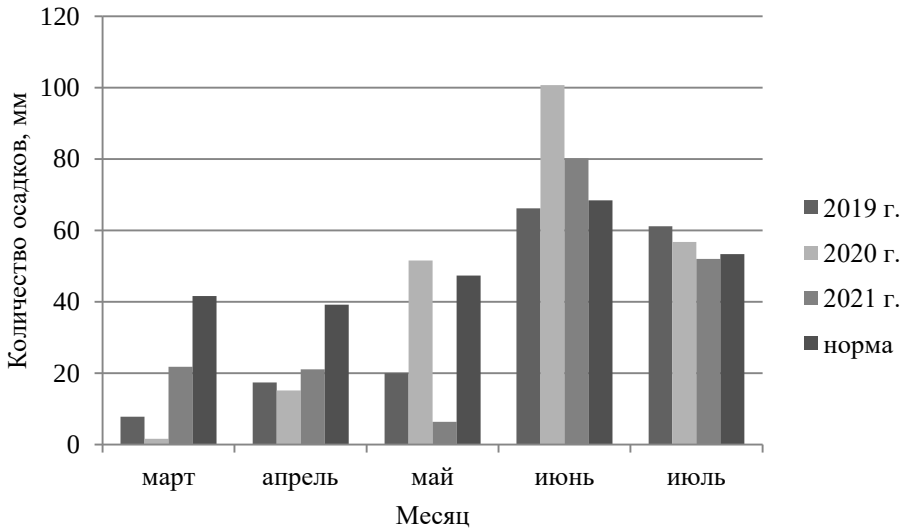



**Рисунок 2 – Количество осадков в период активной вегетации растений, 2019–2021 гг.**

Исследования проведены на саженцах из популяции тимьяна обыкновенного. Опытный участок заложен в 2019 г. (рисунок 3).

**Рисунок 3 – Опытный участок тимьяна обыкновенного (2020 г.)**

Схема посадки растений – 0,3×0,7 м, общая площадь – 756 м$^2$, учетная – 3,5 м$^2$.

Опыт двухфакторный:

Фактор А – способ борьбы с сорной растительностью:

1. Гербицид «Гезагард» + «Миура» по вегетирующим злакам;
2. Агроволокно (фирма «Агролюкс», плотность – 42–60 г/м$^2$);
3. Контроль А – ручная прополка.

Фактор В – корневая подкормка стимуляторами роста растений:

1. Жидкое комплексное органоминеральное удобрение «Изагри Вита» (КМУ) – 100 г на 10 л раствора;

2. Микробиологический препарат «Цианобактериальный Консорциум» (ЦБК) – 150 г на 10 л раствора;

3. Микробиологический препарат «Биополицид» – 150 г на 10 л раствора.

4. Контроль В – без обработки.

Количество сорной растительности определяли на учетной площади 1 м$^2$ в трехкратной повторности. Количество прополок в контроле – 3 (в период активной вегетации, в фазу начала и массового цветения), согласно разработанным в НИИСХ Крыма технологическим картам по возделыванию многолетних эфиромасличных культур [24].

Стимулирующие препараты применяли однократно в фазе стеблевания растений путём внесения в почву в дозах и концентрациях, рекомендованных производителем. Изучение каждого из препаратов (КМУ, ЦБК, «Биополицид») проводили в трехкратной повторности в сравнении с контролем.

Учеты, наблюдения и биохимические анализы проводили в соответствии с методическими указаниями для эфиромасличных культур [25–27]. Применение микробиологических препаратов «Биополицид» и ЦБК осуществляли согласно методикам [28, 29].

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием стандартных методов, а также с помощью дисперсионного анализа и программы Statistica 6 [30–31].

**Результаты и их обсуждение**

Начало активной вегетации тимьяна обыкновенного во все годы проведения исследований регистрировали во второй декаде марта, чему способствовал благоприятный температурный режим на протяжении 2019–2021 гг. (рисунок 1).

Одной из задач данного исследования являлся поиск оптимальных вариантов борьбы с сорной растительностью.

В период отрастания растений до обработки препаратами во всех вариантах опыта отмечены следующие сорные растения – осот розовый *Cirsium arvense* L., вьюнок полевой *Convolvulus arvensis* L., щетинник зеленый *Setaria viridis* L., пырей ползучий *Elytrigia repens* L., цикорий обыкновенный *Cichorium intybus* L., портулак огородный *Portulaca oleracea* L. (таблица 1). Наиболее распространенными были вьюнок полевой, пырей ползучий, портулак огородный.

Общее количество сорной растительности за весь период исследования (2019-2021 гг.) до обработки препаратами в вариантах – контроль, гербицид и агроволокно составило 16,66; 14,67; 2,00 шт./м$^2$ соответственно (см. таблицу 1).

Через 14 дней после обработки общее количество сорняков уменьшилось, в среднем за 3 года, в 3,8 раз в контроле, в варианте с гербицидом – в 6,8 раз по сравнению с исходным количеством. В варианте с применением агроволокна количество сорных растений с годами уменьшалось. Несмотря на проведение трех ручных прополок, общее количество сорняков в контроле было выше по сравнению с другими вариантами опыта.

К фазе массового цветения среднее количество сорных растений значительно возрастало в контроле и в варианте с гербицидом. В варианте с агроволокном количество сорняков к этой фазе ежегодно уменьшалось, составляя в среднем 16,5 % от исходного количества.

Таким образом, наиболее эффективным способом борьбы с сорной растительностью при возделывании растений тимьяна обыкновенного является использование агроволокна. Максимальное количество сорняков во всех вариантах опыта отмечено в год закладки плантации. Начиная со второго года, растения

смыкаются в ряду и в междурядьях, благодаря чему численность сорных растений уменьшается во всех вариантах.

**Таблица 1 – Состав сорной растительности в агроценозе тимьяна обыкновенного в зависимости от способа обработки междурядий и фазы вегетации, шт./м$^2$ (2019-2021 гг.)**

| Сорное растение, вид | Способ обработки междурядий | | |
|---|---|---|---|
| | контроль | гербицид | агроволокно |
| фаза «начало вегетации» (до обработки) | | | |
| Осот розовый (*Cirsium arvense* L.) | 2,33 ± 0,67 | 1,67 ± 0,33 | 0,33±0,33 |
| Вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.) | 3,67 ± 0,67 | 3,00 ± 0,57 | 0,67±0,33 |
| Щетинник зеленый (*Setaria viridis* L.) | 2,00 ± 0,58 | 2,00 ± 0,58 | 0,00 |
| Пырей ползучий (*Elytrigia repens* L.) | 3,33 ± 0,33 | 3,00 ± 0,00 | 1,00±0,58 |
| Цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.) | 1,33 ± 0,33 | 1,67 ± 0,33 | 0,00 |
| Портулак огородный (*Portulac aoleracea* L.) | 4,00 ± 0,58 | 3,33 ± 0,33 | 0,00 |
| Всего | 16,66 | 14,67 | 2,00 |
| через 14 дней после обработки | | | |
| Осот розовый (*Cirsium arvense* L.) | 1,00 ± 0,00 | 0,00 | 0,33 ± 0,33 |
| Вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.) | 1,00 ± 0,00 | 0,33 ± 0,33 | 0,67 ± 0,33 |
| Пырей ползучий (*Elytrigia repens* L.) | 1,00 ± 0,00 | 0,67 ± 0,33 | 0,67 ± 0,33 |
| Портулак огородный (*Portulaca oleracea* L.) | 1,33 ± 0,33 | 0,00 | 0,00 |
| Всего | 4,33 | 1,00 | 1,67 |
| фаза «массовое цветение» | | | |
| Осот розовый (*Cirsium arvense* L.) | 1,33 ± 0,33 | 1,00 ± 0,00 | 0,00 |
| Вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.) | 3,33 ± 0,33 | 1,00 ± 0,00 | 0,00 |
| Пырей ползучий (*Elytrigia repens* L.) | 3,00 ± 0,58 | 1,67 ± 0,33 | 0,33 ± 0,33 |
| Портулак огородный (*Portulaca oleracea* L.) | 3,00 ± 0,58 | 1,67 ± 0,33 | 0,00 |
| Всего | 10,66 | 5,34 | 0,33 |

Основным способом оценки развития растений является анализ морфометрических параметров и показателей продуктивности. Это позволит определить сроки эксплуатации возделывания участков тимьяна обыкновенного, влияние биопрепаратов на продуктивность растений. Высокие значения всех показателей отмечены в 2020 г., чему способствовали благоприятные погодные условия и естественное разрастание растений на второй год вегетации (таблица 2).

Максимального развития растения тимьяна обыкновенного достигали в варианте с использованием агроволокна и препарата ЦБК. При этом их средние высота и диаметр за три года составили 39,9 и 65,4 см соответственно, превысив контроль Б на 17,7 и 31,1 %.

По показателям продуктивности вариант с использованием агроволокна и препарата ЦБК также выделился как лучший. Расчетная урожайность зеленой массы растений составила в среднем 22,2 т/га, превысив контроль Б в 1,5 раза. Массовая доля эфирного масла (0,53 % от сырой массы) превысила показатель в контроле Б в 1,3 раза, а сбор эфирного масла (117,3 кг/га) – на 66,6 %.

Отметим, что дополнительная польза от агроволокна заключается в том, что оно способствует удержанию влаги в почве, благоприятно влияя на развитие растений. Так, высота, диаметр, урожайность растений и сбор эфирного масла в варианте ЦБК + Контроль А превышают показатели в среднем на 13,4; 22,2; 20,4 и 25,9 % соответственно.

Основным и наиболее ценным компонентом эфирного масла тимьяна обыкновенного является тимол. Анализ показал, что содержание его в эфирном масле во всех вариантах опыта находилось в стандартных пределах (см. таблицу 2) [32].

**Таблица 2 – Влияние способа борьбы с сорной растительностью и стимулирующих препаратов на показатели растений тимьяна обыкновенного, 2019–2021 гг.**

| Показатель | Препарат (фактор В) | Способ борьбы с сорной растительностью (фактор А) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Контроль А | Гербицид | Агроволокно |
| Высота растений, см | КМУ | 34,6 | 34,8 | 37,2 |
| | ЦБК | 35,2 | 34,9 | 39,9* |
| | «Биополицид» | 33,9 | 35,6 | 37,5 |
| | Контроль Б | 33,9 | 33,9 | 37,8 |
| $НСР_{05}$ | (А) = 1,7 ; (В) = 2,1 | | | |
| Диаметр растений, см | КМУ | 50,4 | 51,0 | 59,9 |
| | ЦБК | 53,5 | 55,2 | 65,4* |
| | «Биополицид» | 52,7 | 53,1 | 62,2 |
| | Контроль Б | 49,9 | 49,5 | 58,7 |
| $НСР_{05}$ | (А)=4,1; (В)=3,4 | | | |
| Урожайность, т/га | КМУ | 15,9 | 13,9 | 18,6 |
| | ЦБК | 18,0 | 17,3 | 22,2* |
| | «Биополицид» | 17,3 | 16,5 | 21,8 |
| | Контроль Б | 14,7 | 13,4 | 17,7 |
| $НСР_{05}$ | (А) = 4,9; (В) = 4,0 | | | |
| Массовая доля эфирного масла, % от сырой массы | КМУ | 0,45 | 0,47 | 0,49 |
| | ЦБК | 0,51 | 0,51 | 0,53* |
| | «Биополицид» | 0,49 | 0,49 | 0,49 |
| | Контроль Б | 0,47 | 0,45 | 0,47 |
| $НСР_{05}$ | (А) = 0,08; (В) = 0,07 | | | |
| Сбор эфирного масла, кг/га | КМУ | 72,6 | 70,1 | 97,4 |
| | ЦБК | 93,2 | 87,6 | 117,3* |
| | «Биополицид» | 82,1 | 79,1 | 112,1 |
| | Контроль Б | 70,4 | 59,8 | 88,8 |
| $НСР_{05}$ | (А) = 19,7; (В) = 14,0 | | | |
| Содержание тимола в эфирном масле, % | КМУ | 48,02 | 46,01 | 49,44 |
| | ЦБК | 47,92 | 48,24 | 50,14 |
| | «Биополицид» | 49,54 | 53,30 | 51,90* |
| | Контроль Б | 50,76 | 49,06 | 49,22 |
| $НСР_{05}$ | (А) = 8,29; (В) = 5,88 | | | |

***Примечание.*** ** – значения, достоверно превышающие контроль по одному фактору.*

Таким образом, анализ результатов трехлетних исследований позволяет выделить в качестве лучшего вариант с использованием агроволокна и препарата ЦБК. Учитывая трудоемкость и затратность использования агроволокна на больших, производственных площадях, данный вариант может быть рекомендован для маточников тимьяна обыкновенного.

По выделенному варианту проведен расчет экономической эффективности возделывания и эксплуатации растений тимьяна обыкновенного на площади 1 га (в ценах 2021 г.) (таблица 3). Показано, что в год закладки опыта в варианте агроволокно + ЦБК идут большие затраты на обработку почвы, включая ГСМ, покупку и закладку агроволокна (30 р. п.м., ширина – 1,60 м), стимулирующего препарата ЦБК (300 руб./л, расход – 1 л/га), саженцы (44 тыс. шт./га, при цене – 7 руб./шт.), на уборку+транспортировку (5371,7 руб.) и переработку сырья (из расчета 6,5 тыс. руб./т), зарплату исполнителям. В контрольном варианте в затраты не входит стоимость приобретения и закладки агроволокна и стимулирующего препарата ЦБК.

**Таблица 3 – Экономическая эффективность возделывания маточника тимьяна обыкновенного**

| Вариант | Год вегета-ции | Затраты, тыс. руб./га | Урожай-ность сырья, т/га | Сбор эфирного масла, кг/га | Доход, тыс. руб./га | Прибыль, тыс. руб./га | Рентабель-ность, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Агроволокно + ЦБК | 1 | 720,1 | 21,2 | 87,7 | 526,2 | -193,9 | -26,9 |
| Контроль | | 673,9 | 14,5 | 52,6 | 315,6 | -358,3 | -53,2 |
| Агроволокно + ЦБК | 2 | 174,7 | 24,4 | 164,3 | 985,8 | 811,1 | 464,3 |
| Контроль | | 134,4 | 18,3 | 100,3 | 601,8 | 467,4 | 347,8 |

Затраты во второй и последующие годы в варианте агроволокно + ЦБК связаны с приобретением и внесением стимулирующего препарата ЦБК, уборкой и переработкой сырья. В контрольном варианте – с ручной прополкой, уборкой и переработкой сырья. Стоимость эфирного масла рассчитана по цене 6000 руб./л.

Расчет показывает, что выращивание тимьяна обыкновенного эффективно уже со второго года. При этом рентабельность может достигать 464,3 %.

## Выводы

В результате проведенных в 2019–2021 гг. исследований по разработке эффективных технологических приемов закладки и эксплуатации растений тимьяна обыкновенного установлено, что применение агроволокна в качестве способа борьбы с сорной растительностью способствует не только сдерживанию роста сорняков на протяжении всего периода вегетации, но и повышению показателей продуктивности растений, в том числе благодаря удержанию влаги в почве и более мощному развитию растений.

Среди стимулирующих микробиологических препаратов наилучшее влияние на рост, развитие и продуктивность растений тимьяна обыкновенного оказывает препарат ЦБК. Урожайность зеленой массы растений в варианте Агроволокно+ЦБК составила в среднем 22,2 т/га, превысив контроль в 1,5 раза. Массовая доля эфирного масла (0,53 % от сырой массы) превысила показатель в контроле Б в 1,3 раза, а сбор эфирного масла (117,3 кг/га) – на 66,6 %.

Использование рекомендуемого варианта выращивания растений тимьяна обыкновенного высокоэффективно, начиная со второго года его эксплуатации. При этом рентабельность (464,3 %) превышает вариант, включающий только прополку участка, на $^1/_3$.

## Литература

1. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнев А. В., Назаренко Л. Г. Эфиромасличная отрасль Крыма. Вчера, сегодня, завтра. 2-ое издание, дополненное. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. 320 с.

2. Невкрытая Н. В., Мишнев А. В. Программа возрождения эфиромасличной отрасли в Крыму // Научно обоснованная стратегия развития агропромышленного комплекса Крыма до 2020 г. Симферополь: ИТ «Ариал», 2016. С. 68–95.

3. Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений: материалы международной научно-практической конференции // Под ред. В. С. Паштецкого. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2021. 126 с. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-10-11-06.

4. Черкашина Е. В. Актуальные вопросы эфиромасличного производства в России // Научное обозрение. 2012. № 6. С. 562–565.

5. Саратовских Е. А. Влияние пестицидов на физиологические процессы растений и микроорганизмов // Сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием и школы молодых ученых “Механизмы устойчивости растений и микроорганизмов к неблагоприятным условиям среды”. Иркутск: ФГБУН «Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН», 2018. С. 1126–1134. DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-1126-1134.

6. Евдакова М. В. Воздействие пестицидов на микрофлору почвы // Научный журнал молодых ученых. 2018. № 4 (13). С.16–18.

7. Хомина В. Я., Циганкова В. А., Пономаренко С. П., Григорюк И. П. Влияние регуляторов роста «Биолан» и «Ивин» на продуктивность лекарственных растений // Биоресурсы и природопользование. 2013. Т. 5. № 3-4. С. 16–21.

8. Пушкина Г. П., Маланкина Е. Л., Тхаганов Р. Р., Морозов А. И. Эффективность применения регуляторов роста и микроудобрений на эфиромасличных культурах // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 10. С. 17–20.

9. Скипор О. Б., Савченко М. В., Уманец Н. Н. Эффективность использования различных стимуляторов роста растений в технологии выращивания лаванды узколистной в условиях предгорной зоны Крыма // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 2 (14). С. 110–117. DOI: 10.25637/TVAN.2018.02.11.

10. Тропина Н. С., Сидельников Н. И., Быкова О. А. Микроудобрения и регуляторы роста в технологии защиты мяты перечной от сорной растительности в условиях западного Предкавказья // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. № 4 (176). С. 132–136. DOI: 10.25230/2412-608X-2018-4-176-132-136.

11. Морозов А. И., Тхаганов Р. Р., Тропина Н. С., Тхаганов В. Р., Аникина А. Ю. Применение органоминеральных и микроудобрений для повышения продуктивности эфиромасличных культур // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2020. № 4 (184). С.45–51. DOI: 10.25230/2412-608X-2020-4-184-45-51.

12. Сидельников Н. И., Тхаганов Р. Р., Хазиева Ф. М. Особенности применения микроудобрений на лекарственных культурах // Агрохимический вестник. 2018. № 6. С. 57–60. DOI: 10.24411/0235-2516-2018-10063.

13. Fani M., Kohanteb J. *In vitro* antimicrobial activity of *Thymus vulgaris* essential oil against major oral pathogens // Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine. 2017. Vol. 22 (4). P. 660–666. DOI: 10.1177/2156587217700772.

14. Medicinal spices and vegetables from Africa. Therapeutic potential against metabolic, inflammatory, infectious and systemic diseases // Ed. by Kuete V. Amsterdam: Academic Press, an imprint of Elsevier, 2017. P. 599–609.

15. Patil Sh.M., Ramu R., Shirahatti P. S., Shivamallu C., Amachawadi R. G. A systematic review on ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacological aspects of *Thymus vulgaris* L. // Heliyon. 2021. Vol. 7 (5). Art. No. e07054. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e07054.

16. Micucci M., Protti M., Aldini R., Frosini M., Corazza I., Marzetti C., Mattioli L., Tocci G., Chiarini A., Mercolini L., Budriesi R. *Thymus vulgaris* L. essential oil solid formulation: chemical profile and spasmolytic and antimicrobial effects // Biomolecules. 2020. Vol. 10 (6). Art. No. 860. DOI: 10.3390/biom10060860.

17. Bistgani Z., Hashemi M., DaCosta M., Craker L., Maggi F., Morshedloo M. Effect of salinity stress on the physiological characteristics, phenolic compounds and antioxidant activity of *Thymus vulgaris* L. and *Thymus daenensis* Celak // Industrial Crops and Products. 2019. Vol. 135. P. 311–320. DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.04.055.

18. Куевда Т. А., Невкрытая Н. В., Остапчук П. С., Усманова Е. Н., Зубоченко Д. В., Паштецкая А. В., Уппе В. А. Использование эфиромасличных и лекарственных растений в животноводстве и птицеводстве // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений: материалы международной научно-практической конференции // Под ред. В. С. Паштецкого. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2021. С.84–95.

19. Feed additives: aromatic plants and herbs in animal nutrition and health // Ed. by Christaki E., Florou-Paneri P., Giannenas I. London: Academic Press, an imprint of Elsevier, 2020. 368 p.

20. Тимофеев Н. П. Фитобиотики в мировой практике: виды растений и действующие вещества, эффективность и ограничения, перспективы (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22 (6). С. 804–825. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.6.804-825.

21. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В. Использование эфирных масел в медицине, ароматерапии, ветеринарии и растениеводстве (обзор) // Таврический вестник аграрной науки. 2018. №1 (13). С.16-38. DOI: 10.25637/TVAN2018.01.02.

22. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорта растений. 719 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://reestr.gossortrf.ru/search/vegetable/ (дата обращения 24.06.2022).

23. Савчук Л. П. Климат предгорья Крыма и эфироносы. Симферополь, 2006. 76 с.

24. Паштецкий В. С., Скипор О. Б., Кравченко Г. Д., Золотилова О. М., Золотилов В. А., Мягких Е. Ф., Вердыш М. В., Попова А. А., Полякова Н. Ю., Колесникова А. В. Технологии выращивания традиционных и перспективных эфиромасличных культур в Республике Крым. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2020. 36 с. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-28-10-36.

25. Селекция эфиромасличных культур: методические указания // Под. ред. Аринштейн А. И. Симферополь: Научно-производственное объединение по эфирномасличным культурам и маслам. Всесоюзный научно-исследовательский институт эфиромасличных культур, 1977. 151 с.

26. Биохимические методы анализа эфиромасличных растений и эфирных масел: сборник научных трудов // Сост. Карпачева А. Н., Персидская К. Г., Лиштванова Л. Н. Симферополь: Научно-производственное объединение по эфирномасличным культурам и маслам. Всесоюзный научно-исследовательский институт эфиромасличных культур, 1972. 107 с.

27. Методика полевых опытов по агротехнике эфиромасличных культур // Сборник научных трудов. Симферополь: Всесоюзный научно-исследовательский институт эфиромасличных культур, 1972. 149 с.

28. Методические указания по полевым и вегетационным опытам с удобрениями на эфиромасличных культурах. Симферополь: ВНИИЭМК, 1984. 93 с.

29. Методы почвенной микробиологии и биохимии: учебное пособие // Под ред. Звягинцева Д. Г. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

30. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.

31. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 350 с.

32. Паштецкий В. С., Тимашева Л. А., Пехова О. А., Данилова И. Л., Серебрякова О. А. Эфирные масла и их качество. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2021. 212 с. DOI: 10.33952/2542-0720-978-5-907506-16-9.

## References

1. Pashtetskiy V. S., Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V., Nazarenko L. G. Essential oil industry in the Crimea. Yesterday, today, tomorrow. 2nd edition, updated. Simferopol: ARIAL, 2018. 320 p.

2. Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V. Essential oil industry in the Crimea. Revival program // Scientifically based strategy for the development of the agro-industrial complex of the Crimea until 2020. Simferopol: ARIAL, 2016. P. 68–95.

3. Scientific and innovative potential for the development of production, processing and use of essential oil and medicinal plants: materials of the international scientific and practical conference, Simferopol, June 10-11, 2021 / Ed. by V. S. Pashtetsky. Simferopol: ARIAL, 2021. 126 p. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-10-11-06.

4. Cherkashina E. V. Topical issues of essential oil production in Russia // Scientific Review. 2012. No. 6. P. 562-565.

5. Saratovskikh E. A. Influence of pesticides on the physiological processes of the growth and microorganisms // Book of proceedings of the All-Russian Scientific Conference with International Participation and Schools of Young Scientists “Mechanisms of resistance of plants and microorganisms to unfavorable environmental”. Irkutsk: Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry (SIPPB SB RAS). 2018. P. 1126–1134. DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-1126-1134.

6. Evdakova M. V. Impact of pesticides on soil microflora // Scientific Journal of Young Scientists. 2018. No. 4 (13). P. 16–18.

7. Khomina V. Ya., Tsygankova V.A., Ponomarenko S.P., Grygoriuk I.P. Influence of growth regulators “Biolan” and “Ivin” on the productivity of medicinal plants // Biological Resources and Nature Management. 2013. Vol. 5. No. 3–4. P. 16–21.

8. Pushkina G. P., Malankina E. L., Tkhaganov R. R., Morozov A. I. Effectiveness of growth regulators and microfertilizers application on essential-oil crops // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2010. No. 10. P. 17–20.

9. Skipor O. B., Savchenko M. V., Umanets N. N. Efficiency of different plant growth stimulants in the technology of growing narrow-leaved lavender under the conditions of the foothill zone of the Crimea // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2018. No. 2 (14). P. 110–117. DOI: 10.25637/TVAN.2018.02.11.

10. Tropina N. S., Sidelnikov N. I., Bykova O. A. Microfertilizers and growth regulators in protection technology of the *Mentha piperita* against weeds in the conditions of the western Ciscaucasia // Oil

Crops. Scientific and technical bulletin of V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops. 2018. No. 4 (176). P. 132–136. DOI: 10.25230/2412-608X-2018-4-176-132-136.

11. Morozov A.I., Tkhaganov R.R., Tropina N.S., Tkhaganov V.R., Anikina A.Yu. The application of organic and mineral fertilizers to increase the productivity of essential-oil crops // Oil Crops. 2020. No. 4 (184). P. 45-51. DOI: 10.25230/2412-608X-2020-4-184-45-51.

12. Sidelnikov N.I., Tkhaganov R.R., Khazieva F.M. Particularities of microfertilizers application for medicinal plants // Agrochemical Herald. 2018. No. 6. P. 57-60. DOI: 10.24411/0235-2516-2018-10063.

13. Fani M., Kohanteb J. *In vitro* antimicrobial activity of *Thymus vulgaris* essential oil against major oral pathogens // Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine. 2017. Vol. 22 (4). P. 660–666. DOI: 10.1177/2156587217700772.

14. Medicinal spices and vegetables from Africa. Therapeutic potential against metabolic, inflammatory, infectious and systemic diseases // Ed. by Kuete V. Amsterdam: Academic Press, an imprint of Elsevier, 2017. P. 599–609.

15. Patil Sh.M., Ramu R., Shirahatti P.S., Shivamallu C., Amachawadi R. G. A systematic review on ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacological aspects of *Thymus vulgaris* L. // Heliyon. 2021. Vol. 7 (5). Art. No. e07054. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e07054.

16. Micucci M., Protti M., Aldini R., Frosini M., Corazza I., Marzetti C., Mattioli L., Tocci G., Chiarini A., Mercolini L., Budriesi R. *Thymus vulgaris* L. essential oil solid formulation: chemical profile and spasmolytic and antimicrobial effects // Biomolecules. 2020. Vol. 10 (6). Art. No. 860. DOI: 10.3390/biom10060860.

17. Bistgani Z., Hashemi M., DaCosta M., Craker L., Maggi F., Morshedloo M. Effect of salinity stress on the physiological characteristics, phenolic compounds and antioxidant activity of *Thymus vulgaris* L. and *Thymus daenensis* Celak // Industrial Crops and Products. 2019. Vol. 135. P. 311–320. DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.04.055.

18. Kuevda T. A., Nevkrytaya N. V., Ostapchuk P. S., Usmanova E. N., Zubochenko D. V., Pashtetskaya A. V., Uppe V. A. Use of essential-oil-bearing and medicinal plants in livestock breeding and poultry farming // Materials of the international scientific and practical conference "Scientific and innovative potential for the development of production, processing and use of essential oil and medicinal plants", Simferopol: ARIAL, 2021. P. 84–95.

19. Feed additives: aromatic plants and herbs in animal nutrition and health / Ed. by Christaki E., Florou-Paneri P., Giannenas I. London: Academic Press, an imprint of Elsevier, 2020. 368 p.

20. Timofeev N. P. Phytobiotics in world practice: plant species and active substances, efficiency and limitations, perspectives (review) // Agricultural Science Euro-North-East. 2021. Vol. 22(6). P. 804–825. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.6.804-825.

21. Pashtetskiy V. S., Nevkrytaya N. V. Use of essential oils in medicine, aromatherapy, veterinary and crop production (review) // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2018. No. 1 (13). P. 16–38. DOI: 10.25637/TVAN2018.01.02.

22. State register for selection achievements admitted for usage. Vol. 1. Plant varieties. 719 p. [Electronic resource]. Access point: https://reestr.gossortrf.ru/search/vegetable/ (reference's date 24.06.2022).

23. Savchuk L. P. The climate of the foothill areas of the Crimea and essential oil crops. Simferopol: Private Enterprise "El'in'o", 2006. 76 p.

24. Pashtetsky V. S., Skipor O. B., Kravchenko G. D., Zolotilova O. M., Zolotilov V. A., Myagkikh E. F., Verdysh M. V., Popova A. A., Polyakova N. Yu., Kolesnikova A. V. Technologies for growing traditional and promising essential oil crops in the Republic of Crimea. Simferopol: ARIAL, 2020. 36 p. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-28-10-36.

25. Essential oil crops breeding (guidelines) // Ed. by Arinshteyn A. I. Scientific Production Association for essential oil crops and oils. All-Union Research Institute of Aromatic Crops (VNIIEMK). Simferopol, 1977. 151 p.

26. Biochemical methods of analysis of essential oil crops and essential oils. Collection of scientific works // Compiled by Karpacheva A. N., Persidskaya K. G., Lishtvanova L. N. Ministry of Agriculture of the USSR. Scientific Production Association for essential oil crops and oils. All-Union Research Institute of Aromatic Crops (VNIIEMK). Simferopol, 1972. 107 p.

27. Field experiments methodology (technology of essential oil crops growing) / Collection of scientific works. Simferopol: All-Union Research Institute of Aromatic Crops (VNIIEMK), 1972. 149 p.

28. Guidelines for field and vegetation experiments with fertilizers on essential oil crops. Simferopol: All-Union Research Institute of Aromatic Crops (VNIIEMK), 1984. 93 p.

29. Methods of soil microbiology and biochemistry: textbook // Ed. by Zvyagintsev D.G. Moscow: Moscow State University Publ., 1991. 304 p.

30. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Kniga po trebovaniyu, 2012. 352 p.

31. Lakin G.F. Biometrics. Moscow: Vysshaya shkola, 1990. 350 p.
32. Pashtetsky V. S., Timasheva L. A., Pekhova O. A., Danilova I. L., Serebryakova O. A. Essential oils and their quality. Simferopol: ARIAL, 2021. 212 p. DOI: 10.33952/2542-0720-978-5-907506-16-9.

UDC 631.8

Kashirina N. A., Drobotova E. N., Nevkrytaya N. V., Skipor O. B.

## TECHNOLOGICAL METHODS OF *THYMUS VULGARIS* L. CULTIVATION

***Summary.*** *The aim of the current research was to develop scientifically-based and effective technological methods for Thymus vulgaris L. cultivation under conditions of Crimean foothills. The studies were carried out in 2019-2021 at the experimental fields of the Research Institute of Agriculture of Crimea (village of Krymskaya Roza, Belogorsky district). Plant placement scheme – 0.3 × 0.7 m. Total area of the experimental plot – 756 м$^2$, accounting – 3,5 м$^2$, triple replication. The experimental design included the following options: Factor A – weed control method (herbicide "Gezagard" + "Miura"; agrofibre (spunbond); control A); Factor B – root feeding with growth stimulants (organo-mineral fertilizer "Izagri Vita"; microbiological preparations "Cyanobacterial consortium" (CBC) and "Biopolicide"; control Б). Weather and climatic conditions in 2020 were the most favourable for T. vulgaris growth and development: temperature regime – optimal; amount of precipitation – slightly higher than the long-term average data. Studies have shown that agrofibre was the best technique among the studied weed control methods. It inhibited the growth of weeds during the growing season, hence contributing to the productivity increment. This effect can be achieved thanks to the retention of moisture in the soil and, consequently, enhancing plant development. The highest indicators of yield, essential oil content in fresh raw materials and amount of essential oil were obtained in the variant with the use of agrofiber and preparation "Cyanobacterial consortium". These indicators exceeded control figures by 1.5 times, 1.3 times and 66.6 %, respectively. The content of the main and the most valuable component of T. vulgaris essential oil – thymol in all variants met the requirements of the standard. The study also substantiated the significant costs in the year of nursery plot laying associated with soil preparation, purchase of seedlings, agrofibre and CBC. Thymus vulgaris nursery plot exploitation became cost-effective from the 2$^{nd}$ year of plant vegetation. In the variant recommended for use, the profitability reached 464.3 %, which was $^1/_3$ higher than that of in the control one.*

***Keywords:*** *Thymus vulgaris, stimulating preparations, weeds, productivity, profitability.*

Каширина Наталья Александровна, научный сотрудник отдела эфиромасличных и лекарственных культур, лаборатории поддержания стабильности и качества сортов ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295043, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: natalia.kashirina.96@mail.ru.

Дроботова Елена Николаевна, научный сотрудник отдела эфиромасличных и лекарственных культур, лаборатории поддержания стабильности и качества сорто, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295043, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: elena-drobotova0345@mail.ru.

Невкрытая Наталья Владимировна, кандидат биологических наук, заведующая отделом селекции селекционно-семеноводческого центра по эфиромасличным культурам, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: nevkritaya@mail.ru.

Скипор Олег Болеславович, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом эфиромасличных и лекарственных культур, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: olegskipor@mail.ru.

Kashirina Natalya Aleksandrovna, researcher, Laboratory for maintaining variety stability and quality, Department of essential oil and medicinal crops, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295043, Russia; e-mail: natalia.kashirina.96@mail.ru.

Drobotova Elena Nikolaevna, researcher, Laboratory for maintaining variety stability and quality, Department of essential oil and medicinal crops, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295043, Russia; e-mail: elena-drobotova0345@mail.ru.

Nevkrytaya Natalya Vladimirovna, Cand. Sc. (Biol.), head of the Department of breeding, Center of Essential Oil Crops Breeding and Seed Production, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: nevkritaya@mail.ru.

Skipor Oleg Boleslavovich, Cand. Sc. (Agr.), head of the Department of aromatic and medicinal plants, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”, 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: oleg_skipor@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 30.07.2022.*
*Дата принятия к печати – 21.10.2022.*

УДК 581.3:581.162:577.16.085
EDN AHNJVD

Круглова Н. Н.

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАСУХОУСТОЙЧИВЫХ ГЕНОТИПОВ ХЛЕБНЫХ ЗЛАКОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЫЛЬНИКОВ КАК ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ: ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Уфимский институт биологии – обособленное структурное подразделение
ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук»

***Реферат.*** *Физиологическая засуха расценивается как абиотический стресс-фактор, под воздействием которого растения испытывают длительный водный дефицит в воздухе и почве. Устойчивость растений к засухе – сложный процесс, регулируемый многими генетическими и эпигенетическими факторами. При выявлении засухоустойчивых генотипов хлебных злаков для включения их в соответствующие селекционные программы в последние годы применяется такой подход, как оценка генотипов по признаку теплоустойчивости в контролируемых экспериментальных условиях (климатические камеры, фитотроны, теплицы) при температурах выше оптимальных, что позволяет моделировать действие засухи. Этот подход методологически оправдан, поскольку механизмы формирования засухоустойчивости и теплоустойчивости тесно связаны. В статье представлен критический обзор современного состояния исследований в области выявления и оценки цитофизиологических и молекулярно-генетических показателей теплоустойчивых (а значит, и засухоустойчивых) генотипов хлебных злаков с применением пыльников как наиболее чувствительных к засухе генеративных органов. Подчеркивается, что при оценке стресс-реакции пыльников в ответ на повышенные температуры воздуха важно применять разработанный на основе данных описательной и экспериментальной эмбриологии растений системный подход к этим генеративным органам, с учетом критических стадий их развития. Изложена авторская периодизация развития пыльника злаков как сложной интегрированной системы, элементы которой (спорогенная ткань и ткани стенки) развиваются в тесной взаимосвязи. При анализе ответных реакций пыльников злаков на действие высоких температур уделено внимание их статусу в критических стадиях развития (соответствуют микроспороцитам в мейотическом состоянии и микроспорам в предмитотическом состоянии), когда клетки особенно чувствительны к действию стресс-факторов. Рассмотрены преимущества* omics-*подхода к пыльникам в условиях экспериментов, что дает возможность выявить гены устойчивости к высоким температурам в целях молекулярной селекции высокопродуктивных сортов по признаку засухоустойчивости, а также в создании засухоустойчивых трансгенных растений.*

***Ключевые слова:*** *пыльник, микроспороцит, микроспора, системный подход, засуха, стресс-устойчивость, пшеница, ячмень, рис, кукуруза.*

***Для цитирования:*** *Круглова Н. Н. Экспериментальное выявление засухоустойчивых генотипов хлебных злаков на основе использования пыльников как интегрированных систем: постановка проблемы // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 106–121. EDN: AHNJVD.*

***For citation:*** *Kruglova N. N. Experimental identity of cereal drought-resistant genotypes based on the use of anthers as the integrated systems: problem statement // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 106–121. EDN: AHNJVD.*

## Введение

Физиологическая засуха расценивается как абиотический стресс-фактор, под воздействием которого растения испытывают длительный водный дефицит в воздухе и почве [1]. О чрезвычайной актуальности исследования проблемы устойчивости растений к засухе в условиях угрозы глобального потепления климата [2] свидетельствует обширнейшая литература, посвященная выявлению различных аспектов действия этого стресс-фактора на рост и развитие растений [3–7].

Важное направление современной селекции растений состоит в создании высокоурожайных засухоустойчивых сортов хлебных злаков – основного продовольственного ресурса. При этом, однако, необходимо предварительно выявить засухоустойчивые генотипы для включения их в соответствующие селекционные программы, как традиционные, так и основанные на данных генной инженерии, редактировании генома, omics-методов.

Выявлять засухоустойчивые генотипы злаков, безусловно, важно в полевых условиях при непосредственном действии этого стресс-фактора. Однако, как свидетельствует анализ доступной литературы, такие исследования единичны [8, 9], что обусловлено главным образом значительными методическими трудностями (сравнительно короткий вегетационный сезон, невозможность создать контроль проводимых экспериментов и др.).

В этой области исследований в последние годы применяется следующий подход: предварительную оценку засухоустойчивости давать на примере теплоустойчивых генотипов злаков, полученных экспериментально с применением климатических камер, фитотронов, теплиц. Такой подход методологически достаточно оправдан. Хорошо известно, что засуха тесно связана с повышенными температурами воздуха [1, 10–14]. Экспериментальные условия, позволяющие задать контролируемый режим температур воздуха выше оптимальных, дают возможность моделировать действие засухи и выявить теплоустойчивые генотипы. Кроме того, сходство ответных стресс-реакций растений на действие как повышенных температур воздуха, так и засухи [15–17] позволяет исследовать в таких модельных условиях адаптивные молекулярные, клеточные и тканевые механизмы засухоустойчивости растений [18], знание о которых крайне важно в селекционных исследованиях.

В экспериментальной оценке теплоустойчивости генотипов злаков активно используются пыльники. Этот подход также методологически оправдан. В результате многочисленных исследований установлено, что именно пыльники наиболее чувствительны к действию засухи [19, 20], а индуцируемое засухой снижение качества пыльцевых зерен, вплоть до их стерильности [21, 22], значительно снижает общий репродуктивный успех [23].

С другой стороны, пыльники, как генеративные органы, являются предметом исследований эмбриологии растений. Важно, на наш взгляд, при оценке стресс-реакции пыльников в ответ на повышенные температуры воздуха применять разработанный на основе данных описательной и экспериментальной эмбриологии растений системный подход к этим генеративным органам с учетом критических стадий их развития.

**Цель данной статьи** – на примере литературных и собственных данных проанализировать обоснование выявления засухоустойчивых генотипов хлебных злаков в условиях экспериментов на основе использования пыльников как сложных интегрированных систем с учетом критических стадий их развития.

## Развитие пыльника злаков: системный подход и критические стадии

Пыльник представляет собой фертильную часть тычинки; это специализированный генеративный орган семенного размножения, основная

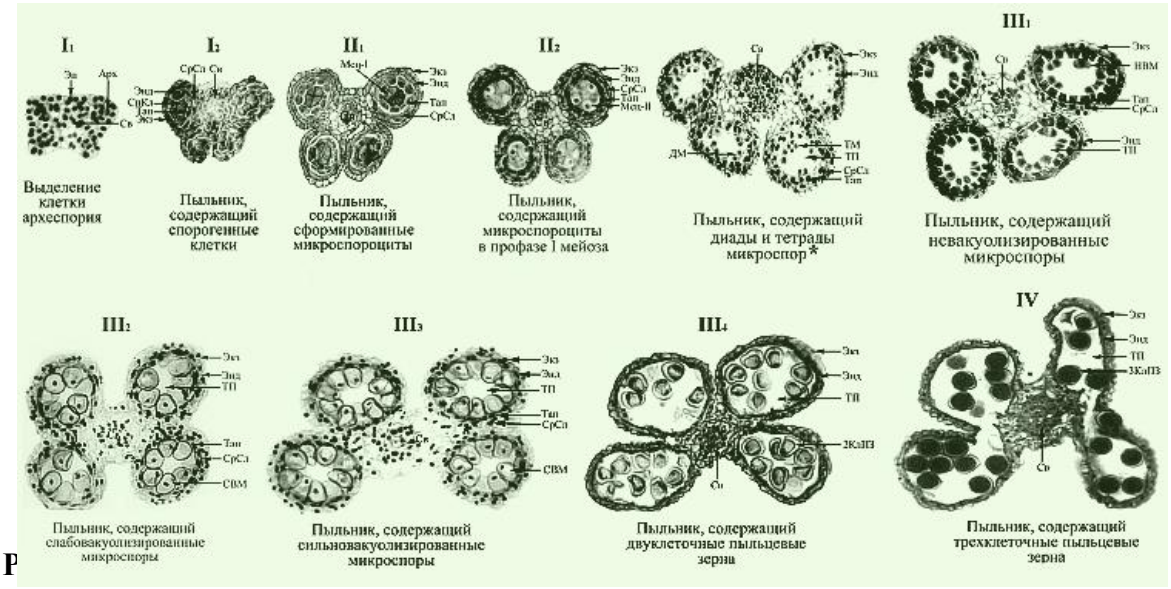
функция которого связана с формированием и развитием мужских гаметофитов – пыльцевых зерен, содержащих мужские гаметы – спермии [24]. К настоящему времени морфогенез пыльника достаточно подробно изучен у представителей различных семейств цветковых растений. Установлено, что в сформированном виде этот генеративный орган представлен небольшим числом тканей (спорогенная ткань и ткани стенки: тапетум, эндотеций, средний слой, экзотеций), имеющих общее происхождение [25].

Т. Б. Батыгиной [24] на основании анализа значительного экспериментального материала разработан системный подход к морфогенезу пыльника. Исследователем высказано мнение о том, что происходящие от общих инициалей спорогенная ткань и ткани стенки развиваются взаимосвязано по принципу части и целого в пределах единой интегрированной системы пыльника, обладающей общим регуляторным механизмом. Элементы этой системы – спорогенная ткань и ткани стенки – структурно достигают уровня специализации, обусловленной выполняемыми ими функциями. Каждая из тканей стенки играет свою роль в ходе развития спорогенных клеток, дающих начало пыльцевым зернам. Более того, нормальный ход развития пыльцевых зерен зависит от нормального функционирования всех тканей стенки пыльника. Автором показана перспективность использования системного подхода к изучению морфогенеза пыльника не только в естественных условиях, но и в ходе экспериментов, и предложены следующие подходы: (1) проводить исследования на видах растений, контрастирующих по способу репродукции и типу развития пыльников; (2) анализировать развитие пыльников в динамике и во взаимосвязи с тканями материнского организма; (3) сопоставлять кинетику морфологических и физиолого-биохимических процессов в развивающихся пыльниках; (4) экспериментально моделировать условия для разных стадий развития пыльников; (5) учитывать, что дифференциация пыльника протекает в системе «пыльник – окружающая среда».

Системный подход положен в основу периодизации развития пыльника злаков, разработанной с использованием литературных данных по формированию и дифференциации спорогенной ткани и тканей стенки [26]. В генезисе этого генеративного органа предложено выделять периоды: I. Формирование пыльника (стадии: заложение тычиночного бугорка, формирование клеток археспория, формирование спорогенной ткани и тканей стенки гнезда). II. Сформированный пыльник (стадии: формирование микроспороцитов; мейоз микроспороцитов); при этом сопряженно происходит формирование стенки гнезда, которая характеризуется наличием окончательного числа еще не специализированных, но уже сформированных тканей. III. Созревание пыльника (стадии: формирование тетрад микроспор и их распад; невакуолизированная микроспора; слабовакуолизированная микроспора; сильновакуолизированная микроспора; митоз сильновакуолизированных микроспор с формированием двуклеточных (генеративная и вегетативная клетки) пыльцевых зерен; митоз генеративных клеток, формирование трехклеточных (два спермия в цитоплазме вегетативной клетки) пыльцевых зерен); при этом сопряженно происходит специализация тканей стенки гнезда: экзотеций, эндотеций, средний слой, тапетум. IV. Зрелый пыльник (пыльник к моменту вскрывания: трехклеточные пыльцевые зерна); из тканей стенки гнезда ясно выражены только узкоспециализированные экзотеций и эндотеций.

Схема строения пыльника злаков на различных стадиях развития, разработанная нами на основе исследования [26] с применением оригинальных цито-гистологических данных по развитию пыльника пшеницы, представлена на рисунке.

Следует отметить, что стадийности развития пыльника злаков экспериментаторами в целом уделяется достаточное внимание, что обусловлено методической необходимостью при проведении генетических, молекулярно-генетических, биотехнологических исследований. В то же время при разработке периодизаций авторы, как правило, не рассматривают пыльники как интегрированные системы, не учитывают тесные взаимоотношения развивающихся спорогенной ткани и тканей стенки пыльника, а во главу угла ставят только развитие пыльцевого зерна.




Р

***Примечания:*** *I – формирование пыльника; II – сформированный пыльник; III – созревание пыльника; IV – зрелый пыльник. Арабскими цифрами отмечены некоторые стадии развития спорогенных клеток в пределах соответствующих периодов. Арх – археспорий, ДМ – диада микроспор, Мсц – микроспороцит, Св – связник, СВМ – сильновакуолизированная микроспора, СрСл – средний слой, Тап – тапетум, ТМ – тетрада микропор, ТП – тапетальная полость, Экз – экзотеций, Энд – эндотеций, Эп – эпидермис, 2КлПЗ – двуклеточное пыльцевое зерно; 3КлПЗ – трехклеточное пыльцевое зерно. Пояснения в тексте.*

Однако ряд публикаций составляет исключение. Так, в обстоятельной работе, выполненной на примере пшеницы, ячменя, риса и кукурузы, авторы на основании морфологического критерия (длина пыльника) выделили в развитии этих генеративных органов премейотический, мейотический и постмейотический периоды, выявив динамику накопления малых РНК во всех тканях пыльников в каждом периоде [28]. Важно указать, что выделение таких периодов было впервые предложено С.А. Резниковой на примере пыльников лилейных [27]. В исследованиях последних лет большое внимание уделяется изучению транскрипционных факторов, экспрессируемых в различных тканях пыльника злаков на той или иной стадии развития, например, у мутантов риса [29].

Некоторые из стадий развития пыльника злаков предложено [24] относить к критическим. Следует отметить, что понятие «критическая стадия развития» используется в различных областях биологии развития растений, при этом предлагаются различные критерии выделения таких стадий. В контексте данной статьи важен критерий, основанный на повышенной чувствительности растений к воздействию внешних стрессовых факторов, впервые сформулированный П.И. Броуновым (1897, цит. по [24]). В целом, значительная роль стадий развития злаков в ответной реакции растений на засуху хорошо известна [30].

**Пыльники злаков в экспериментальной оценке действия высоких температур**

Экспериментально установлено, что оптимальная температура воздуха для развития пыльников злаков в среднем составляет 28 °С [30]. Температуры на 5–15 °С выше этого показателя, особенно при их длительном воздействии, вызывают тепловой стресс в клетках пыльника путем негативных изменений физиолого-биохимических (синтез активных форм кислорода, дезактивация фотосинтетических ферментов, нарушение митохондриального дыхания и др.) [11] и молекулярно-генетических (например, нарушение экспрессии генов, участвующих в регуляции транскрипции, транспорта и метаболизма [21]) параметров.

Как показывает анализ литературных данных, в ходе экспериментов по воздействию на пыльники злаков температур выше оптимальных достоверно выявлены две стадии развития пыльника, которые можно отнести к критическим, т.е. таким, когда пыльник особенно чувствителен к действию этого стресс-фактора.

Одна из таких стадий соответствует мейозу микроспороцитов (рис., $II_2$), что вполне закономерно: негативное воздействие абиотических стрессов на мейоз хорошо установлено для многих растений [31].

Экстремальное тепловое воздействие на пыльники ячменя во время стадии мейоза приводило к прекращению биосинтеза ауксинов, остановке экспрессии генов, участвующих в репликации ДНК, в отдельных случаях – блокированию мейотического деления [21]. Даже кратковременное действие высоких температур воздуха вызывало снижение фертильности пыльцы этого злака из-за изменений в мейотических процессах за счет аномалий в образовании кроссоверов и несбалансированности сегрегации хромосом [22].

В микроспороцитах пшеницы также отмечены мейотические аберрации, индуцируемые действием теплового стресса: нерегулярная сегрегация хромосом, образование хромосомных мостиков и микроядер [32]. У 19 генотипов пшеницы мейоз оказался более уязвимой к тепловому воздействию стадией в сравнении с цветением (соответствует стадии зрелого пыльцевого зерна. – Авт.) [33]. Показано, что пыльники пшеницы наиболее чувствительны к действию высоких температур во время таких фаз мейоза, как интерфаза и лептотена [34].

Важно отметить, что пыльники ряда злаков в стадии мейоза оказались самыми уязвимыми и к искусственному дефициту воды: такой дефицит приводил не только к дегенерации микроспороцитов, но и к аномальному увеличению размеров клеток среднего слоя и аномальной вакуолизации клеток тапетума, а в целом вызывал стерильность пыльцы [35]. Эти результаты, как и, например, аналогичные результаты изучения действия стресс-фактора холодового воздействия на мейотические пыльники риса [36], позволяют предположить общность клеточных и тканевых механизмов действия различных стресс-факторов на пыльники растений, особенно в критических стадиях развития. В пользу этого предположения свидетельствуют и данные по реакции пыльников *Arabidopsis thaliana* в стадии мейоза в ответ на действие температур выше пороговых: методом флуоресцентной гибридизации *in situ* в микроспороцитах этого растения также продемонстрированы нарушения разделения хромосом и цитокинеза [37].

Исследователями выделяется ещё одна особенно чувствительная к действию теплового стресс-фактора *in situ* стадия развития пыльника злаков, которая соответствует микроспоре в предмитотическом состоянии (рис., $III_1$-$_3$) [19, 21, 30].

Выявлено, что стрессовая обработка высокой температурой пыльников риса, содержащих микроспоры, приводила к снижению жизнеспособности пыльцы и/или нарушению ее способности прорастать на рыльце [38]. Для этого злака приводятся сведения об индуцированных высокотемпературным стрессом аномалиях не только

микроспор, но и тканей стенки пыльника; при этом отмечена особенно повышенная чувствительность клеток тапетума [39].

Важно обратить внимание на то, что критичность пыльника в стадии, соответствующей микроспоре, подтверждается и у мужскостерильного мутанта риса раа1 без внешнего стрессового воздействия. Пыльники этого мутанта становились стерильными именно на стадии микроспоры, что коррелировало с деградацией тапетума (а именно, деформацией телец Убиша) и дефектами в формирующейся экзине оболочки микроспор [28].

Необходимо проанализировать блок экспериментальных исследований, напрямую не связанных с оценкой действия засухи, однако посвященных не только стресс-действию высоких температур на пыльники злаков в стадии, соответствующей микроспоре, но и оценке структуры этой клетки, которую предложено относить к группе стволовых клеток [24]. Такие исследования основаны на использовании биологического феномена андроклинии (в другой терминологии, андрогенез *in vitro*), состоящего в переключении программы развития микроспоры с обычного гаметофитного пути, приводящего к образованию зрелого пыльцевого зерна, на индуцированный стрессом спорофитный путь, ведущий к формированию растения-регенеранта в условиях *in vitro* и *ex vitro* [40]. Например, для пшеницы установлено, что высокотемпературный режим воздействия на пыльники, индуцирующий спорофитный морфогенез микроспоры, составляет 32–34 $^0$С в течение четырех суток [41]. Такое воздействие вызывает индукцию синтеза белков теплового шока, которые, действуя как молекулярные шапероны, блокируют программу гаметофитной дифференциации микроспоры [42] и, по-видимому, создают возможность реализации спорофитной дифференциации микроспоры как стволовой клетки. Показано, что морфогенетическая компетентность к переключению развития на спорофитный путь морфогенеза определяется структурной организацией микроспоры, главным образом наличием крупной центральной вакуоли, что и определяет ее повышенную чувствительность к экспериментальному стрессовому воздействию [40]. Важно подчеркнуть принципиальное сходство строения микроспоры со структурой зиготы большинства цветковых растений, что свидетельствует о сходстве морфологии инициальных клеток при различных системах репродукции растений [24]. Выявлено также, что температурный стресс индуцирует отрыв микроспор от стенки пыльника, нарушая тем самым общую интегрированность системы пыльника. В целом, предварительное стрессовое температурное воздействие относится к обязательным этапам биотехнологии культивирования изолированных пыльников злаков [40, 43, 44].

Другие стадии развития пыльника злаков с позиции стресс-реакции на действие высоких температур воздуха изучены в значительно меньшей степени и посвящены главным образом аномалиям в прорастании пыльцевых трубок [45], то есть без оценки состояния тканей стенки пыльника.

Таким образом, можно полагать, что в результате выполненных экспериментов достаточно достоверно выявлены критические стадии развития системы пыльника злаков, во время которых клетки особенно чувствительны к действию высоких температур воздуха. Эти стадии соответствуют микроспороциту в мейотическом состоянии и микроспоре в предмитотическом состоянии. На наш взгляд, стадия развития пыльника, соответствующая митозу двуклеточных пыльцевых зерен, также может быть критической. Такого рода данные выявлены, например, по отношению к пыльце злаков, уязвимой к дефициту воды на этой стадии [46]. Однако такое предположение требует специальных исследований.

Необходимо проанализировать современное направление исследований пыльников злаков, посвященное их молекулярно-генетическому анализу при действии повышенных температур воздуха. Эти работы чрезвычайно интересны с

позиции выявления эмбриологических показателей растений в экстремальных условиях.

Отметим особую перспективность в этом отношении omics-подхода, включающего комплексное использование показателей геномики, протеомики и метаболомики [47]. Такого рода исследования проводятся на примере сравнительного анализа пыльников заведомо теплоустойчивых и теплочувствительных генотипов злаков. Это позволяет выявить гены устойчивости к высоким температурам в целях молекулярной селекции высокопродуктивных сортов по признаку засухоустойчивости [48], а также в создании засухоустойчивых трансгенных растений [49].

Большинство исследований в этой области посвящено изучению пыльников риса, что неудивительно, учитывая выращивание этого хлебного злака в основном в жарких климатических условиях. Так, у теплоустойчивого сорта методом РНК-секвенирования зрелых пыльников выявлена активизация генов, кодирующих белки-шапероны теплового шока [50]. На примере репродуктивных органов риса (включая пыльники) с использованием наборов транскриптомных данных на основе микрочипов и РНК-секвенирования выявлены 45 генов-кандидатов для ускоренного выведения теплоустойчивых сортов; авторы высказали мнение о существовании у риса общего регуляторного механизма «смягчения» теплового стресса на репродуктивной стадии [51].

Метаболомные исследования пыльников риса в этом направлении пока ограничены небольшим числом работ. Например, у теплоустойчивого и теплочувствительного сортов риса выявлены контрастные метаболомные изменения в органах цветка (включая пыльники) до и после опыления, при этом идентифицированы метаболические маркеры, определяющие репродуктивный успех в условиях теплового стресса, и выявлена важная роль метаболизма сахаров в формировании теплотолерантности цветков [52]. С использованием метода масс-спектрометрии в обработанной высокими температурами зрелой пыльце теплоустойчивого сорта выявлено значительное содержание фосфатидилинозитола (предшественник фосфоинозитида, индуцирующего передачу сигналов для прорастания пыльцы (Авт.)), при полном его отсутствии в пыльце теплочувствительного сорта [53].

Ряд работ по omics-исследованию пыльников теплоустойчивых и теплочувствительных сортов под действием высоких температур выполнен и для пшеницы. Так, сравнение метаболического профилирования показало накопление некоторых аминокислот, гормона АБК и ИУК-коньюгатов при снижении содержания полиаминов и органических кислот у теплочувствительного сорта [54]. Транскриптомный анализ выявил ряд экспрессируемых в пыльниках теплоустойчивых сортов пшеницы ключевых генов, участвующих в биосинтезе гормонов (ауксин, этилен, гиббереллин), передаче сигналов, реакции на тепловой шок и в общем развитии пыльников [55]. Однако для пшеницы таких работ в литературе представлено сравнительно немного, хотя, например, метаболомика пыльников пшеницы в норме, без теплового воздействия, изучается достаточно активно [56].

В целом, в литературе представлено немало работ, посвященных использованию пыльников хлебных злаков в оценке экспериментального действия высоких температур. В ряде публикаций показана перспективность omics-подхода в оценке теплоустойчивости этих генеративных органов. В то же время системный подход к пыльникам при анализе их теплоустойчивости (а значит и

засухоустойчивости) представлен в единичных работах, к тому же без использования понятия «пыльник – сложная интегрированная система».

Следует отметить, что в экспериментальных исследованиях пыльников злаков с целью выявления засухоустойчивости генотипов, в сравнении с достаточно обширными разработками с применением других репродуктивных органов злаков – зародышей [57–63], пока имеется немало нерешенных вопросов, в том числе методических. Так, в отличие от наличия стандартных тестов для скрининга засухоустойчивости проростков злаков [64], отсутствуют единые тест-системы к оценке засухоустойчивости пыльников. Кроме того, не разработана унифицированная терминология при оценке качества пыльцевых зерен – и это касается не только злаков, но и цветковых растений в целом [65].

**Выводы**

Устойчивость хлебных злаков к абиотическому стресс-фактору засухи – сложный процесс, регулируемый многими генетическими и эпигенетическими факторами, изучение действия которых представляет значительную трудность. В этой связи для выявления генотипов злаков, перспективных для включения в селекционные программы по созданию засухоустойчивых сортов, важно применять адекватные методологические подходы. В данной статье, на основе литературных и собственных данных, мы проанализировали некоторые из них: использование экспериментальных систем, позволяющих моделировать условия засухи действием высоких температур воздуха, выявление в таких условиях теплоустойчивых генотипов; использование пыльников в оценке теплоустойчивости генотипов злаков; применение при оценке стресс-реакции пыльников системного подхода с учетом критических стадий их развития.

Такие подходы методологически вполне оправданы. Хорошо известно, что засуха тесно связана с повышенными температурами воздуха (это следует и из самого определения засухи). Контролируемые условия в климатических камерах, фитотронах, теплицах позволяют задать режим температур воздуха выше оптимальных и тем самым моделировать действие засухи и, что особенно важно, выявлять и изучать необходимые в современной селекционной работе клеточные, молекулярные механизмы формирования теплоустойчивости, а значит и засухоустойчивости растений.

При проведении экспериментов по выявлению засухоустойчивых генотипов злаков в модельных условиях перспективно использовать пыльники как чувствительные к действию засухи генеративные органы. Подчеркнем, что с позиции описательной и экспериментальной эмбриологии растений при оценке стресс-реакции пыльников как интегрированных систем важно использовать пыльники в критических стадиях развития, когда клетки этих генеративных органов особенно чувствительны к действию абиотических стресс-факторов. Как свидетельствует анализ литературных данных, пока достоверно можно выделить две критические стадии развития пыльников злаков: соответствуют микроспороциту в мейотическом состоянии и микроспоре в предмитотическом состоянии. В то же время системный подход к пыльникам при анализе их экспериментальной теплоустойчивости (а значит, и засухоустойчивости) представлен в единичных работах и без использования понятия «пыльник – интегрированная система».

Особый интерес в выявлении засухоустойчивых генотипов злаков вызывает так называемый omics-подход, включающий комплексное использование показателей геномики, протеомики и метаболомики. Сравнение установленных в условиях экспериментов omics-характеристик пыльников сортов злаков, контрастных по реакции на повышенные температуры воздуха, позволяет выявить как

молекулярные маркеры стресс-устойчивости генотипов на чувствительных репродуктивных стадиях, так и гены устойчивости к высоким температурам. Такие данные чрезвычайно важны в молекулярной селекции высокопродуктивных сортов по признаку засухоустойчивости, а также способствуют созданию засухоустойчивых трансгенных растений.

В целом же, использование в модельных стрессовых условиях именно пыльников как сложных интегрированных систем, особенно в критических стадиях развития, на наш взгляд, достаточно перспективно в современных исследованиях засухоустойчивости хлебных злаков в селекционных целях.

***Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России № 075-00326-19-00 по теме № АААА-А18-118022190099-6.***

## Литература

1. Кудоярова Г. Р., Холодова В. П., Веселов Д. С. Современное состояние проблемы водного баланса растений при дефиците воды // Физиология растений. 2013. Т. 60. № 2. С. 155–165. DOI: 10.7868/S0015330313020140.

2. Climate change and food security with emphasis on wheat // Ed. by Ozturk M., Cul A. Academic Press (Elsevier), 2020. 370 p.

3. Sattar S., Afzal R., Nawaz B., Shahid A. Biochemical, molecular and morpho-physiological attributes of wheat to upgrade grain production and compete with water stress // International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research. 2019. Vol. 3. No. 3. P. 510–528. DOI: 10.29329/ijiaar.2019.206.16.

4. Plant life under changing environment: responses and management // Ed. by Tripathi D. K. Academic Press (Elsevier), 2020. 1020 p. DOI: 10.1016/C2018-1-02300-8.

5. Chowdhury M. K., Hasan M. A., Bahadur M. M., Islam M. R., Hakim M. A., Iqbal M. A., Javed T., Raza A., Shabbir R., Sorour S., Elsanafawy N. E. M., Anwar S., Alamri S., Sabagh A. E. L., Islam M. S. Evaluation of drought tolerance of some wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes through phenology, growth, and physiological indices // Agronomy. 2021. Vol. 11. Iss. 9. Art. No. 1792. DOI: 10.3390/agronomy11091792.

6. Yadav B., Jogawat A., Rahman M. S., Narayan O. P. Secondary metabolites in the drought stress tolerance of crop plants: a review // Gene Reports. 2021. Vol. 23. Art. No. 101040. DOI: 10.1016/j.genrep.2021.101040.

7. Marone D., Mastrangelo A. M., Borelli G. M., Mores A., Laido G., Russo M. A., Ficco D. B. M. Specialized metabolites: physiological and biochemical role in stress resistance, strategies to improve their accumulation, and new applications in crop breeding and management // Plant Physiology and Biochemistry. 2022. Vol. 172. P. 48–55. DOI: 10.1016/j.plaphy.2021.12.037.

8. Алабушев А. В., Ионова Е. В., Лиховидова В. А., Газе В. Л. Оценка засухоустойчивости озимой мягкой пшеницы в условиях модельной засухи // Земледелие. 2019. № 7. С. 35–37. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10709.

9. Lawas L. M. F., Erban A., Kopka J., Jagadish S. V. K., Zuther E., Hincha D. K. Metabolic responses of rice source and sink organs during recovery from combined drought and heat stress in the field // GigaScience. 2019. Vol. 8. No. 8. Art. No. giz102. DOI: 10.1093/gigascience/giz102

10. Jagadish S. Heat stress during flowering in cereals – effects and adaptation strategies // New Phytologist. 2020. Vol. 226. No. 6. P. 1567–1572. DOI: 10.1111/nph.16429.

11. Gyawali A., Upadhyaya K., Panthi B., Ghimire H., Gautam G., Gupta S. Heat stress effect on wheat: a review // *i* TECH MAG. 2021. Vol. 3. DOI: 10.26480/itechmag.03.2021.05.08.

12. Jagadish S., Way D., Sharkey T. Scaling plant responses to high temperature from cell to ecosystem // Plant, Cell & Environment. 2021. Vol. 44. No. 7. P. 1987–1991. DOI: 10.1111/pce.14082.

13. Khan A., Ahmad M., Ahmed M., Hussain I. M. Rising atmospheric temperature impact on wheat and thermotolerance strategies // Plants. 2021. Vol. 10. DOI: 10.3390/plants10010043.

14. Langridge P, Reynolds M. Breeding for drought and heat tolerance in wheat // Theoretical and Applied Genetics. 2021. Vol. 134. No. 6. P. 1753–1769. DOI: 10.1007/s00122-021-03795-1.

15. Da Costa M. V. J., Ramegowda V., Sreeman S., Nataraja K. N. Targeted phytohormone profiling identifies potential regulators of spikelet sterility in rice under combined drought and heat stress // International Journal of Molecular Sciences. 2021. Vol. 22. No. 21. Art. No. 11690. DOI: 10.3390/ijms222111690.

16. Guo J., Gu X., Lu D. Multiomics analysis of kernel development in response to short-term heat stress at the grain formation stage in waxy maize // Journal of Experimental Botany. 2021. Vol. 72. No. 18. P. 6291–6304. DOI: 10.1093/jxb/erab286.

17. Li L., Zheng Z., Biederman J. A., Qian R., Ran Q., Zhang B., Xu C., Wang F., Zhou S., Che R., Dong J., Xu Z., Cui X., Hao Y., Wang Y. Drought and heat wave impacts on grassland carbon cycling across hierarchical levels // Plant, Cell & Environment. 2021. Vol. 44. P. 2402–2413. DOI: 10.1111/pce.13767.

18. Chen Z., Galli M., Gallavotti A. Mechanisms of temperature-regulated growth and thermotolerance in crop species // Current Opinion in Plant Biology. 2022. Vol. 65. Art. No. 102134. DOI: 10.1016/j.pbi.2021.102134.

19. Khlaimongkhon S., Chakhonkaen S., Tongmark K., Sangarwut N., Panyawut N., Wasinanon T., Sikaewtung K., Wanchana S., Mongkolsiriwatana C., Chunwonges J., Muangprom A. RNA sequencing reveals rice genes involved in male reproductive development under temperature alteration // Plants. 2021. Vol. 10. No. 4. Art. No. 663. DOI: 10.3390/plants10040663.

20. Zhang Z., Hu M., Xu W., Wang Y., Huang K., Zhang C., Wen J. Understanding the molecular mechanism of anther development under abiotic stresses // Plant Molecular Biology. 2021. Vol. 105. No. 1–2. P. 1–10. DOI: 10.1007/s11103-020-01074-z.

21. Lohani N., Singh M. B., Bhalla P. L. High temperature susceptibility of sexual reproduction in crop plants // Journal of Experimental Botany. 2020. Vol. 71. No. 2. P. 555–568. DOI: 10.1093/jxb/erz426.

22. Schindfessel C., Drozdowska Z., De Mooij L., Geelen D. Loss of obligate crossovers, defective cytokinesis and male sterility in barley caused by short-term heat stress // Plant Reproduction. 2021. Vol. 34. P. 243–253. DOI: 10.1007/s00497-021-00415-2.

23. Hu Q., Wang W., Lu Q., Huang J., Peng S., Cui K. Abnormal anther development leads to lower spikelet fertility in rice (*Oryza sativa* L.) under high temperature during the panicle initiation stage // BMC Plant Biology. 2021. Vol. 21. No. 1. Art. No. 428. DOI: 10.1186/s12870-021-03209-w.

24. Батыгина Т. Б. Биология развития растений. Санкт-Петербург: ДЕАН, 2014. 764 с.

25. Astrand J., Knight C., Robson J., Talle B., Wilson Z. A. Evolution and diversity of the angiosperm anther: trends in function and development // Plant Reproduction. 2021. Vol. 34. No. 4. P. 307–319. DOI: 10.1007/s00497-021-00416-1.

26. Круглова Н. Н. Системный подход к морфогенезу пыльника цветковых растений // Бюллетень Главного Никитского ботанического сада. 2022. (В печати).

27. Резникова С. А. Цитология и физиология развивающегося пыльника. М.: Наука, 1984. 270 с.

28. Belander S., Pokhler S., Czymmek K., Meyers B. C. Premeiotic, 24-Nucleotide reproductive phasiRNAs are abundant in anthers of wheat and barley but not rice and maize // Plant Physiology. 2020. Vol. 184. No. 3. P. 1407–1423. DOI: 10.1104/pp.20.00816.

29. Liu J., Zhou Y., Wang L., Zhang Q., Shen Y., Jiang W., Chen X., He H., Hu L. Cytological analysis and fine mapping of *paa1* (post-meiosis abnormal anther 1) mutant with abnormal tapetum and microspore development // Biochemical Genetics. 2022. DOI: 10.1007/s10528-022-10217-4.

30. Mesihovic A., Iannacone R., Firon N., Fragkostefanakis S. Heat stress regimes for the investigation of pollen thermotolerance in crop plants // Plant Reproduction. 2016. Vol. 29. No. 1–2. P. 93–105. DOI: 10.1007/s00497-016-0281-y.

31. Fuchs L. K., Jenkins G., Phillips D. W. Anthropogenic impacts on meiosis in plants // Frontiers in Plant Science. 2018. Vol. 9. Art. No. 1429. DOI: 10.3389/fpls.2018.01429.

32. Omidi M., Siahpoosh M.R., Mamghani R., Modarresi M. The influence of terminal heat stress on meiosis abnormalities in pollen mother cells of wheat // Cytologia. 2014. Vol. 79. Iss. 1. P. 49–58. DOI: 10.1508/cytologia.79.49.

33. Bokshi A. I., Tan D., Thistlethwaite R. J., Trethowan R., Kunz K. Impact of elevated $CO_2$ and heat stress on wheat pollen viability and grain production // Functional Plant Biology. 2021. Vol. 48. No. 5. P. 503–514. DOI: 10.1071/FP20187.

34. Draeger T, Moore G. Short periods of high temperature during meiosis prevent normal meiotic progression and reduce grain number in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) // Theoretical and Applied Genetics. 2017. Vol. 130. No. 9. P. 1785–1800. DOI: 10.1007/s00122-017-2925-1.

35. Yu J., Jiang M., Guo C. Crop pollen development under drought: from the phenotype to the mechanism // International Journal of Molecular Sciences. 2019. Vol. 20. No. 7. Art. No. 1550. DOI: 10.3390/ijms20071550.

36. Arshad M. S., Farooq M., Asch F., Krishna J. S. V., Prasad P. V. V., Siddique K. H. M. Thermal stress impacts reproductive development and grain yield in rice // Plant Physiology and Biochemistry. 2017. Vol. 115. P. 57–72. DOI: 10.1016/j.plaphy.2017.03.011.

37. Lei X., Ning Y., Elesawi I. E., Yang K., Chen C., Wang C., Liu B. Heat stress interferes with chromosome segregation and cytokinesis during male meiosis in *Arabidopsis thaliana* // Plant Signaling & Behavior. 2020. Vol. 15. No. 5. Art. No.1746985. DOI: 10.1080/15592324.2020.1746985.

38. Das S., Krishnan P., Nayak M., Ramakrishnan B. High temperature stress effects on pollens of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes // Environmental and Experimental Botany. 2014. Vol. 101. P. 36–46. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2014.01.004.

39. Hu Q., Wang W., Lu Q., Huang J., Peng S., Cui K. Abnormal anther development leads to lower spikelet fertility in rice (*Oryza sativa* L.) under high temperature during the panicle initiation stage // BMC Plant Biology. 2021. Vol. 21. No. 1. Art. No. 428. DOI: 10.1186/s12870-021-03209-w.

40. Круглова Н. Н. Инновационная биотехнология андроклинной гаплоидии пшеницы на основе комплекса эмбриологических и цитофизиологических данных // Экобиотех. 2019. Т. 2. № 3. С. 234–245. DOI: 10.31163/2618-964X-2019-2-3-234-245.

41. Дьячук Т. И., Хомякова О. В., Акинина В. Н., Кибкало И. А., Поминов А. В. Микроспоровый эмбриогенез *in vitro* – роль стрессов // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 1. С. 86–94. DOI: 10.18699/VJ19.466.

42. Bednarek P. T., Pachota K. A., Dynkowska W. M., Machczyńska J., Orłowska R. Understanding *in vitro* tissue culture-induced variation phenomenon in microspore system // International Journal of Molecular Sciences. 2021. Vol. 22. Art. No. 7546. DOI: 10.3390/ijms22147546.

43. Кулуев Б. Р., Круглова Н. Н., Зарипова А. А., Фархутдинов Р. Г. Основы биотехнологии растений. Уфа: изд-во Башкирского государственного университета, 2017. 244 с.

44. Doubled Haploid Technology. Volume 2: Hot Topics, Apiaceae, Brassicaceae, Solanaceae / Ed. by Seguí-Simarro J. M. Valencia, Spain, 2021. DOI: 10.1007/978-1-0716-1335-1.

45. Coast O., Murdoch A. J., Ellis R. H., Hay F. R., Jagadish K. S. Resilience of rice (Oryza spp.) pollen germination and tube growth to temperature stress // Plant, Cell & Environment. 2016. Vol. 39. No. 1. P. 26–37. DOI: 10.1111/pce.12475.

46. Bercy K., Nosenko T., Zhou L. Z., Franger L., Weckwerth W., Dresselhaus T. Male sterility in maize after transient heat stress during the tetrad stage of pollen development // Plant Physiology. 2019. Vol. 181. No. 2. P. 683–700. DOI: 10.1104/pp.19.00707.

47. Kandel S. Wheat responses, defence mechanisms and tolerance to drought stress: a review article // International Journal for Research in Applied Sciences in Biotechnology. 2021. Vol. 8. No. 5. DOI: 10.31033/ijrasb.8.5.14.

48. Wu L., Jing X., Zhang B., Chen S., Xu R., Duan P., Zou D., Huang S., Zhou T., An C., Luo Y., Li Y. A natural allele of OsMS1 responds to temperature changes and confers thermosensitive genic male sterility // Nature Communications. 2022. Vol. 13. No. 1. Art. No. 2055. DOI: 10.1038/s41467-022-29648-z.

49. Liu Y., Liu X., Wang X., Gao K., Qi W., Ren H., Hu H., Sun D., Bai J., Zheng S. Heterologous expression of heat stress-responsive AtPLC9 confers heat tolerance in transgenic rice // BMC Plant Biology. 2020. Vol. 20. No. 1. Art. No. 514. DOI: 10.1186/s12870-020-02709-5.

50. Gonzalez-Schain N., Dreni L., Lawas L. M., Galbiati M., Colombo L., Heuer S., Jagadish K. S., Kater M. M. Genome-wide transcriptome analysis during anthesis reveals new insights into the molecular basis of heat stress responses in tolerant and sensitive rice varieties // Plant & Cell Physiology. 2016. Vol. 57. No. 1. P. 57–68. DOI: 10.1093/pcp/pcv174.

51. Raza Q., Riaz A., Bashir K., Sabar M. Reproductive tissues-specific meta-QTLs and candidate genes for development of heat-tolerant rice cultivars // Plant Molecular Biology. 2020. Vol. 104. No. 1–2. P. 97–112. DOI: 10.1007/s11103-020-01027-6.

52. Li X., Lawas L. M. F, Malo R., Glaubitz U., Erban A., Mauleon R., Heuer S., Zuther E., Kopka J., Hincha D.K., Jagadish K. S. V. Metabolic and transcriptomic signatures of rice floral organs reveal sugar starvation as a factor in reproductive failure under heat and drought stress // Plant, Cell & Environment. 2015. Vol. 38. No. 10. P. 2171–2192. DOI: 10.1111/pce.12545.

53. Wada H., Hatakeyama Y., Nakashima T., Nonami H., Erra-Balsells R., Hakata M., Nakata K., Hiraoka K., Onda Y., Nakano H. On-site single pollen metabolomics reveals varietal differences in phosphatidylinositol synthesis under heat stress conditions in rice // Scientific Reports. 2020. Vol. 10. No. 1. Art. No. 2013. DOI: 10.1038/s41598-020-58869-9.

54. Bheemanahalli R., Impa S. M., Krassovskaya I., Vennapusa A. R., Gill K. S., Obata T., Jagadish S. V. K. Enhanced N-metabolites, ABA and IAA-conjugate in anthers instigate heat sensitivity in spring wheat // Physiologia Plantarum. 2020. Vol. 169. No. 4. P. 501–514. DOI: 10.1111/ppl.13109.

55. Browne R. G., Li S. F., Iacuone S., Dolferus R., Parish R. W. Differential responses of anthers of stress tolerant and sensitive wheat cultivars to high temperature stress // Planta. 2021. Vol. 254. No. 1. Art. No. 4. DOI: 10.1007/s00425-021-03656-7.

56. Tang H., Song Y., Guo J., Wang J., Zhang L., Niu N. Ma S., Zhang G., Zhao H. Physiological and metabolome changes during anther development in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Plant Physiology and Biochemistry. 2018. Vol. 132. P. 18–32. DOI: 10.1016/j.plaphy.2018.08.024.

57. Круглова Н. Н. Выявление автономных зародышей пшеницы как этап разработки экспресс-диагностической биотехнологии получения засухоустойчивых образцов // Пермский аграрный вестник. 2014. № 1. Р. 38–43.

58. Круглова Н. Н., Сельдимирова О. А., Зинатуллина А. Е., Никонов В. И. Выявление засухоустойчивых генотипов пшеницы в культуре незрелых зародышей *in vitro* // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2019. Т. 52. № 4. С. 37–41. DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-37-41.

59. Круглова Н. Н., Титова Г. Е., Сельдимирова О. А., Зинатуллина А. Е., Веселов Д. С. Зародыш цветковых растений в критическую стадию относительной автономности эмбриогенеза (на примере злаков) // Онтогенез. 2020. Т. 51. №. 1. С. 3–18. DOI: 10.31857/S0475145020010024.

60. Круглова Н. Н., Сельдимирова О. А., Зинатуллина А. Е. Эмбриокультура *in vitro* в экспериментальной оценке засухоустойчивости хлебных злаков // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 2(26). С. 127–144. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-2-26-127-144.

61. Зинатуллина А. Е. Оценка засухоустойчивости хлебных злаков на основе эмбриологических данных (на примере пшеницы) // Экобиотех. 2022. Т. 5. № 1. С. 26–40. DOI: 10.31163/2618-964X-2022-5-1-26-40. EDN: XUQMCT.

62. Круглова Н. Н., Сельдимирова О. А. Эмбриогенез *in vivo* засухоустойчивых регенерантов яровой мягкой пшеницы, полученных в эмбриокультуре *in vitro* // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 1(29). С. 65–78. EDN: HEBDGL.

63. Kruglova N. N., Zinatullina A. E. *In vitro* culture of autonomous embryos as a model system for the study of plant stress tolerance to abiotic factors (on the example of cereals) // Biology Bulletin Reviews. 2022. Vol. 12. P. 201–211. DOI: 10.1134/S2079086422020050.

64. Сельдимирова О. А. Тестирование селективных агентов для оценки яровой мягкой пшеницы на устойчивость к засухе // Экобиотех. 2019. Т. 2. № 1. С. 51–62. DOI: 10.31163/2618-964X-2019-2-1-51-62.

65. Круглова Н. Н. Оценка качества пыльцевых зерен цветковых растений // Бюллетень Главного Никитского ботанического сада. 2020. Вып. 135. С. 50–56. DOI: 10.36305/0513-1634-2020-135-50-56.

## References

1. Kudoyarova G. R., Veselov D. S., Kholodova V. P. Current state of the problem of water relations in plants under water deficit // Russian Journal of Plant Physiology. 2013. Vol. 60. No. 2. P. 165–175. DOI: 10.1134/S1021443713020143.

2. Climate change and food security with emphasis on wheat // Ed. by Ozturk M., Cul A. Academic Press (Elsevier), 2020. 370 p.

3. Sattar S., Afzal R., Bashir I., Nawaz B., Shahid A. Biochemical, molecular and morpho-physiological attributes of wheat to upgrade grain production and compete with water stress // International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research. 2019. Vol. 3. No. 3. P. 510–528. DOI: 10.29329/ijiaar.2019.206.16.

4. Plant life under changing environment: responses and management // Ed. by Tripathi D. K. Academic Press (Elsevier), 2020. 1020 p. DOI: 10.1016/C2018-1-02300-8.

5. Chowdhury M. K., Hasan M. A., Bahadur M. M., Islam M. R., Hakim M. A., Iqbal M. A., Javed T., Raza A., Shabbir R., Sorour S., Elsanafawy N. E. M., Anwar S., Alamri S., Sabagh A. E. L., Islam M. S. Evaluation of drought tolerance of some wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes through phenology, growth, and physiological indices // Agronomy. 2021. Vol. 11. Iss. 9. Art. No. 1792. DOI: 10.3390/agronomy11091792.

6. Yadav B., Jogawat A., Rahman M. S., Narayan O. P. Secondary metabolites in the drought stress tolerance of crop plants: a review // Gene Reports. 2021. Vol. 23. Art. No. 101040. DOI: 10.1016/j.genrep.2021.101040.

7. Marone D., Mastrangelo A. M., Borelli G. M., Mores A., Laido G., Russo M. A., Ficco D. B. M. Specialized metabolites: physiological and biochemical role in stress resistance, strategies to improve their accumulation, and new applications in crop breeding and management // Plant Physiology and Biochemistry. 2022. Vol. 172. P. 48–55. DOI: 10.1016/j.plaphy.2021.12.037.

8. Alabushev A. V., Ionova E. V., Likhovidova V. A., Gaze V. L. Estimation of drought resistance of winter common wheat under conditions of model drought // Zemledelie. 2019. No. 7. P. 35–37. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10709.

9. Lawas L. M. F., Erban A., Kopka J., Jagadish S. V. K., Zuther E., Hincha D. K. Metabolic responses of rice source and sink organs during recovery from combined drought and heat stress in the field // GigaScience. 2019. Vol. 8. No. 8. Art. No. giz102. DOI: 10.1093/gigascience/giz102

10. Jagadish S. Heat stress during flowering in cereals – effects and adaptation strategies // New Phytologist. 2020. Vol. 226. No. 6. P. 1567–1572. DOI: 10.1111/nph.16429.

11. Gyawali A., Upadhyaya K., Panthi B., Ghimire H., Gautam G., Gupta S. Heat stress effect on wheat: a review // *i* TECH MAG. 2021. Vol. 3. DOI: 10.26480/itechmag.03.2021.05.08.

12. Jagadish S., Way D., Sharkey T. Scaling plant responses to high temperature from cell to ecosystem // Plant, Cell & Environment. 2021. Vol. 44. No. 7. P. 1987–1991. DOI: 10.1111/pce.14082.

13. Khan A., Ahmad M., Ahmed M., Hussain I. M. Rising atmospheric temperature impact on wheat and thermotolerance strategies // Plants. 2021. Vol. 10. DOI: 10.3390/plants10010043.

14. Langridge P, Reynolds M. Breeding for drought and heat tolerance in wheat // Theoretical and Applied Genetics. 2021. Vol. 134. No. 6. P. 1753–1769. DOI: 10.1007/s00122-021-03795-1.

15. Da Costa M. V. J., Ramegowda V., Sreeman S., Nataraja K. N. Targeted phytohormone profiling identifies potential regulators of spikelet sterility in rice under combined drought and heat stress // International Journal of Molecular Sciences. 2021. Vol. 22. No. 21. Art. No. 11690. DOI: 10.3390/ijms222111690.

16. Guo J., Gu X., Lu D. Multiomics analysis of kernel development in response to short-term heat stress at the grain formation stage in waxy maize // Journal of Experimental Botany. 2021. Vol. 72. No. 18. P. 6291–6304. DOI: 10.1093/jxb/erab286.

17. Li L., Zheng Z., Biederman J. A., Qian R., Ran Q., Zhang B., Xu C., Wang F., Zhou S., Che R., Dong J., Xu Z., Cui X., Hao Y., Wang Y. Drought and heat wave impacts on grassland carbon cycling across hierarchical levels // Plant, Cell & Environment. 2021. Vol. 44. P. 2402–2413. DOI: 10.1111/pce.13767.

18. Chen Z., Galli M., Gallavotti A. Mechanisms of temperature-regulated growth and thermotolerance in crop species // Current Opinion in Plant Biology. 2022. Vol. 65. Art. No. 102134. DOI: 10.1016/j.pbi.2021.102134.

19. Khlaimongkhon S., Chakhonkaen S., Tongmark K., Sangarwut N., Panyawut N., Wasinanon T., Sikaewtung K., Wanchana S., Mongkolsiriwatana C., Chunwonges J., Muangprom A. RNA sequencing reveals rice genes involved in male reproductive development under temperature alteration // Plants. 2021. Vol. 10. No. 4. Art. No. 663. DOI: 10.3390/plants10040663.

20. Zhang Z., Hu M., Xu W., Wang Y., Huang K., Zhang C., Wen J. Understanding the molecular mechanism of anther development under abiotic stresses // Plant Molecular Biology. 2021. Vol. 105. No. 1–2. P. 1–10. DOI: 10.1007/s11103-020-01074-z.

21. Lohani N., Singh M. B., Bhalla P. L. High temperature susceptibility of sexual reproduction in crop plants // Journal of Experimental Botany. 2020. Vol. 71. No. 2. P. 555–568. DOI: 10.1093/jxb/erz426.

22. Schindfessel C., Drozdowska Z., De Mooij L., Geelen D. Loss of obligate crossovers, defective cytokinesis and male sterility in barley caused by short-term heat stress // Plant Reproduction. 2021. Vol. 34. P. 243–253. DOI: 10.1007/s00497-021-00415-2.

23. Hu Q., Wang W., Lu Q., Huang J., Peng S., Cui K. Abnormal anther development leads to lower spikelet fertility in rice (*Oryza sativa* L.) under high temperature during the panicle initiation stage // BMC Plant Biology. 2021. Vol. 21. No. 1. Art. No. 428. DOI: 10.1186/s12870-021-03209-w.

24. Batygina T. B. Plant developmental biology. Saint-Petersburg: DEAN, 2014. 764 p.

25. Astrand J., Knight C., Robson J., Talle B., Wilson Z. A. Evolution and diversity of the angiosperm anther: trends in function and development // Plant Reproduction. 2021. Vol. 34. No. 4. P. 307–319. DOI: 10.1007/s00497-021-00416-1.

26. Kruglova N. N. System approach to the anther morphogenesis of flowering plants // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden. 2022. In press.

27. Reznikova S. A. Cytology and physiology of developing anther. Moscow: Nauka, 1984. 270 p.

28. Belander S., Pokhler S., Czymmek K., Meyers B. C. Premeiotic, 24-Nucleotide reproductive phasiRNAs are abundant in anthers of wheat and barley but not rice and maize // Plant Physiology. 2020. Vol. 184. No. 3. P. 1407–1423. DOI: 10.1104/pp.20.00816.

29. Liu J., Zhou Y., Wang L., Zhang Q., Shen Y., Jiang W., Chen X., He H., Hu L. Cytological analysis and fine mapping of *paa1* (post-meiosis abnormal anther 1) mutant with abnormal tapetum and microspore development // Biochemical Genetics. 2022. DOI: 10.1007/s10528-022-10217-4.

30. Mesihovic A., Iannacone R., Firon N., Fragkostefanakis S. Heat stress regimes for the investigation of pollen thermotolerance in crop plants // Plant Reproduction. 2016. Vol. 29. No. 1–2. P. 93–105. DOI: 10.1007/s00497-016-0281-y.

31. Fuchs L. K., Jenkins G., Phillips D. W. Anthropogenic impacts on meiosis in plants // Frontiers in Plant Science. 2018. Vol. 9. Art. No. 1429. DOI: 10.3389/fpls.2018.01429.

32. Omidi M., Siahpoosh M.R., Mamghani R., Modarresi M. The influence of terminal heat stress on meiosis abnormalities in pollen mother cells of wheat // Cytologia. 2014. Vol. 79. Iss. 1. P. 49–58. DOI: 10.1508/cytologia.79.49.

33. Bokshi A. I., Tan D., Thistlethwaite R. J., Trethowan R., Kunz K. Impact of elevated $CO_2$ and heat stress on wheat pollen viability and grain production // Functional Plant Biology. 2021. Vol. 48. No. 5. P. 503–514. DOI: 10.1071/FP20187.

34. Draeger T, Moore G. Short periods of high temperature during meiosis prevent normal meiotic progression and reduce grain number in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) // Theoretical and Applied Genetics. 2017. Vol. 130. No. 9. P. 1785–1800. DOI: 10.1007/s00122-017-2925-1.

35. Yu J., Jiang M., Guo C. Crop pollen development under drought: from the phenotype to the mechanism // International Journal of Molecular Sciences. 2019. Vol. 20. No. 7. Art. No. 1550. DOI: 10.3390/ijms20071550.

36. Arshad M. S., Farooq M., Asch F., Krishna J. S. V., Prasad P. V. V., Siddique K. H. M. Thermal stress impacts reproductive development and grain yield in rice // Plant Physiology and Biochemistry. 2017. Vol. 115. P. 57–72. DOI: 10.1016/j.plaphy.2017.03.011.

37. Lei X., Ning Y., Elesawi I. E., Yang K., Chen C., Wang C., Liu B. Heat stress interferes with chromosome segregation and cytokinesis during male meiosis in *Arabidopsis thaliana* // Plant Signaling & Behavior. 2020. Vol. 15. No. 5. Art. No.1746985. DOI: 10.1080/15592324.2020.1746985.

38. Das S., Krishnan P., Nayak M., Ramakrishnan B. High temperature stress effects on pollens of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes // Environmental and Experimental Botany. 2014. Vol. 101. P. 36–46. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2014.01.004.

39. Hu Q., Wang W., Lu Q., Huang J., Peng S., Cui K. Abnormal anther development leads to lower spikelet fertility in rice (*Oryza sativa* L.) under high temperature during the panicle initiation stage // BMC Plant Biology. 2021. Vol. 21. No. 1. Art. No. 428. DOI: 10.1186/s12870-021-03209-w.

40. Kruglova N. N. Innovative biotechnology of wheat androclynal haploidy on the basis of embryological and cytophysiological data in complex // Ecobioteh. 2019. Vol. 2. No. 3. P. 234–245. DOI: 10.31163/2618-964X-2019-2-3-234-245.

41. Dyachuk T. I., Khomyakova O. V., Akinina V. N., Kibkalo I. A., Pominov A. V. Microspore embryogenesis *in vitro*: the role of stresses // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. Vol. 23. No. 1. P. 86–94. DOI: 10.18699/VJ19.466.

42. Bednarek P. T., Pachota K. A., Dynkowska W. M., Machczyńska J., Orłowska R. Understanding *in vitro* tissue culture-induced variation phenomenon in microspore system // International Journal of Molecular Sciences. 2021. Vol. 22. Art. No. 7546. DOI: 10.3390/ijms22147546.

43. Kuluev B. R., Kruglova N. N., Zaripova A. A., Farkhutdinov R. G. Bases of plant biotechnology. Ufa: Publishing house of Bashkir State University, 2017. 244 p.

44. Doubled Haploid Technology. Volume 2: Hot Topics, Apiaceae, Brassicaceae, Solanaceae // Ed. by Seguí-Simarro J. M. Valencia, Spain, 2021. DOI: 10.1007/978-1-0716-1335-1.

45. Coast O., Murdoch A. J., Ellis R. H., Hay F. R., Jagadish K. S. Resilience of rice (Oryza spp.) pollen germination and tube growth to temperature stress // Plant, Cell & Environment. 2016. Vol. 39. No. 1. P. 26–37. DOI: 10.1111/pce.12475.

46. Bercy K., Nosenko T., Zhou L. Z., Franger L., Weckwerth W., Dresselhaus T. Male sterility in maize after transient heat stress during the tetrad stage of pollen development // Plant Physiology. 2019. Vol. 181. No. 2. P. 683–700. DOI: 10.1104/pp.19.00707.

47. Kandel S. Wheat responses, defence mechanisms and tolerance to drought stress: a review article // International Journal for Research in Applied Sciences in Biotechnology. 2021. Vol. 8. No. 5. DOI: 10.31033/ijrasb.8.5.14.

48. Wu L., Jing X., Zhang B., Chen S., Xu R., Duan P., Zou D., Huang S., Zhou T., An C., Luo Y., Li Y. A natural allele of OsMS1 responds to temperature changes and confers thermosensitive genic male sterility // Nature Communications. 2022. Vol. 13. No. 1. Art. No. 2055. DOI: 10.1038/s41467-022-29648-z.

49. Liu Y., Liu X., Wang X., Gao K., Qi W., Ren H., Hu H., Sun D., Bai J., Zheng S. Heterologous expression of heat stress-responsive AtPLC9 confers heat tolerance in transgenic rice // BMC Plant Biology. 2020. Vol. 20. No. 1. Art. No. 514. DOI: 10.1186/s12870-020-02709-5.

50. Gonzalez-Schain N., Dreni L., Lawas L. M., Galbiati M., Colombo L., Heuer S., Jagadish K. S., Kater M. M. Genome-wide transcriptome analysis during anthesis reveals new insights into the molecular basis of heat stress responses in tolerant and sensitive rice varieties // Plant & Cell Physiology. 2016. Vol. 57. No. 1. P. 57–68. DOI: 10.1093/pcp/pcv174.

51. Raza Q., Riaz A., Bashir K., Sabar M. Reproductive tissues-specific meta-QTLs and candidate genes for development of heat-tolerant rice cultivars // Plant Molecular Biology. 2020. Vol. 104. No. 1–2. P. 97–112. DOI: 10.1007/s11103-020-01027-6.

52. Li X., Lawas L. M. F, Malo R., Glaubitz U., Erban A., Mauleon R., Heuer S., Zuther E., Kopka J., Hincha D.K., Jagadish K.S. V. Metabolic and transcriptomic signatures of rice floral organs reveal sugar starvation as a factor in reproductive failure under heat and drought stress // Plant, Cell & Environment. 2015. Vol. 38. No. 10. P. 2171–2192. DOI: 10.1111/pce.12545.

53. Wada H., Hatakeyama Y., Nakashima T., Nonami H., Erra-Balsells R., Hakata M., Nakata K., Hiraoka K., Onda Y., Nakano H. On-site single pollen metabolomics reveals varietal differences in phosphatidylinositol synthesis under heat stress conditions in rice // Scientific Reports. 2020. Vol. 10. No. 1. Art. No. 2013. DOI: 10.1038/s41598-020-58869-9.

54. Bheemanahalli R., Impa S. M., Krassovskaya I., Vennapusa A. R., Gill K. S., Obata T., Jagadish S. V. K. Enhanced N-metabolites, ABA and IAA-conjugate in anthers instigate heat sensitivity in spring wheat // Physiologia Plantarum. 2020. Vol. 169. No. 4. P. 501–514. DOI: 10.1111/ppl.13109.

55. Browne R. G., Li S. F., Iacuone S., Dolferus R., Parish R. W. Differential responses of anthers of stress tolerant and sensitive wheat cultivars to high temperature stress // Planta. 2021. Vol. 254. No. 1. Art. No. 4. DOI: 10.1007/s00425-021-03656-7.

56. Tang H., Song Y., Guo J., Wang J., Zhang L., Niu N. Ma S., Zhang G., Zhao H. Physiological and metabolome changes during anther development in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Plant Physiology and Biochemistry. 2018. Vol. 132. P. 18–32. DOI: 10.1016/j.plaphy.2018.08.024.

57. Kruglova N. N. Discovery of the wheat embryo autonomy as the stage of elaboration of express-diagnostic biotechnology for obtaining drought-resistant samples // Perm Agrarian Journal. 2014. No. 1. P. 38–43.

58. Kruglova N. N., Seldimirova O. A., Zinatullina A.E., Nikonov V. I. Identifying of drought tolerant wheat genotypes in culture of immature embryos *in vitro* // Vestnik of the Bashkir State Agrarian University. 2019. Vol. 52. No. 4. P. 37–41. DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-37-41.

59. Kruglova N. N., Titova G. E., Seldimirova O. A., Zinatullina A. E., Veselov D. S. Embryo of flowering plants at the critical stage of embryogenesis relative autonomy (by example of cereals) // Russian Journal of Developmental Biology. 2020. Vol. 51. No. 1. P. 1–15. DOI: 10.1134/S1062360420010026.

60. Kruglova N. N., Seldimirova O. A., Zinatullina A. E. Embryo culture *in vitro* in the experimental evaluation of drought resistance in cereals (review) // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 2(26). P. 127–144. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-2-26-127-144.

61. Zinatullina A. E. Evaluation of cereals drought resistance based on embryological data (on the example of wheat) // Ecobioteh. 2022. Vol. 5. No. 1. P. 26–40. DOI: 10.31163/2618-964X-2022-5-1-26-40. EDN: XUQMCT.

62. Kruglova N. N., Seldimirova O. A. Embryogenesis *in vivo* of drought-resistant regenerants of spring soft wheat obtained by embryo culture *in vitro* // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 1(29). P. 65–78. EDN: HEBDGL.

63. Kruglova N. N., Zinatullina A. E. *In vitro* culture of autonomous embryos as a model system for the study of plant stress tolerance to abiotic factors (on the example of cereals) // Biology Bulletin Reviews. 2022. Vol. 12. P. 201–211. DOI: 10.1134/S2079086422020050.

64. Seldimirova O. A. Testing of selective agents for evaluation of spring soft wheat for drought resistance // Ecobioteh. 2019. Vol. 2. No. 1. P. 51–62. DOI: 10.31163/2618-964X-2019-2-1-51-62.

65. Kruglova N. N. Assessment of the pollen grains quality in flowering plants (overview) // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden. 2020. Iss. 135. P. 50–56. DOI: 10.36305/0513-1634-2020-135-50-56.

UDC 581.3:581.162:577.16.085

Kruglova N. N.

## EXPERIMENTAL IDENTITY OF CEREAL DROUGHT-RESISTANT GENOTYPES BASED ON THE USE OF ANTHERS AS THE INTEGRATED SYSTEMS: PROBLEM STATEMENT

***Summary.*** *Physiological drought is regarded as an abiotic stress factor, under the influence of which plants experience a long-term water shortage in the air and soil. Plant resistance to drought is the complex process regulated by many genetic and epigenetic factors. In recent years, when identifying drought-resistant genotypes of cereals for inclusion in the relevant breeding programs, the assessment of genotypes based on heat resistance in controlled experimental conditions (climatic chambers, phytotrons, greenhouses) at temperatures above optimal has been used. This allows modeling the effect of drought. This approach is methodologically justified, since the mechanisms of drought resistance and heat resistance are closely related. The article presents a critical review of the current state of research in the field of identity and evaluation of cytophysiological and molecular genetic indicators of cereal heat-resistant (and, therefore, drought-resistant) genotypes with the use of anthers as the most drought-sensitive generative organs. It is*

*emphasized that when assessing the stress response of anthers to elevated air temperatures, it is important to apply a systematic approach to these generative organs developed on the basis of data from descriptive and experimental plant embryology, taking into account the critical stages of their development. The author describes the periodization of the development of the cereal anther as the complex integrated system, the elements of which (sporogenic tissue and wall tissues) develop in close relationship. When analyzing the responses of cereal anthers to the effect of high temperatures, attention is paid to their status in critical stages of development (corresponding to microsporocytes in the meiotic state and microspores in the premitotic state) when cells are particularly sensitive to the action of stress factors. The advantages of the omics approach to anthers in experimental conditions are considered, which makes it possible to identify genes of resistance to high temperatures for the purpose of molecular breeding of highly productive varieties based on drought resistance, as well as in the creation of drought-resistant transgenic plants.*

***Keywords:*** *anther, microsporocyte, microspore, system approach, drought, stress-resistance, wheat, barley, rice, corn.*

Круглова Наталья Николаевна, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории физиологии растений Уфимского Института биологии – обособленного структурного подразделения ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук»; 450054, Россия, г. Уфа, проспект Октября, 69; e-mail: kruglova@anrb.ru.

Kruglova Natalia Nikolaevna, Dr. Sc. (Biol.), professor, chief researcher at the Laboratory of plant physiology of the Ufa Institute of biology – subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences; 69 Oktyabrya av., Ufa, 450054, Russia; e-mail: kruglova@anrb.ru.

*Дата поступления в редакцию – 30.06.2022.*
*Дата принятия к печати – 21.08.2022.*

УДК 633.11:664.6.7:631.85
EDN AMSJMF

Кубасов И. А.

# ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ЛУГОВОЙ ЧЕРНОЗЕМОВИДНОЙ ПОЧВЫ ПОДВИЖНЫМ ФОСФОРОМ

ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»;
«Хабаровский федеральный исследовательский центр» ДВО РАН

***Реферат.*** *Интенсификация сельскохозяйственного производства яровой пшеницы предусматривает увеличение урожайности зерна и повышение качества клейковины. При этом особая роль принадлежит азотным удобрениям на фоне повышенного содержания подвижного фосфора в почве. Цель исследования – определить влияние минеральных удобрений при разном уровне обеспеченности почвы подвижным фосфором на формирование урожайности и качество зерна яровой пшеницы. Эксперимент проводили в 2019–2021 гг. на базе длительного стационарного опыта в южной зоне Амурской области Благовещенского района в с. Садовое. Статистическую обработку данных осуществляли методами дисперсионного однофакторного анализа и парной корреляции Пирсона. Почва опытного участка луговая черноземовидная среднемощная. Климат – континентальный с чертами муссонности. В результате длительного применения удобрений сформировалось три уровня обеспеченности почвы подвижным фосфором: низкий с содержанием $P_2O_5$ 27–35 мг/кг (фон 1), средний – 37–50 (фон 2) и повышенный – 55–95 мг/кг (фон 3). Схема опыта включала следующие варианты: фон 1, без удобрений, фон 1, доза $N_{30}$; фон 2, доза $P_{60}$; фон 3, доза $N_{60}P_{90}$, фон 3 доза $N_{30}$. Установлено, что применение азотно-фосфорных минеральных удобрений на повышенном фоне содержания фосфора существенно увеличивало накопление воздушно-сухой массы растений в фазе кущения, причем вклад азота составил 37 %, фосфора – 88 %. Максимальная урожайность зерна сформировалась на повышенном фосфорном фоне 3 при внесении $N_{60}P_{90}$ и $N_{30}$, увеличение относительно контроля составило 23,2 и 23,6 % соответственно. Установлено, что повышенная урожайность обусловлена увеличением количества зерен с одного растения, доказательством чего послужила его тесная взаимосвязь с зерновой продуктивностью (r = 0,88). На содержание сырой клейковины в зерне сильное влияние оказывала степень обеспеченности почвы подвижным фосфором, коэффициент парной корреляции составил 0,64. Количественные изменения индекса деформации клейковины в зависимости от фосфорного уровня были статистически не достоверны.*

***Ключевые слова****: подвижный фосфор, мягкая яровая пшеница (Triticum aestivum L.), кущение, урожайность зерна, качество и количество клейковины.*

***Для цитирования:*** *Кубасов И. А. Формирование продуктивности и качества зерна яровой пшеницы в зависимости от степени обеспеченности луговой черноземовидной почвы подвижным фосфором // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 122–129. EDN: AMSJMF.*

***For citation:*** *Kubasov I. A. Formation of productivity and grain quality of spring wheat depending on the degree of provision of meadow chernozem soil with mobile phosphorus // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 122–129. EDN: AMSJMF.*

## Введение

Продовольственная безопасность характеризуется независимостью от других стран в поставках продуктов питания и их экономической доступностью для населения страны. Ведущая роль в этом отведена продуктам переработки пшеницы. При этом особый интерес для сельхозтоваропроизводителей представляет зерно с высокими качественными параметрами [1].

На формирование урожайности и качественных показателей зерна вместе с метеоусловиями и агротехникой значительное воздействие оказывает содержание элементов питания под посевами культуры. Установлено, что оптимизация почвенного плодородия посредством применения удобрений положительно влияет на успешное протекание фенологических этапов развития пшеницы [2–4].

К наиболее критическому периоду развития культуры относится кущение, так как на этом этапе происходит образование колосков и цветков в зачаточном колосе, что напрямую влияет на величину урожая зерна. Количественное регулирование элементов продуктивности при помощи использования средств химизации в начальный период развития предопределяет увеличение массы стеблестоя в кущение. Поэтому по накоплению надземной массы можно судить об эффективности потребления питательных элементов из почвы, что, в свою очередь, сильно влияет на выход зерновой продукции. По результатам проведенных ранее исследований установлена сопряженная связь между урожайностью зеленой массы с урожаем зерна и уровнем азотного и фосфорного питания в опыте [5]. Таким образом, регулирование процесса формирования продуктивности колоса в сторону увеличения его структурных компонентов возможно только при достаточном количестве азота и фосфора в начальный период развития, а также их сбалансированности [5–7].

В настоящее время вопрос о производстве качественного зерна пшеницы в условиях Российской Федерации является актуальным. Естественного плодородия почв недостаточно для удовлетворения потребности производства высокобелковой продукции. Поэтому удобрения относятся к наиболее действенному способу повышения качественных показателей белкового компонента. Содержание клейковины в зерне и индекс ее деформации (ИДК) являются одними из наиболее важных показателей при производстве макаронных и хлебобулочных изделий, поэтому при совместном внесении азотного и фосфорного удобрения можно решить проблему регулирования ее количества и качества [1, 8].

Вместе с азотным питанием, фосфорное является необходимым условием, определяющим величину урожая и качество зерна яровой пшеницы. Так, на фосфорном фоне с применением азотных удобрений урожайность и масса сырой клейковины зерна яровой пшеницы увеличивалась в 1,5 раза по сравнению с вариантом без внесения удобрений [9].

**Цель исследований** – определение влияния минеральных удобрений на формирование урожайности и качество зерна яровой пшеницы при разном уровне обеспеченности почвы подвижным фосфором.

## Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2019–2021 гг. на базе длительных стационарных опытов Географической сети РФ с удобрениями в ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои» (ФГБНУ ФНЦ «ВНИИ сои») в зерно-соевом севообороте на луговой черноземовидной среднемощной почве.

Агрохимическое состояние пахотного слоя почвы характеризуется значительными валовыми запасами основных элементов питания, из них на долю подвижных соединений приходится малая часть. Содержание гумуса находится в

пределах 4,1–4,7 %, минерального азота и подвижного фосфора очень низкое, а обменного калия повышенное: 25–42 и 28–32, 138–182 мг/кг почвы соответственно. Почва отличается высоким показателем суммы поглощенных оснований (30–40 мг-экв. на 100 г почвы), с преобладанием в ее составе ионов кальция. Степень насыщенности основаниями находится в пределах 85–90 %.

Исследования проводили в третьем поле стационарного пятипольного севооборота (овес-соя-пшеница-соя-пшеница) закладки 1962–1964 гг. на момент прохождения им 12-й ротации (таблица 1).

**Таблица 1 – Схема опыта**

| Вариант | Степень обеспеченности почвы подвижным $P_2O_5$ при длительном внесения удобрений, мг/кг | Фоны обеспеченности подвижным фосфором в почве | Дозы удобрений, внесенные под посев пшеницы, кг/га д. в. |
|---|---|---|---|
| 1 | Низкая (27–35) | 1 | - |
| 2 | Низкая (27–35) | 1 | $N_{30}$ |
| 3 | Средняя (37–50) | 2 | $P_{60}$ |
| 4 | Повышенная (55–95) | 3 | $N_{60}P_{90}$ |
| 5 | Повышенная (55–95) | 3 | $N_{30}$ |

В опыте возделывали сорт мягкой яровой пшеницы Арюна. Общая площадь делянки составляла 180, учетная – 72 м$^2$. Повторность закладки опыта трехкратная во времени и пространстве, расположение вариантов систематическое.

По истечении семи ротаций севооборота (35 лет) при систематическом внесении азотно-фосфорных минеральных и органических удобрений было сформировано три уровня обеспеченности почвы подвижным фосфором: низкий, с содержанием $P_2O_5$ – 27–35 мг/кг почвы, средний – 37–50 и повышенный – 55–95 мг/кг почвы [10].

Для определения влияния удобрений на накопление надземной массы в фазе кущения отбирали 100 растений пшеницы. После полного созревания культуры производили отбор 50 растений с делянки каждой повторности опыта на определение структуры урожая. Для оценки уровня содержания основных элементов питания под посевами культуры и накопления их в надземной массе проводили отбор почвенных образцов тростевым буром в 17–20 точках и растительных по 25 случайных растений с делянки.

Определение количества и качества клейковины проводили при влажности зерна не более 18 % и 100 % чистоте зерна по ГОСТ Р 54478-2011.

Подвижный фосфор и калий определяли методом А.Т. Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 54650-2011). Обменный аммоний – метод ЦИНАО (ГОСТ-26489-90), нитратный азот – методом ЦИНАО (ГОСТ26951-91).

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа однофакторного опыта по Б. А. Доспехову [11]. Расчёт парной корреляции проводили методом Пирсона с использованием пакета программ Microsoft Office Excel.

В период проведения исследований гидротермические условия различались по годам (таблица 2).

Так, в 2019 г. период вегетации яровой пшеницы характеризовался суммой активных температур (> 10 °С) ниже нормы на 56 °С и значительным выпадением осадков (на 61 % выше нормы). По данным В. В. Рачук, в условиях Амурской области при гидротермическом коэффициенте Селянинова (ГТК) ≥ 2,0 – увлажнение избыточное, при ГТК ≤ 1,6 – увлажнение недостаточное [12]. По представленной

градации период вегетации 2019 г. отличался избыточным увлажнением, ГТК был максимальным за годы исследований.

**Таблица 2 – Гидротермические условия периода «всходы – полная спелость зерна» яровой пшеницы**

| Год | Сумма активных температур (> 10 °С), °С | ∑ осадков, мм | ГТК |
|---|---|---|---|
| 2019 | 1737 | 452 | 2,6 |
| 2020 | 1806 | 378 | 2,1 |
| 2021 | 1867 | 265 | 1,4 |
| Норма | 1793 | 281 | 1,6 |

В 2020 г. сумма активных температур была близкой к среднемноголетней норме. Количество осадков составило 134,5 % нормы. Погодные условия 2021 г. были более оптимальными для роста и развития растений, несмотря на повышенные температуры и дефицит осадков (на 16 мм ниже нормы). Такое сочетание условий в 2021 г. определило получение наибольшего урожая.

**Результаты и их обсуждение**

По результатам исследований установлено, что на низком уровне обеспеченности почвы подвижным фосфором (фон 1) при внесении азотных удобрений в дозе $N_{30}$ количество сформировавшейся надземной массы (в воздушно-сухом состоянии) пшеницы яровой в фазе кущения было на 3,2 ц/га выше по сравнению с фоном 2 (средняя обеспеченность $P_2O_5$), где под посев применяли фосфорные удобрения в дозе $P_{60}$, что было в пределах ошибки опыта (таблица 3).

**Таблица 3 – Продуктивность и качество пшеницы яровой (среднее за 2019–2021 гг.)**

| Вариант | Урожайность, ц/га | | | | Содержание сырой клейковины, % | Качество клейковины, ед. ИДК |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | зерна | ± к контролю | воздушно-сухая масса в фазе кущения | ± к контролю | | |
| Без удобрений (фон 1), контроль | 25,0 | - | 5,7 | - | 25,6 | 54,4 |
| $N_{30}$ (фон 1) | 26,2 | 1,2 | 8,3 | 2,7 | 25,4 | 61,5 |
| $P_{60}$ (фон 2) | 28,3 | 3,3 | 5,1 | -0,6 | 27,2 | 61,0 |
| $N_{60}P_{90}$ (фон 3) | 30,9 | 5,9 | 10,4 | 4,7 | 30,6 | 62,2 |
| $N_{30}$ (фон 3) | 30,8 | 5,8 | 9,5 | 3,8 | 31,4 | 64,4 |
| $НСР_{05}$ | 3,1 | - | 3,5 | - | 3,0 | Fф<Fт |

Самый высокий показатель накопления воздушно-сухой массы (ВСМ) отмечен в вариантах с повышенным уровнем содержания подвижного фосфора (фон 3). При внесении $N_{60}P_{90}$, прибавка относительно контроля составила 4,7 ц/га, $N_{30}$ – 3,8 ц/га. Результатами корреляционного анализа установлена средняя положительная зависимость величины накопления воздушно-сухой надземной массы в фазе кущения с содержанием минерального азота ($r = 0,61 \pm 0,45$, $R^2 = 0,37$) и сильная положительная – с содержанием подвижного фосфора в почве ($r = 0,94 \pm 0,19$, $R^2 = 0,88$). При этом статистически достоверной связь была исключительно между содержанием подвижного фосфора и воздушно-сухой массой.

Таким образом, величина сформировавшейся надземной массы яровой пшеницы в кущение, судя по коэффициенту детерминации ($R^2 = 0,88$), была обусловлена содержанием в почве подвижного фосфора и на 37 % ($R^2 = 0,37$) – минерального азота, что подтверждается работами других исследователей [7]. Оценка

накопления биомассы в фазе кущения яровой пшеницы относится к диагностическому показателю формирования ее зерновой продуктивности [5]. Коэффициент парной корреляции ($r = 0,68 \pm 0,42$) указывает на тесную взаимосвязь между урожаем зерна и накоплением надземной воздушно-сухой массы в фазе кущения.

Урожайность зерна пшеницы яровой в варианте без удобрений (контроль) в среднем за три года исследований составляла 25,0 ц/га. При внесении под пшеницу азотных удобрений в дозе $N_{30}$ прибавка к контролю изменялась от 1,2 ц/га по низкому фону обеспеченности почвы подвижным фосфором до 5,8 ц/га – по повышенному. Наибольшая прибавка урожайности к контролю (5,9 ц/га) отмечена в варианте с внесением под пшеницу яровую $N_{60}P_{90}$ по повышенному фону обеспеченности почвы подвижным $P_2O_5$.

Таким образом, внесение под пшеницу сорта Арюна 30 кг д.в. азота при содержании в пахотном слое луговой черноземовидной почвы 55–95 мг/кг подвижного фосфора обеспечивает урожайность зерна на уровне 30,8 ц/га.

Анализ структуры урожая пшеницы яровой позволяет определить элемент, или группу элементов, оказывающих наибольшее воздействие на формирование урожая пшеницы. По высоте растений и количеству зерен с растения достоверных различий между вариантами не выявлено (таблица 4).

**Таблица 4 – Структура урожая пшеницы яровой (среднее за 2019–2021 гг.)**

| Вариант | Высота растения, см | Количество зерен с растения, г | Масса, г | |
|---|---|---|---|---|
| | | | зерен с растения | соломы с растения |
| Без удобрений (фон 1) | 93 | 34,8 | 1,20 | 2,88 |
| $N_{30}$ (фон 1) | 96 | 33,4 | 1,22 | 3,23 |
| $P_{60}$ (фон 2) | 95 | 35,2 | 1,20 | 3,38 |
| $N_{60}P_{90}$ (фон 3) | 97 | 33,6 | 1,24 | 3,24 |
| $N_{30}$ (фон 3) | 99 | 38,8 | 1,41 | 3,55 |
| $НСР_{05}$ | Fф<Fт | Fф<Fт | 0,21 | 0,63 |

По результатам парного корреляционного анализа установлена тесная зависимость длины растений с массой соломы ($r = 0,88 \pm 0,20$, при $r_{крит} = 0,88$). Общеизвестно, что урожайность зерна напрямую зависит от продуктивности колоса, в структурные элементы которого входят показатели озерненность и масса зерновки. Масса зерна определяет не только урожайность культуры в целом, но и тесно связана с вероятностью полегания посевов [13, 14]. В проведенных исследованиях масса зерна с одного растения увеличивалась соответственно повышению дозы вносимых удобрений. Однако, если при внесении перед посевом $N_{30}$ по фону 1 и $P_{60}$ по фону 2 она была на уровне контроля, то в вариантах с внесением удобрений по фону с повышенным содержанием подвижного фосфора (фон 3) прибавка относительно контроля составила 3–17 %, внесение $N_{30}$ по фону 3 обеспечило статистически достоверную прибавку массы зерна с одного растения ($НСР_{05} = 0,21$ г). Выявлено, что масса зерна с одного растения тесно сопряжена с их количеством ($r = 0,88 \pm 0,27$; $p < 0,05$) и урожайностью ($0,66 \pm 0,43$; $p > 0,05$). Таким образом, зерновая продуктивность культуры на 40 % определялась массой зерна с одного растения.

В зависимости от уровня подвижного фосфора в почве и внесенных удобрений под посевы пшеницы яровой происходит изменение содержания в зерне сырой клейковины и ее качества. Так, при внесении $N_{30}$ на фоне 1 содержание клейковины мало отличалось от контроля, оставаясь на уровне 25,4 %, с одновременным увеличением ИДК на 7,1 единиц. Зерно, сформировавшееся на низком и среднем

фосфорном фоне в соответствии с государственным стандартом по градации качества клейковины, соответствовало II классу. Статистически достоверная прибавка клейковины отмечена в вариантах $N_{60}P_{90}$ и $N_{30}$ на фоне 3. Показатель ИДК увеличивался с возрастанием степени обеспеченности подвижным фосфором, достигая максимума на фоне 3 при внесении $N_{30,}$ полученные данные по ИДК были математически не достоверны, при этом следует отметить тенденцию к увеличению данного показателя. Полученные показатели ИДК – 62,2-64,4 ед. позволяют отнести зерно к I классу или к «сильной пшенице». Результаты корреляционного анализа подтверждают вывод о том, что сильнее всего на формирование белкового комплекса пшеницы ($r = 0,82 \pm 0,33$, $p < 0,05$) и ее упругости ($r = 0,64 \pm 0,44$, $p > 0,05$) влияет уровень фосфорного питания растений пшеницы в фазу кущения. Аналогичные результаты исследований по изучению влияния уровня фосфорного питания на содержание и деформацию клейковины зерна получены О. В. Волынкиной [9].

**Выводы**

В результате проведенных исследований установлено, что на повышенном фосфорном фоне 3 (повышенная степень обеспеченности подвижным $P_2O_5$) с применением $N_{60}P_{90}$ и $N_{30}$ урожайность надземной массы в фазе кущения яровой пшеницы увеличивалась (прибавка к контролю составила 4,7 и 3,8 ц/га соответственно), при этом вклад почвенного запаса азота в повышении урожайности составил 37 %, фосфора – 88 %;

На повышенном фосфорном уровне 3 при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{90}$ и $N_{30}$ отмечено увеличение всех элементов структуры урожая, зерновая продуктивность пшеницы определялась преимущественно количеством зерен в колосе ($r = 0,88 \pm 0,27$; $p < 0,05$);

Максимальное значение урожайности зерна установлено на повышенном фосфорном фоне 3 при внесении $N_{60}P_{90}$ и $N_{30}$, увеличение относительно контроля составляло 23,2 % (5,9 ц/га) и 23,6 % (5,8 ц/га);

На количество клейковины в зерне сильное влияние оказывала степень обеспеченности подвижным фосфором, что подтверждается результатами парной корреляции – $0,64 \pm 0,44$, $p > 0,05$. Количественные изменения ИДК в зависимости уровня фосфора были статистически не достоверны. Применение азотного удобрения в дозе 30 кг/га по д.в. на повышенном фосфорном уровне увеличивало содержание сырой клейковины на 5,8 %.

**Литература**

1. Захаров Н. Г., Хайртдинова Н. А. Формирование урожайности и качества зерна озимой пшеницы в условиях среднего Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3(51). С. 41–46. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-3-41-46.

2. Maltas A., Kebli H., Oberholzer H. R., Weisskop P., Sinaj S. The effects of organic and mineral fertilizers on carbon sequestration, soil properties, and crop yields from a long-term field experiment under a Swiss conventional farming system // Land Degradation and Development. 2018. Vol. 29. No. 4. P. 926–938. DOI: 10.1002/ldr.2913.

3. Jiang G., Zhang W., Xu M., Wang J., Di J., Kuzyakov Y., Zhang X., Murphy D.V. Manure and mineral fertilizer effects on crop yield and soil carbon sequestration: a meta-analysis and modeling across China // Global Biogeochemical Cycles. 2018. Vol. 32. No. 11. P. 1659–1672. DOI: 10.1029/2018GB005960.

4. Асеева Т. А., Савченко Н. Е. Влияние длительного применения удобрений на изменение плодородия почв и урожайность яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. №10. С. 81–86.

5. Наумченко Е. Т., Банецкая Е.В. Потребление азота пшеницей на разных уровнях обеспеченности почвы подвижным фосфором // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 3. № 6. С. 23–27. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10604.

6. Богдан П. М., Коновалова И. В., Клыков А. Г. Влияние абиотических факторов на урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы в условиях Приморского края // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. №1. С. 16–20. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10103.

7. Романов В. Н., Демиденко Г.А. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы при использовании азотных удобрений в агроценозах Красноярской лесостепи // Вестник КрасГАУ. 2020. № 4 (157). С. 31–36. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-4-31-36.

8. Мальчиков П. Н., Мясникова Н.Г., Чахеева Т.В. Качество клейковины сортов твёрдой пшеницы самарской селекции и сортов из Италии и Австралии // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 9. С. 25–30. DOI: 10.53859/02352451_2021_35_9_25.

9. Волынкина О. В. Фосфорное удобрение усиливает действие азота на урожай и качество пшеницы // Проблемы агрохимии и экологии. 2019. № 1. С. 21–25. DOI: 10.26178/AE.2019.21.62.004.

10. Синеговская В. Т., Наумченко Е.Т. Система удобрений как средство воспроизводства плодородия почвы и стабилизации продуктивности полевого севооборота // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 1. С. 38–41. DOI: 10.30850/vrsn/2020/1/38-41.

11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 351 с.

12. Рачук В. В. Современное состояние и прогноз изменения агроклиматических ресурсов в южной зоне Приамурья // Дальневосточный аграрный вестник. 2010. № 2 (14). С. 37–44.

13. Демина О. Н., Еремина Д.В. Влияние уровня минерального питания на элементы структуры урожая яровой пшеницы в лесостепной зоне Зауралья // Вестник КрасГАУ. 2021. № 3(168). С. 34–40. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-3-34-40.

14. Земцова Е. С., Боме Н.А. Анализ структуры урожая яровой пшеницы в различных погодных условиях Тюменской области // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 2(62). С. 23–28. DOI: 10.12737/2073-0462-2021-23–28.

## References

1. Zakharov N. G., Khayrtdinova N.A. Formation of grain yield and quality winter wheat in the Middle Volga region // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2020. No. 3(51). P. 41–46. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-3-41-46.

2. Maltas A., Kebli H., Oberholzer H. R., Weisskop P., Sinaj S. The effects of organic and mineral fertilizers on carbon sequestration, soil properties, and crop yields from a long-term field experiment under a Swiss conventional farming system // Land Degradation and Development. 2018. Vol. 29. No. 4. P. 926–938. DOI: 10.1002/ldr.2913.

3. Jiang G., Zhang W., Xu M., Wang J., Di J., Kuzyakov Y., Zhang X., Murphy D.V. Manure and mineral fertilizer effects on crop yield and soil carbon sequestration: a meta-analysis and modeling across China // Global Biogeochemical Cycles. 2018 Vol. 32. No. 11. P. 1659–1672. DOI: 10.1029/2018GB005960.

4. Aseeva T. A., Savchenko N.E. Influence of long fertilizer application on the changes in soil fertility and yield of spring wheat // Achievements of science and technology in agro-industrial complex. 2016. Vol. 30. No. 10. P. 81–86.

5. Naumchenko E. T., Banetskaya E.V. Nitrogen consumption by spring wheat at different levels of soil provision with mobile phosphorus // Achievements of science and technology in agro-industrial complex. 2020. Vol. 3. No. 6. P. 23–27. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10604.

6. Bogdan P. M., Konovalova I. V., Klykov A. G. Influence of abiotic factors on yield and grain quality of spring common wheat under conditions of the Primorsky Territory // Achievements of science and technology in agro-industrial complex. 2021. Vol. 35. No. 1. P. 16–20. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10103.

7. Romanov V. N., Demidenko G.A. Yield and quality of spring wheat when using nitrogen fertilizers in agrocenoses of the Krasnoyarsk forest-steppe // Bulletin of KSAU. 2020. No. 4(157). P. 31–36. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-4-31-36.

8. Malchikov P. N., Myasnikova M.G., Chakheeva T.V. Gluten quality in durum wheat varieties bred in the Samara region and varieties from Italy and Australia // Achievements of science and technology in agro-industrial complex. 2021. Vol. 35. No. 9. P. 25–30. DOI: 10.53859/02352451_2021_35_9_25.

9. Volynkina O. V. Phosphoric fertilizer strengthens nitrogen action on the yield and quality of wheat // Problemy Agrohimii i Ekologii. 2019. No. 1. P. 21–25. DOI: 10.26178/AE.2019.21.62.004.

10. Sinegovskaya V. T., Naumchenko E.T. Fertilization system as a way of soil fertility and stabilization of field crop rotation productiveness // Vestnik of the Russian Agricultural Science. 2020. No. 1. P. 38–41. DOI: 10.30850/vrsn/2020/1/38-41.

11. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Kolos, 1985. 351 p.

12. Rachuk V.V. Current state and the change forecast of agroclimatic resources in southern zone of Priamurye // Far East Agrarian Herald. 2010. No. 2 (14). P. 37-44.

13. Demina O. N., Eremina D. V. Influence of the level of mineral nutrition on the elements of the structure of the yield of spring wheat in the forest-steppe zone of the Trans-Urals // Bulletin of KSAU. 2021. No. 3(168). P. 34–40. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-3-34-40.

14. Zemtsova E. S., Bome N.A. Analysis of the structure of the spring wheat crop in various weather conditions in the Tyumen region // Vestnik of the Kazan State Agrarian University. 2021. Vol. 16. No. 2(62). P. 23–28. DOI: 10.12737/2073-0462-2021-23-28.

UDC 633.11:664.6.7:631.85

Kubasov I. A.

# FORMATION OF PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY OF SPRING WHEAT DEPENDING ON THE DEGREE OF PROVISION OF MEADOW CHERNOZEM SOIL WITH MOBILE PHOSPHORUS

***Summary***. *Intensification of agricultural production of spring wheat provides for an increase in grain yield, as well as an increase in the quality of gluten. In this case, a significant role belongs to the use of nitrogen fertilizers against the background of an increased content of mobile phosphorus in the soil. The purpose of the study was to determine the effect of mineral fertilizers at different levels of soil supply with mobile phosphorus on the spring wheat yield and grain quality formation. Field experiments were carried out in 2019–2021 on the trial fields of the long-term stationary experiment in the southern zone of the Amur region (Sadovoye village, Blagoveshchensk district). Statistical data processing was carried out using methods of one factor analysis of variance (ANOVA) and Pearson's pair correlation. Soil of the experimental plot – meadow chernozem-like medium-thick. Climate – continental with monsoon features. As a result of long-term use of fertilizers, three levels of soil supply with mobile phosphorus were formed: low; $P_2O_5$ content – 27–35 mg/kg (background 1), medium – 37–50 mg/kg (background 2) and increased – 55–95 mg/kg (background 3). The experimental design included the following options: background 1 without fertilization; background 1 + $N_{30}$; background 2 + $P_{60}$; background 3 + $N_{60}P_{90}$; background 3 + $N_{30}$. Application of nitrogen-phosphorus mineral fertilizers against an increased background of phosphorus content significantly increased air-dry mass accumulation; in this case, contribution of nitrogen was 37 %, phosphorus – 88 %. The maximum grain yield was formed on an increased phosphorus background 3 with the introduction of $N_{60}P_{90}$ and $N_{30}$; increase compared to control was 23.2 and 23.6 %, respectively. Increased yield was obtained due to an increase in the number of grains per plant, as evidenced by its close relationship with grain productivity (r = 0.88). The content of crude gluten in the grain was strongly influenced by the degree of availability of mobile phosphorus in the soil; pair correlation coefficient – 0.64. Quantitative changes in the gluten deformation index, depending on the phosphorus level, were not statistically significant.*

***Keywords:*** *mobile phosphorus, soft spring wheat (Triticum aestivum* L.*), tillering, grain yield, quality and quantity of gluten.*

Кубасов Илья Александрович, младший научный сотрудник лаборатории земледелия, агрохимии и защиты растений ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»; 675027, Россия, г. Благовещенск, ул. Игнатьевское шоссе, 19; аспирант ФГБУН «Хабаровский федеральный исследовательский центр» ДВО РАН, 680000, Россия, г. Хабаровск, ул. Тургенева, 51; e-mail: kia@vniisoi.ru.

Kubasov Ilya Aleksandrovich, junior researcher, Laboratory of agriculture, agrochemistry and plant protection, FSBSI Federal Research Center "All-Russian Research Institute of Soybean"; 19, Ignatievskoe shosse str., Blagoveshchensk, 675027, Russia; graduate student, FSBSI "Khabarovsk Federal Research Center" FED RAS; 51, Turgeneva str., Khabarovsk, 680000, Russia; e-mail: kia@vniisoi.ru.

*Дата поступления в редакцию – 12.04.2022.*
*Дата принятия к печати – 27.06.2022.*

УДК 633.854.78:631.526.2:581.41
EDN BNZXOM

Лукомец В. М., Гриднев А. К.

# НОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПРИЗНАКОВ СЕМЯНОК АРМЯНСКОЙ РАЗНОВИДНОСТИ КУЛЬТУРНОГО ПОДСОЛНЕЧНИКА *VAR. ARMENIACUS* WENZL. ET ANASHEZ.

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В.С. Пустовойта»

***Реферат***. *Армянская разновидность культурного подсолнечника (var. armeniacus) является редкой формой и до настоящего времени в производстве не возделывалась, поэтому исследования, направленные на установление возможностей использования таких образцов в селекции крупноплодных сортов, имеют большую актуальность. Цель работы заключалась в определении значимости новых выделенных форм для селекции кондитерских и грызовых сортов. Полевую оценку по потомству проводили в 2020–2021 гг. в условиях Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур им. В.С. Пустовойта. Метеоусловия по годам отличались контрастностью, но в целом оказались благоприятными для выращивания подсолнечника. Почва представлена черноземом выщелоченным слабогумусным сверхмощным легкоглинистым. Из созданной нами коллекции армянских форм (43 шт.) были выделены 15 новых образцов (номеров). Часть их семян использовали на посев. Делянки однорядковые, длиной 9,1 м с расстановкой растений 70/35 см. Для анализа отбирали по 10 шт. семянок с пяти типичных корзинок, стандарт – сорт Кондитер. Исследуемые образцы анализировали по морфологическим признакам семянок. Большая часть выделенных образцов были с особой конфигурацией плода, овально-вытянутой и сильно-вытянутой формы, имели удлиненные семянки (индекс 2,14–2,79), тогда как у стандарта индекс 2,04. С отмеченной характеристикой плода сортов в производстве нет, поэтому такие формы можно рекомендовать для селекции крупноплодного подсолнечника. Выделены также образцы с оригинальной окраской, полосатостью плодов, разной выраженностью крупности (74,0–203,0 г), лузжистости (34,4–47,6 %) и масличности (18,8–36,5 %) семянок, которые будут востребованы в селекции грызовых и кондитерских сортов подсолнечника.*

***Ключевые слова:*** *армянская разновидность культурного подсолнечника (Helianthus annuus L. var. armeniacus Wenzl. et Anashez.), форма, размеры, крупность, окраска, лузжистость и масличность плодов, ширина и расположение полос на плодовой оболочке, индекс семянок.*

***Для цитирования:*** *Лукомец В. М., Гриднев А. К. Новое разнообразие признаков семянок армянской разновидности культурного подсолнечника var. armeniacus Wenzl. et Anashez. // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 130–144. EDN: BNZXOM.*

***For citation:*** *Lukomets V. M., Gridnev A. K. New diversity of traits of seeds of Armenian type of cultivated sunflower var. armeniacus Wenzl. et Anashez. // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 130–144. EDN: BNZXOM.*

## Введение

Из всех известных видов подсолнечника наибольшее значение и распространение в производстве имеет культурная форма *Helianthus annuus* L. До настоящего времени общепризнанная классификация культурного подсолнечника так и не разработана, хотя попыток решить эту проблему было достаточно много [1–6].

В России селекционеры по подсолнечнику для описания морфобиологических и хозяйственных признаков новых сортов и гибридов обычно используют классификацию, разработанную А. В. Анащенко [7, 8]. Согласно этой классификации *H. annuus* объединяет четыре группы разновидностей (convar.): *convar. annuus* – декоративная, *convar. pustovojtii* – масличная, *convar. armeniaca* – армянская, *convar. australis* – южная. К группе *convar. pustovojtii* относят все сорта и гибриды масличного направления использования подсолнечника. Считают, что эти разновидности сформировались в России в середине восемнадцатого столетия. Первичным ареалом их происхождения предполагается Воронежская и Саратовская области страны [9].

Разновидность *var. armeniacus* возникла в Армении в условиях продолжительной изоляции. Отдельные авторы считают, что в республику грызовые крупноплодные формы подсолнечника были завезены из России молоканами и духоборами и уже ими, в результате длительной селекции создана длинноплодная грызовая форма Армянского экотипа подсолнечника, которая получила название у местного населения «Чртел». С армянского языка переводится как «грызть, лускать» и указывает на принадлежность к грызовой форме. Такие формы также широко распространены в Закавказье, Турции и Иране [10].

Разделение на группы грызового, полугрызового и кондитерского направления использования крупноплодного подсолнечника сохраняется в основном на Западе, особенно в США и Бразилии. Однако внешняя форма у таких семянок в этих регионах, чаще всего обычная не удлиненная, как у простого масличного подсолнечника [11].

В любом случае, объяснить на сегодняшний день возможные причины формирования в этом регионе оригинальных, именно длинноплодных семянок грызового типа крупноплодного подсолнечника не представляется возможным.

В последние годы определенный интерес к крупноплодному подсолнечнику кондитерского и грызового направления использования наблюдается и в Российской Федерации. Например, созданы новые сорта, активно разрабатываются приемы выращивания и переработки товарной продукции [12–16]. По данным отдельных авторов в России, за последние годы (2020–2022 гг.) площади под таким подсолнечником в среднем составляли от 6 до 10 % от общей структуры его посева по РФ и 18–20 % при возделывании этой культуры (450–470 тыс. га) в Краснодарском крае [17, 18].

Для сбора образцов Армянского экотипа и изучения их значимости в селекции крупноплодного подсолнечника специалистами ВИР в шестидесятые годы прошлого столетия несколько раз организовывались экспедиции в Армению [19, 20]. Однако после длительного времени хранения коллекция этих форм была утрачена. В результате чего у нас возник большой интерес вновь организовать сбор образцов семянок армянской группы с целью изучения их разнообразия по основным морфобиологическим признакам и установить возможности использования в селекции современных крупноплодных сортов и гибридов грызового и кондитерского направления использования. На сегодня в Армении подсолнечник является большой редкостью. Его иногда возделывают на огородных участках, где он и был обнаружен. Собранные в 2013–2014 гг. образцы оказались смешанными по внешним признакам плодов (форма, размеры, окраска и др.). Затем они были подвергнуты всестороннему изучению для определения возможностей использования в дальнейшей селекции крупноплодного подсолнечника. В результате этой работы выделены несколько оригинальных типов (восемь шт.) с разными формами, которые всесторонне исследованы и из них создана коллекция армянских образцов крупноплодного подсолнечника [21].

С коллекцией армянской разновидности постоянно проводится селекционная работа. На основании нескольких лет изучения большого разнообразия семянок нам удалось отселектировать наиболее типичные для армянской разновидности подсолнечника удлиненные по форме образцы, из которых выделено 15 шт. новых оригинальных типов с различным сочетанием изменений морфологических признаков. В 2020 и 2021 гг. в результате изучения потомств выделенных новых образцов необходимо было установить уровень выраженности и стабильность проявления этих признаков, а также определить спектр разнообразия изменений.

**Цель исследований** – определить значимость новых выделенных по морфологическим признакам семянок армянских форм для вовлечения их в качестве исходного материала в дальнейшую селекцию на грызовые и кондитерские направления использования.

**Материалы и методы исследований**

Исследования проводили в 2020–2021 гг. в селекционном севообороте на центральной экспериментальной базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федерального научного центра Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур им. В. С. Пустовойта (ЦЭБ ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК), г. Краснодар. Экспериментальная база института расположена в центральной зоне Краснодарского края в 120 км от побережья черного моря. В опытах применяли технологию выращивания подсолнечника, рекомендованную для центральной почвенно-климатической зоны Краснодарского края [22].

Почва опытного участка представлена черноземом выщелоченным слабогумусным сверхмощным легкоглинистым. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта почвы (0–20 см) весной в годы исследования: $pH_{KCL}$ потенциометрически – 5,5–5,9; содержание гумуса по Тюрину – 3,5–3,6 %; подвижного фосфора в вытяжке по Мачигину 26,0–27,9 мг/кг почвы; обменного калия в вытяжке по Мачигину 405–451 мг/кг почвы; нитрификационная способность по методу Кравкова 15,8–18,8 мг $N\text{-}NO_3$ на кг почвы.

Метеорологические показатели региона отлично подходят для выращивания подсолнечника, но погодные условия в период проведения исследований имели определенные различия по годам. Средняя температура воздуха за вегетационный период (с апреля по октябрь) за годы исследования составляла 19,1 °С и совсем незначительно отличалась (на 0,7 °С) от среднемноголетних значений (19,8 °С) за такой же промежуток времени. Общее количество осадков за апрель–октябрь в 2020 г. оказалось ниже среднемноголетних данных за этот период, в то время, как в 2021 г. их выпало на 178 мм больше среднемноголетнего значения. Дефицит осадков в 2020 г. наблюдался в июне, а в июле их выпало больше среднемноголетнего значения за этот месяц. В 2021 г. наоборот – дефицит наблюдался в июле, а в июне и августе их количество существенно превышало среднемесячный уровень за эти месяцы. В целом отмеченные годы исследования оказались относительно благоприятными по погодным условиям для выращивания подсолнечника.

В качестве исходного материала для исследования послужили образцы семянок грызового крупноплодного подсолнечника, которые были собраны в 2013–2014 гг. в высокогорной части Армении на огородных участках местных жителей. Образцы оказались разными по морфологическим признакам плодов (крупность, форма, окраска и др.). Все отклонения по морфологическим признакам были строго дифференцированы на разные типы. Подробное предварительное изучение популяций семянок проводили по выделенным типам отдельно. Для отбора новых

изменений в популяции, оценки уровня их выраженности и стабилизации в потомстве, использовали разные классические селекционные приемы:

– свободное перекрестное опыление растений при открытом цветении с разными типами плодов для установления уровня варьирования морфологических признаков по ним;

– близкородственное контролируемое перекрестное опыление между двумя типичными корзинками по отдельным типам семянок под индивидуальным изолятором типа «рукав» с целью отбора наиболее стабильных популяций;

– самоопыление (инцухт) корзинок с отдельными типами плодов под индивидуальными изоляторами для стабилизации и отбора, как гомозиготных по доминантным, так и рецессивным признакам биотипов крупноплодных форм подсолнечника.

По всем трем направлениям работы с популяциями, если возникали какие-либо новые отклонения от изучаемых типов, применяли индивидуальный отбор корзинок с выявленными изменениями. Для размножения семян отдельных новых оригинальных форм использовали пространственно удаленные участки (не менее 1000 м). В результате чего из имеющегося общего разнообразия образцов (в количестве 43 шт.) была сформирована коллекция крупноплодных с удлиненными семянками форм армянской разновидности подсолнечника. По каждому типу в коллекции сохранялся резерв семянок. Для последующего использования в селекции из коллекции было выделено 15 шт. новых оригинальных, наиболее контрастных по внешним признакам образцов крупноплодного подсолнечника с удлиненной формой плодов, которые подверглись подробному изучению и описанию по основным морфологическим признакам.

С целью изучения потомств выделенных новых образцов в коллекционном питомнике для посева в поле использовали часть семянок из их резерва. Делянки высевали однорядковые по схеме 70/35 см с оставлением одного наиболее типичного и хорошо развитого растения в гнезде. Всего на делянке располагалось 25 гнезд. Длина делянки составляла 9,1 м. Расстояние между рядками было 0,7 м. Стандарт высевался через каждые четыре рядка. Все наблюдения и измерения проводили на семянках одних и тех же (пять шт.) выделенных на делянке типичных растений. После созревания семян корзинки этих растений срезали и нанизывали на стебли для высыхания. Индивидуальный обмолот корзинок проводили вручную после высыхания семянок до влажности 7–8 %. Анализ морфологических признаков проводили из выборки по 10 шт. семянок каждой обмолоченной корзинки. Всего по каждому образцу изучали 50 шт. семянок. Для реализации поставленной цели требовалось выполнить следующие задачи:

– выявить разнообразие выделенных из коллекции новых форм Армянского экотипа по морфологическим признакам плодов, отметить основные особенности в их отличии от кондитерского и грызового направления использования;

– дать подробную характеристику наиболее интересным новым отобранным образцам и наметить пути дальнейшего использования их в селекции крупноплодного подсолнечника.

Исследуемые образцы характеризовали по форме и крупности плода, цвету плодовой оболочки, выраженности полосок, их окраске, ширине и характеру расположения на семянках, а также по лузжистости и масличности.

Разнообразие выделенных новых образцов по отмеченным внешним признакам семянок представлено на рисунке 1, а подробное описание их различий между собой и в сравнении со стандартом (кондитерский сорт Кондитер) представлено в таблице 1.

Для измерения линейных размеров плода (длина, ширина и толщина) использовали электронный штангенциркуль. Для характеристики формы семянок разных образцов армянского экотипа, применяли специально разработанную для этих целей шкалу индексов (отношение длины к ширине семянки: < 1,5 – округло-овальная; 1,5–2,1 – овальная; 2,1–2,7 овально-вытянутая; > 2,7 – сильно вытянутая) [23]. Массу 1000 семян рассчитывали по ГОСТ 12042-80. Для более объективной оценки крупности семянок армянского экотипа, использовали наравне с признаком массы 1000 семянок, интегрированный показатель крупности ($I_{к.с.} = \sqrt[3]{авс}$, где: а – длина, в – ширина, с – толщина семянок) предложенный С.П. Мухиным. Масличность семянок определяли методом ядерно-магнитного резонанса на ЯМР-анализаторе АМВ-1006 М по ГОСТ Р 8.620-2006. Лузжистость семянок определяли по ГОСТ 10855-64.

Математическую обработку качественной изменчивости цифровых данных морфологических признаков новых армянских форм проводили разностным методом, предназначенным для малой выборки с вычислением доверительного интервала ($М±И_{95}$) среднего значения каждого показателя при 95 %-м уровне значимости. Кроме того, для установления существенности различий ($НСР_{05}$), как между отдельными парами образцов, так и стандартом по показателям масличности, лузжистости и массе 1000 семянок, использовали специальный алгоритм для установления этого показателя на основе малой выборки по модели без повторений с применением критерия Фишера [25, 26].

№ 1 – сорт Кондитер (стандарт)

№ 2 – (К-7-20/21)

№ 3 – (К-8-20/21)

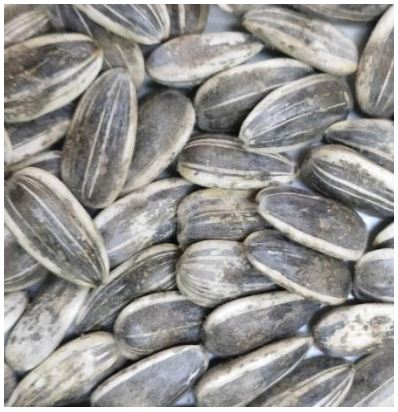
№ 4 – (К-12-20/21)

№ 5 – (К-13-20/21)

№ 6 – (К-14-20/21)

№ 7 – (К-15-20/21)

№ 8 – (К-17-20/21)



№ 9 – (К-20-220/21)

№ 10 – (П-5-20/21)

№ 11 – (П-8-20/21)

№ 12 – (П-14-20/21)

№ 13 – (П-23-20/21)

№ 14 – (П-24-20/21)

№ 15 – (П-31-20/21)

№ 16 – (П-13-20/21)

**Рисунок 1 – Разнообразие семянок по их форме, крупности, выраженности интенсивности окраски плодовой оболочки, ширине и расположению полосок на плодовой оболочке отселектированных новых образцов подсолнечника Армянского экотипа**

**Таблица 1 – Описание разнообразия внешних признаков семянок выделенных новых образцов армянского экотипа подсолнечника (см. рисунок 1)**

| № п/п | Образец | Форма, размер и окраска семянок, выраженность полосок, ширина и характер их расположения на плодовых оболочках |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Сорт Кондитер (стандарт) | овальная форма, семянка среднего размера, плодовая оболочка черного цвета, полоски узкие слабо выражены, расположены по краям и ближе к центру плода. |
| 2 | К-7-20/21 | овальная форма, незначительно вытянутая в длину, плодовая оболочка серого цвета, краевые полоски хорошо выражены, белого цвета, средней ширины, расположены по краю и ближе к центру плода. |
| 3 | К-8-20/21 | овальная форма, плод ниже среднего размера, вытянутый в длину, черного цвета с небольшим блеском, полоски полностью отсутствуют. |

**Продолжение таблицы 1**

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| 4 | К-12-20/21 | сильно-вытянутая форма, удлиненная плодовая оболочка коричневого цвета, краевые полоски широкие белого цвета хорошо выражены, по всей поверхности плода часто располагаются узкие четко выраженные белые полоски. |
| 5 | К-13-20/21 | овально-вытянутая форма, удлиненная плодовая оболочка коричневого цвета, краевые полоски достаточно широкие, белого цвета, хорошо выражены, по поверхности плода часто расположены узкие четко выраженные белые полоски. |
| 6 | К-14-20/21 | овальная форма, удлиненная плодовая оболочка светло-коричневого цвета красивая, краевые полоски белые, не широкие, но хорошо выражены, от края семянки располагаются тонкие полоски, которые также хорошо выражены. |
| 7 | К-15-20/21 | овальная форма, плодовая оболочка светло-коричневого цвета с красноватым оттенком, краевые полоски белые, не широкие, средне выражены, тонкие полоски редко расположены по поверхности плода. |
| 8 | К-17-20/21 | овально-вытянутая форма, плодовая оболочка коричневого цвета, краевые полоски белые широкие, хорошо выражены, тонкие полоски густо расположены по всей семянке. |
| 9 | К-20-20/21 | овально-вытянутая форма, плодовая оболочка темно-коричневого цвета, краевые полоски белые широкие, хорошо выражены, тонкие полоски густо расположены по всей семянке. |
| 10 | П-5-20/21 | овальная форма, плодовая оболочка черная, полоски серые по краям широкие и слабо выражены, узкие полоски расположены по всему семени, но также слабо выражены. |
| 11 | П-8-20/21 | овально-вытянутая форма, семянки тонкие, плодовая оболочка черная, полоски полностью отсутствуют. |
| 12 | П-14-20/21 | овально-вытянутая форма, плоды длинные тонкие, оболочка серого цвета, по краям белые полоски хорошо выражены, по всей поверхности расположены очень узкие белые полоски. |
| 13 | П-23-20/21 | овально-вытянутая форма, плоды крупные, оболочка серого цвета, по краям полоски светлые, слабо выражены, по всему семени расположены узкие белые полоски. |
| 14 | П-24-20/21 | овальная форма, плоды крупные широкие толстые, оболочка серого цвета, широкие по краям и узкие белые полоски, расположены по всему семени и хорошо развиты. |
| 15 | П-31-20/21 | овально-вытянутая форма, плоды среднего размера коричневого цвета, внешне очень привлекательные с оригинально расположенными по всему семени широкими и узкими белыми полосками. |
| 16 | П-13-20/21 | овально-вытянутая форма, плоды крупные черного цвета, по краям слабо выражены широкие серые полоски. |

## Результаты и их обсуждение

Результаты анализа внешних признаков семянок новых выделенных армянских образцов подсолнечника показали широкое разнообразие по форме, окраске и различной полосатости плодов (см. рисунок 1, таблицу 1). Отдельные образцы (№ 4 – К-12-20/21, № 5 – К-13-20/21, № 6 – К-14-20/21, № 7 – К-15-20/21, № 12 – П-14-20/21, № 15 – П-31-20/21) выделялись яркой внешней окраской плодов, а также оригинальным типом полосатости семянок. Другие представители имели своеобразную удлиненную форму плодов (№ 3 – К-8-20/21, № 11 – П-8-20/21, № 12 – П-14-20/21) и широкие белые полоски (№ 12 – П-14-20/21, № 7 – К-15-20/21) по краям семянок. По цвету плодовой оболочки отобраны достаточно контрастные формы со светло-коричневой окраской и красным оттенком поверхности семянок (№ 6 – К-14-20/21, № 7 – К-15-20/21). Выделены просто коричневые (№ 2 – К-7-20/21, № 4 – К-12-20/21, № 5 – К-13-20/21, № 8 – К-17-20/21, № 9 – К-20-20/21, № 12 – П-14-20/21, № 3 – П-23-20/21, № 14 – П-24-20/21, № 15 – П-31-20/21), а также с серым (№ 13 – П-23-20/21, № 14 – П-24-20/21) и черным цветом оболочки плода образцы (№ 3 – К-8-20/21, № 11 – П-8-20/21, № 16 – П-13-20/21). В целом, внешний вид представленных

образцов характеризуется особо выраженной яркой привлекательностью, поэтому может представлять определенный интерес в качестве исходного селекционного материала для создания новых сортов и гибридов подсолнечника кондитерского, особенно грызового направления использования с удлиненной формой семянок.

Известно, что биологические свойства плодов в большей степени детерминируются их формой, которая, собственно, определяется соотношением их трех геометрических размеров: длиной, шириной и толщиной [27].

Форма семянок Армянского экотипа совершенно отличается от всех других видов подсолнечника с удлиненными размерами плодов. Выделены три формы семянок: овальная, овально-вытянутая и сильно-вытянутая. Последние две формы, видимо как раз и следует считать наиболее характерными для Армянского экотипа семянок (овально-вытянутая форма – индекс 2,10–2,70 и сильно-вытянутая – индекс > 2,70). Также овальная форма плода в большей степени может отражать характеристику семянок кондитерского направления использования, что и подтверждает этот показатель у сорта стандарта Кондитер (индекс 2,04) (таблица 2).

**Таблица 2 – Характеристика уровня выраженности и разнообразия линейных размеров семянок армянских образцов в сравнении с показателями их индекса и формы плода (среднее за 2020–2021 гг.)**

| № п/п | Образец | Линейные размеры семянок, мм ($M \pm И_{95}$)* | | | Индекс семянок** | Форма плода |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | длина | ширина | толщина | | |
| 1 | Кондитер (стандарт) | 14,1 ± 0,9 | 6,9 ± 0,8 | 4,3 ± 0,3 | 2,04 | овальная |
| 2 | П-24-20/21 | 15,2 ± 0,3 | 8,7 ± 0,1 | 5,3 ± 0,2 | 1,75 | овальная |
| 3 | К-8-20/21 | 15,6 ± 0,4 | 5,8 ± 0,2 | 3,0 ± 0,3 | 1,88 | овальная |
| 4 | К-15-20/21 | 15,9 ± 0,3 | 5,7 ± 0,1 | 3,5 ± 0,2 | 2,79 | сильно-вытянутая |
| 5 | К-14-20/21 | 16,1 ± 0,4 | 6,8 ± 0,1 | 3,9 ± 0,3 | 2,37 | овально-вытянутая |
| 6 | К-7-20/21 | 16,1 ± 0,4 | 8,6 ± 0,2 | 5,0 ± 0,2 | 1,87 | овальная |
| 7 | К-20-20/21 | 16,4 ± 0,5 | 8,8 ± 0,2 | 6,0 ± 0,2 | 1,86 | овальная |
| 8 | К- 17-20/21 | 17,4 ± 0,4 | 7,5 ± 0,2 | 4,2 ± 0,2 | 2,32 | овально-вытянутая |
| 9 | П-31-20/21 | 17,5 ± 0,3 | 7,6 ± 0,1 | 4,5 ± 0,3 | 2,29 | овально-вытянутая |
| 10 | П-23-20/21 | 18,1 ± 0,5 | 8,8 ± 0,2 | 5,2 ± 0,3 | 2,08 | овальная |
| 11 | П-8-20/21 | 18,2 ± 0,4 | 7,3 ± 0,2 | 3,6 ± 0,1 | 2,50 | овально-вытянутая |
| 12 | К-12-20/21 | 18,5 ± 0,2 | 7,7 ± 0,2 | 4,4 ± 0,2 | 2,40 | овально-вытянутая |
| 13 | К-13-20/21 | 18,8 ± 0,3 | 8,0 ± 0,1 | 4,8 ± 0,3 | 2,35 | овально-вытянутая |
| 14 | П-13-20/21 | 19,1 ± 0,4 | 9,9 ± 0,2 | 4,7 ± 0,1 | 1,94 | овальная |
| 15 | П-5-20/21 | 20,2 ± 0,3 | 9,5 ± 0,1 | 5,3 ± 0,1 | 2,14 | овально-вытянутая |
| 16 | П-14-20/21 | 20,8 ± 0,1 | 8,4 ± 0,1 | 3,6 ± 0,3 | 2,48 | овально-вытянутая |

***Примечание.*** **доверительный интервал средней величины признака при 95 %-м уровне значимости; ** соотношение длины семянки относительно ее ширины.*

Все образцы армянской разновидности по длине семянок были ранжированы от меньшего к максимальному их выражению (от 15,2 до 20,8 мм) для того, чтобы проследить такое же подчинение закономерности распределения (от минимума к максимальному значению) показателей по признакам ширины и толщины плодов.

Анализ представленных данных показал, что ширина и толщина семянок у армянских длинноплодных форм не подчиняются установленной последовательности в выражении этих показателей от минимального к максимальному значению признака, в сравнении с такой закономерностью их по длине плода. Нет также четкой зависимости связи высокой выраженности признаков ширины и толщины семянок армянских образцов с сильно-вытянутой и овально-вытянутой формой их плода. По выраженности этих признаков наблюдается разброс показателей у разных образцов, если сравнивать их с длиной плода. Эти признаки по их выраженности даже уступают показателям стандарта кондитерского сорта Кондитер.

Поэтому следует считать, что форму плода армянской разновидности можно выражать только по показателям его длины и индексу семянок.

Важно также было проанализировать характеристику и таких признаков семянок у новых форм армянской разновидности, как лузжистость, масличность и массу 1000 семянок в соотношении с интегрированным показателем их крупности. Анализ представленных данных по лузжистости семянок показал, что по величине выраженности этого показателя (34,4–55,0 %) армянские образцы превзошли кондитерский стандарт на 7,4–28,0 %. Обычно такой уровень выраженности этого признака характерен для подсолнечника грызового направления использования. У кондитерских форм лузжистость семянок чаще всего имеет более низкий уровень выраженности такой как, например, у сорта стандарта Кондитер (27,0 %) (таблица 3).

**Таблица 3 – Характеристика армянских форм по уровню выраженности и степени разнообразия линейных размеров семянок, лузжистости, масличности и массы 1000 штук в соотношении с интегрированным показателем их крупности (среднее за 2020–2021 гг.)**

| № п/п | Номер образца | Линейные размеры семянок, мм | | | Лузжистость, % | Масличность, % | Масса 1000 семян, г | *Интегрированный показатель крупности семянок ($I_{к.с.}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | длина (а) | ширина (в) | толщина (с) | | | | |
| 1 | Кондитер (стандарт) | 14,1 | 6,9 | 4,3 | 27,0 | 44,9 | 132,0 | 7,48 |
| 2 | К-8-20/21 | 15,6 | 5,8 | 3,0 | 37,8 | 30,9 | 74,0 | 6,47 |
| 3 | К-15-20/21 | 15,9 | 5,7 | 3,5 | 47,6 | 29,1 | 84,0 | 6,82 |
| 4 | К-14-20/21 | 16,1 | 6,8 | 3,9 | 46,0 | 18,8 | 98,0 | 7,53 |
| 5 | П-8-20/21 | 18,2 | 7,3 | 3,6 | 34,4 | 36,5 | 141,4 | 7,82 |
| 6 | К-17-20/21 | 17,4 | 7,5 | 4,2 | 52,0 | 24,2 | 127,0 | 8,18 |
| 7 | П-31-20/21 | 17,5 | 7,6 | 4,5 | 42,3 | 28,3 | 140,0 | 8,42 |
| 8 | К-12-20/21 | 18,5 | 7,7 | 4,4 | 41,7 | 21,0 | 120,0 | 8,55 |
| 9 | П-14-20/21 | 20,8 | 8,4 | 3,6 | 44,0 | 33,8 | 157,6 | 8,57 |
| 10 | К-7-20/21 | 16,1 | 8,6 | 5,0 | 46,4 | 32,0 | 183,0 | 8,84 |
| 11 | П-24-20/21 | 15,2 | 8,7 | 5,3 | 37,0 | 33,7 | 162,6 | 8,88 |
| 12 | К-13-20/21 | 18,8 | 8,0 | 4,8 | 43,9 | 22,3 | 123,0 | 8,97 |
| 13 | П-23-20/21 | 18,1 | 8,8 | 5,2 | 42,8 | 28,7 | 183,2 | 9,39 |
| 14 | К-20-20/21 | 16,4 | 8,8 | 6,0 | 55,0 | 23,1 | 152,0 | 9,53 |
| 15 | П-13-20/21 | 19,1 | 9,9 | 4,7 | 39,1 | 34,2 | 177,6 | 9,61 |
| 16 | П-5-20/21 | 20,2 | 9,5 | 5,3 | 36,7 | 33,9 | 203,0 | 10,06 |
| - | $НСР_{05}$ | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 3,1 | 2,7 | 5,4 | - |

Нужно также отметить, что уровень выраженности лузжистости семянок в большей степени зависит от генетических особенностей каждого образца и обычно не связан с другими морфологическими признаками армянских форм, за исключением отрицательного взаимоотношения с масличностью семянок. То есть,

чем выше у образцов будет лузжистость, тем меньше окажется масличность семянок. Такая же закономерность наблюдается и по признаку масличности семянок. Зависимость у этого признака отрицательная по отношению к показателю лузжистости семянок. Например, самой высокой масличностью семянок, в сравнении с изучаемыми образцами (18,8–36,5 %), обладал стандарт кондитерский сорт Кондитер (44,9 %), в то же время лузжистость у него составляла всего 27 %.

Для характеристики образцов по крупности семянок, кроме признака массы 1000 семянок, использовали интегрированный показатель крупности. Оказалось, что самые крупные семянки из выделенных форм в сравнении со стандартом были у четырех образцов (№ 14 – К-20-20/21, № 15 – П-13-20/21, № 13 – П-23-20/21 и № 16 – П-5-20/21), у которых масса 1000 семянок и интегрированный показатель были наибольшие – 152,0–203,0 г, 9,53–10,06 соответственно. В процентном выражении эта разница составила превышение в пределах 15,2–53,8 %.

Результаты изучения выделенных образцов Армянского экотипа по линейным размерам плода показали, что они действительно достаточно сильно отличаются от кондитерского стандарта подсолнечника, однако по уровню выраженности массы 1000 семянок больших различий не наблюдали. Поэтому длинноплодные армянские образцы с высокой выраженностью массы 1000 семян могут представлять определенный интерес для селекции крупноплодных кондитерских сортов подсолнечника. Надо отметить также, что в литературе за последние годы мы не встречали сообщений об использовании армянских длинноплодных форм в селекции крупноплодного подсолнечника за исключением одной нашей информации, в которой были представлены результаты по изучению образцов с такой формой плода [21].

Таким образом, можно сделать заключение, что в результате всесторонней селекционной проработки отобранных образцов из раннее созданной коллекции армянских экотипов подсолнечника (43 шт.), выделены новые формы (15 шт.), с широким разнообразием и уровнем выраженности различных морфологических признаков семянок. Показаны возможности использования этих форм в дальнейших селекционных программах по созданию крупноплодных с удлиненной формой плода сортов и гибридов подсолнечника кондитерского и грызового направления использования.

**Выводы**

Проведенные исследования по изучению морфологических признаков новых образцов семянок из коллекции собранных в Республике Армения форм показали, что эти экотипы отличаются своими оригинальными характеристиками по длине, крупности, линейным размерам, яркой окраске плодовой оболочки, лузжистости и другим показателям от обычного крупноплодного подсолнечника.

В сравнении с сортом стандартом Кондитер большая часть изучаемых форм (№ 8 – К-12-20/21; № 12 – К-13-20/21; № 4 – К-14-20/21; № 6 – К-17-20/21; № 3 – К-15-20/21; № 16 – П-5-20/21; № 5 – П-8-20/21; № 9 – П-14-20/21 и № 7 – П-31-20/21) имели удлиненные семянки (индекс 2,14–2,79). При этом у кондитерского стандарта отмеченный показатель составил числовое значение индекса всего 2,04. Это соотношение говорит о том, что в настоящее время в производстве еще нет районированных кондитерских сортов подсолнечника такого типа с удлиненной формой плода.

Также при анализе армянских форм вместе с удлиненными типами плодов были выделены отдельные образцы с достаточно высокой крупностью семян. При этом самые крупные из них в среднем имели массу 1000 шт. от 177,6 до 203,0 г, а у кондитерского стандарта – только 132,0 г. Длина семянки у изучаемых образцов в

среднем составляла 15,2–20,8 мм (Кондитер – 14,1 мм). Это говорит в пользу того, что, имея исходный материал с такими показателями длины семянки, можно с определенной уверенностью надеяться на создание крупноплодных кондитерских сортов подсолнечника с удлиненной формой плода. Кроме того, выделенные образцы в среднем характеризовались высокой лузжистостью семянок (34,4–55,0 %) и низкой масличностью (18,8–36,5 %) что, в общем, характерно для крупноплодного подсолнечника грызового направления использования.

Следует также считать, что только для Армянского экотипа подсолнечника характерны семянки с особой конфигурацией плода овально-вытянутой и сильно-вытянутой формы. Кроме того, часть выделенных образцов внешне отличались своей оригинальной яркой окраской и разной полосатостью плода, что может обеспечить таким формам особую привлекательность и высокий спрос со стороны бизнеса, который ориентируется на продажи грызового подсолнечника.

В целом можно отметить, что выделенные новые образцы армянских форм могут представлять большой интерес для селекции крупноплодных сортов и гибридов подсолнечника, как кондитерского, так и грызового направления использования.

**Литература**

1. Сацыперов Ф. О. К вопросу о классификации сортов подсолнечника // Труды Бюро по прикладной ботанике. 1913. Т. 6. № 2. С. 24.

2. Плачек У. М. Формообразовательные процессы у подсолнечника под влиянием гибридизации и инцухта // Труды всесоюзного съезда по генетики, селекции, семеноводству и племенному животноводству. 1930. Т. IV. Селекция растений. С. 289–301.

3. Венцлавович Ф. С. *Helianthus* L. – Подсолнечник // Культурная флора СССР. Масличные. Под общ. ред. В.В. Вульфа. М.–Л.: Издание колхозной и совхозной литературы, 1941. С. 379–436.

4. Жуковский П. М. Культурные растения и их сородичи. Издание 3-е переработанное дополненное. Л.: «Колос», 1971. С. 32.

5. Heiser C. B., Smith D. M., Clevenger S. B., Martin W. S. The North American sunflowers (*Helianthus*) // Memoirs of the Torrey Botanical Club. 1969. Vol. 22. No. 3. 190 p.

6. Heiser C. B. The sunflower. USA: University Oklahoma Press, Norman, 1976. 198 p.

7. Анащенко А. В. Генофонд подсолнечника и его использование в селекции. Автореф. дисс. … д-ра биол. наук. Л.: ВИР, 1980. 49 с.

8. Анащенко А. В. Внутривидовая систематика культурного подсолнечника – *Helianthus annuus* L. subsp. *annuus* // Сборник докладов международной научно-практической конференции «Современные проблемы научного обеспечения производства подсолнечника» посвященная 120-летию со дня рождения В.С. Пустовойта, Краснодар: КубГАУ, 2006. С. 141–151.

9. Фурсова А. К., Фурсов Д. И., Наумкин В. Н., Никулина Н. Д. Растениеводство: лабораторно-практические занятия. Т. 2. Технические и кормовые культуры. Учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2013. 384 с.

10. Калайджян А. А., Хлевной Л. В., Нещадим Н. Н., Головин В. П., Вартанян В. В., Бурдун А. М. Российский солнечный цветок. Краснодар: Советская Кубань, 2007. 352 с.

11. Lofgren J. R. Sunflower for confectionery food, bird food and pet food // In book: Sunflower science and technology. Ed. by J. F. Carter. Madison, Wisconsin, USA, 1978. P. 441–456.

12. Децына А. А., Терещенко Г. А., Илларионова И. В. Скороспелый крупноплодный сорт подсолнечника кондитерского типа Белочка // Масличные культуры. 2018. № 2 (174). С. 141–144. DOI: 10.25230/2412-608X-2018-2-174-141-144.

13. Тишков Н. М., Бородин С. Г. Продуктивность сортов кондитерского подсолнечника в зависимости от густоты стояния растений // Масличные культуры. 2009. № 1 (140). С. 57–64.

14. Лукомец В. М., Тишков Н. М. Урожайность и качественные показатели крупной фракции семян при выращивании сортов кондитерского подсолнечника с разной густотой стояния // Масличные культуры. 2019. № 2 (178). С. 47–54. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-2-178-47-54.

15. Костенкова Е. В., Бушнев А. С., Василько В. П. Урожайность кондитерского подсолнечника в зависимости от элементов технологии // Таврический вестник аграрной науки. №1 (21). 2020. С. 31–38. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-1-21-31-38.

16. Шаззо А. А., Викторова Е. П., Мхитарьянц Л. А. Инновационная технология фракционирования и обрушивания семян подсолнечника кондитерских сортов. // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2014. № 3 (3). С. 32–37.

17. Чебанова Ю. В., Демурин Я. Н., Епишкина А. В. Модификационная изменчивость селекционно-ценных признаков семянок крупноплодных гибридов подсолнечника // Масличные культуры. 2022. Вып. 2 (190). С. 10– 17. DOI: 10.25230/2412-608X-2022-2-190-10-17.

18. Экспертно-аналитический центр агробизнеса «АБ-Центр». [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-semyan-podsolnechnika-i-produktov-ih-pererabotki---tendencii-i-prognozy (дата обращения 01.08.2022).

19. Анащенко А. В. Длинноплодный подсолнечник Закавказья // Труды по прикладной ботанике генетике и селекции. 1971. Т. 45. Вып. 2. С. 51–60.

20. Анащенко А. В. Крупноплодные формы подсолнечника // Селекция и семеноводство. 1972. № 3. С. 39–40.

21. Гриднев А. К. Морфологические признаки семянок Армянской разновидности культурного подсолнечника var. *Armeniacus* Wenzl. et Anashez. // Масличные культуры. НТБ ВНИИМК. 2017. Вып. 1 (169). С. 31–39.

22. Лукомец В. М., Бочкарев Н. И., Тишков Н. М., Бушнев А. С., Пивень В. Т., Маслиенко Л. В., Шуляк И. И., Семеренко С. А., Дряхлов А. И. и Кривошлыков К. М. Практические рекомендации по технологии возделывания подсолнечника в Краснодарском крае. Краснодар: ВНИМК, 2010. 46 с.

23. Перестова Т. А. Морфолого-анатомические особенности плода видов рода Helianthus, используемых в селекции. Дисс. … канд. биол. наук. Ленинград: ВИР, 1975. 202 с.

24. Мухин С. П. Оценка крупности семян для создания машин с/х комплекса. // Зерновые культуры. 1996. № 4. С. 8-9.

25. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. С. 205

26. Горя В. С. Алгоритмы математической обработки результатов исследований. Кишинев: Штиинца, 1978. С. 21–23.

27. Макрушин Н. М., Макрушина Е. М., Шабанов Р. Ю., Есоян Е. А., Черемха Б. М. Семеноводство (методология, теория, практика). Симферополь: Ариал, 2012. С. 348–356.

## References

1. Satsyperov F. O. Classification of sunflower varieties // Trudy po prikladnoy botanike. 1913. Vol. 6. No. 2. P. 24.

2. Plachek U. M. Shaping processes in sunflower under the influence of hybridization and inbreeding // Proceedings of the All-Union Congress on Genetics, Breeding, Seed Production, and Pedigree Livestock Farming. 1930. Vol. IV. Plant breeding. P. 289–301.

3. Ventslavovich F. S. *Helianthus* L. – Sunflower // Cultivated flora of the USSR. Oil Crops: Ed. by Wulf V. V. Moscow–Leningrad: Publishing house of kolkhoz and sovkhoz literature, 1941. P. 379-436.

4. Zhukovsky P. M. Cultivated plants and their relatives. 3rd edition, revised, added. Leningrad: Kolos, 1971. 32 p.

5. Heiser C. B., Smith D., Clevenger S. B., Martin W. S. The North American Sunflowers (*Helianthus*) // Memoirs of the Torrey Botanical Club. 1969. Vol. 22. No. 3. P. 190.

6. Heiser C. B. The sunflower. USA: University Oklahoma Press, Norman, 1976. 198 p.

7. Anaschenko A. V. Sunflower gene pool and its use in breeding. Author's abstract of diss. … Cand. Sc. (Biol.). Leningrad: VIR, 1980. 49 p.

8. Anaschenko A. V. Intraspecific taxonomy of cultivated sunflower – *Helianthus annuus* L. subsp. *annuus* // Proceedings of international scientific and practical conference "Modern problems of scientific support of sunflower production" dedicated to the 120th anniversary of V.S. Pustovoit's birth". Krasnodar: KubSAU, 2006. P. 141–151.

9. Fursova A. K., Fursov D. I., Naumkin V. N., Nikulina N. D. Plant production: laboratory and practical course. Vol. 2. Technical ad forage crops: Textbook. Saint-Petersburg: Lan, 2013. 384 p.

10. Kalaydzhyan A. A., Khlevnoy L. V., Neschadim N. N., Golovin V. P., Vartanyan V. V., Burdun A. M. Russian sunflower. Krasnodar: Sovetskaya Kuban, 2007. 352 p.

11. Lofgren J. R. Sunflower for confectionery food, bird food and pet food // In book: Sunflower science and technology. Ed. by J. F. Carter. Madison, Wisconsin, USA, 1978. P. 441–456.

12. Detsyna A. A., Tereschenko G. A., Illarionova I. V. Early-ripening confectionary sunflower variety Belochka // Oil crops. 2018. No. 2 (174). P. 141–144. DOI: 10.25230/2412-608X-2018-2-174-141-144.

13. Tishkov N. M., Borodin S. G. Productivity of sunflower confectionery varieties depending on plant population density // Oil Crops. 2009. No. 1 (140). P. 57–64.

14. Lukomets V. M., Tishkov N. M. Productivity and quality indicators of a large seed fraction of confectionery sunflower varieties cultivated at different plant populations // Oil Crops. 2019. №2 (178). P. 47–54. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-2-178-47-54.

15. Kostenkova E. V., Bushnev A. S., Vasilko V. P. Yield of confectionery sunflower depending on the elements of cultivation technology // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2020. No. 1 (21). P. 31–38. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-1-21-31-38.

16. Shazzo A. A., Viktotova E. P., Mkhitaryants L. A. Innovative technology for fractionation and dehulling of seeds of confectionery varieties of sunflower // Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex – healthy food products. 2014. No. 3 (3). P. 32–37.

17. Chebanova Yu. V., Demurin Ya. N., Epishkina A. V. Modificational variability of valuable for breeding traits of seeds of large-seeded sunflower hybrids // Oil Crops. 2022. Iss. 2 (190). P. 10–17. DOI: 10.25230/2412-608X-2022-2-190-10-17.

18. Expert and analytical center of agribusiness "AB-Center" [Electronic resource]. Access point: https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-semyan-podsolnechnika-i-produktov-ih-pererabotki---tendencii-i-prognozy (reference's date 01.08.2022).

19. Anaschenko A. V. Long-fruited sunflower of Transcaucasia // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 1971. Vol. 45. Iss. 2. P. 51–60.

20. Anaschenko A. V. Large-fruited forms of sunflower // Breeding and seed production. 1972. No. 3. P. 39–40.

21. Gridnev A. K. Morphological traits of seeds of Armenian type of cultivated sunflower var. *Armeniacus* Wenzl. et Anashez. // Oil Crops. Scientific and technical bulletin of VNIIMK. 2017. Iss. 1 (169). P. 31–39.

22. Lukomets V. M., Bochkaryov N. I., Tishkov N. M., Bushnev A. S., Piven V. T., Maslienko L. V., Shulyak I. I., Semerenko S. A., Dryakhlov A. I., Krivoshlykov K. M. Practical recommendations for sunflower cultivation technology in the Krasnodar region. Krasnodar: VNIIMK, 2010. 46 p.

23. Perestova T. A. Morphological and anatomical characteristics of the fruit of Helianthus species used in breeding. Thesis …Cand. Sc. (Agr.). Krasnodar, 1974. 202 p.

24. Mukhin S. P. Evaluation of seed largeness for the construction of machines of agricultural complex // Grain crops. 1996. No. 4. P. 8-9.

25. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 205 p.

26. Gorya V. S. Algorithms for mathematical processing of research results. Kishinev: Shtiintsa, 1978. P. 21–23.

27. Makrushin N. M., Makrushina E. M., Shabanov R. Yu., Esoyan E. A., Cheremkha B. M. Seed production (methodology, theory, practice). Simferopol: Arial, 2012. P. 348–356.

UDC 633.854.78:631.526.2:581.41

Lukomets V. M., Gridnev A. K.

## NEW DIVERSITY OF TRAITS OF SEEDS OF ARMENIAN TYPE OF CULTIVATED SUNFLOWER *VAR. ARMENIACUS* WENZL. ET ANASHEZ.

***Summary***. *Armenian type of cultivated sunflower (var. armeniacus) is a rare form that has not been cultivated in production yet. Therefore, research aimed at establishing the possibility of using such samples in breeding for large-seeded varieties is of great relevance. The purpose of our research was to determine the importance of the new selected forms for confectionery and large-seeded varieties breeding. In 2020-2021, we conducted the field evaluation of these forms progeny at V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops (VNIIMK) (Krasnodar, Russia). The meteorological conditions varied from year to year, but were generally favorable for sunflower cultivation. Soil – leached chernozem, low-humic, extra heavy, light loamy. From our collection of Armenian forms (43 samples), we selected 15 new numbers. Part of their seeds were used for sowing. The plots were single-row, 9.1 m in length, with a plant placement of 70/35 cm. For the analysis, we took 10 seeds from five typical heads; variety 'Konditer' served as standard. The studied samples were analyzed by morphological traits. Compared to the standard, seeds of the most samples were of a special configuration: oval-shaped and elongated, had oblong seeds (index 2.14–2.79; standard – 2.04). In production, there are no varieties with similar seed characteristic. Hence, such forms can be recommended for large-seeded sunflower breeding. We also identified samples with original coloring and stripes on seeds, as well as different grain size*

*(74.0-203.0 g), huskness (34.4–47.6 %), oil content (18.8–36.5 %), which will be in demand for large-seeded and confectionery sunflower varieties breeding.*

***Keywords:*** *Armenian type of cultivated sunflower (Helianthus annuus L. var. armeniacus Wenzl. et Anashez.), form, size, grain size, color, huskness and oil content of seeds, width and stripe placement on a seed husk, seed index.*

Лукомец Вячеслав Михайлович, доктор сельскохозяйственных наук, академик Российской академии наук, заслуженный работник сельского хозяйства Кубани, директор ФГБНУ «Федеральный научный центр Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур им. В.С. Пустовойта»; 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, 17; e-mail: vniimk@vniimk.ru.

Гриднев Алексей Кузьмич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник агротехнологического отдела ФГБНУ «Федеральный научный центр Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур им. В.С. Пустовойта»; 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, 17; 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, 17; e-mail: alexsei-k-gridnev@mail.ru.

Lukomets Vyacheslav Mikhailovich, Dr. Sc. (Agr.), academician of the Russian Academy of Sciences, honored worker of agriculture of Kuban, director of FSBSI Federal Research Center “V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops”; 17, Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia; e-mail: vniimk@vniimk.ru.

Gridnev Aleksey Kuzmich, Dr. Sc. (Agr.), chief researcher of the agrotechnoglocial Department of FSBSI Federal Research Center “V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops”; 17, Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia; e-mail: alexsei-k-gridnev@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 28.07.2022.*
*Дата принятия к печати – 21.08.2022.*

УДК 631.17:631.559:633.11«324»:631.432.2:632.51
EDN TTECIP

Лукьянов В. А., Нитченко Л. Б.

# ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНОЛОГИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ, ЗАСОРЁННОСТЬ ПОСЕВОВ И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЦЧР

ФГБНУ «Курский ФАНЦ»

***Реферат.*** *В современном земледелии агротехнологии возделывания зерновых культур с ресурсосберегающими основными обработками почвы приобретают высокую актуальность. Цель исследований заключалась в изучении влияния базовых и интенсивных технологий с традиционными и ресурсосберегающими основными обработками почвы на содержание продуктивной влаги, засорённость посевов и урожайность озимой пшеницы в условиях Центрально-Черноземного экономического района. Исследования проводили в 2019–2021 гг. в Курской области, Медвенский район, с. Панино. Изучали две базовые технологии (с отвальной и мелкой безотвальной обработкой почвы с дозой удобрений $N_{20}P_{40}K_{40}$) и две интенсивные технологии (с отвальной обработкой, $N_{40}P_{80}K_{80}$, 30 т/га зелёной массы сидерата; с поверхностной обработкой, $N_{40}P_{80}K_{80}$, 24 т/га зелёной массы сидерата). Почва опытного участка чернозём типичный среднесуглинистый. Различия по содержанию продуктивной влаги в метровом слое почвы при возобновлении весенней вегетации озимой пшеницы между изучаемыми технологиями были несущественными и её содержание составило в среднем 156,6–161,0 мм. Наиболее сильную засоренность посевов озимой пшеницы наблюдали в технологиях с ресурсосберегающими обработками почвы – мелкой безотвальной в базовой и поверхностной в интенсивной, по сравнению с технологиями с традиционной отвальной обработкой. В технологиях с ресурсосберегающими обработками почвы увеличилась численность щетинника сизого, ярутки полевой, фиалки полевой, осота полевого. Урожайность зерна озимой пшеницы в интенсивной технологии с ресурсосберегающей поверхностной обработкой почвы была максимальной и составила в среднем 5,56 т/га, в интенсивной технологии с традиционной отвальной обработкой почвы она была ниже на 0,28 т/га (5,28 т/га). В базовой технологии с традиционной отвальной обработкой получена урожайность 4,65 т/га, с ресурсосберегающей мелкой безотвальной – 4,99 т/га. Различия между урожайностью базовой и интенсивной технологий с традиционными обработками составили 0,63 т/га, с ресурсосберегающими – 0,57 т/га в пользу интенсивной технологии возделывания.*

***Ключевые слова:*** *озимая пшеница (Triticum aestivum L.), чернозём типичный, базовая и интенсивная технологии, традиционная и ресурсосберегающая основные обработки почвы, содержание продуктивной влаги, засорённость посевов, урожайность.*

***Для цитирования:*** *Лукьянов В. А., Нитченко Л. Б. Влияние агротехнологий на содержание продуктивной влаги, засоренность посевов и урожайность озимой пшеницы в ЦЧР // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 145–155. EDN: TTECIP*

***For citation:*** *Lukyanov V.A., Nitchenko L.B. Influence of agrotechnologies on the content of productive moisture, weediness and yield of winter wheat in the Central Chernozem Region // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 145–155. EDN: TTECIP*

## Введение

Среди зерновых культур озимая пшеница является одной из приоритетных, которая в структуре посевных площадей Курской области занимает более 30 %. На сегодняшний день в земледелии просматривается четкое направление на снижение энергетических и материальных затрат на основе применения механизмов адаптивного земледелия [1]. Многочисленные исследования российских и зарубежных научных учреждений показывают, что без применения комплекса устойчивых технологий (планирования севооборотов, систем питания и защиты растений, обработки почвы и др.) невозможно формирование высоких урожаев озимой пшеницы [2, 3].

В современном земледелии засорённость посевов культурных растений является тем фактором, который в значительной степени сдерживает их потенциальную урожайность. Сорняки используют влагу и элементы питания из почвы, затеняют и вытесняют производственные посевы сельскохозяйственных культур, а также провоцируют развитие болезней [4, 5].

Выбор способа основной обработки почвы, особенно высокопроизводительных комплексных почвообрабатывающий агрегатов под озимую пшеницу позволяет снизить энергетические затраты, однако для получения стабильных урожаев необходимо использовать только научно обоснованные агроприёмы. Снижение глубины обработки почвы способствовало увеличению засоренности посевов озимой пшеницы и увеличению её плотности, при этом возникала необходимость в усиленном применении гербицидов [6, 7].

Технологии возделывания полевых культур, включающие использование минимальной глубины обработки почвы, создают определённый риск увеличения засоренности в посевах сельскохозяйственных культур. По разным технологиям и дозам внесения минеральных удобрений наблюдается смешанный тип засорённости посевов озимой пшеницы с преобладанием зимующих сорных растений и в большей степени при возделывании по технологии без обработки почвы [8, 9].

Способы основной обработки почвы оказывают влияние на водный режим. Непостоянство и хаотичность выпадения осадков отрицательно влияет на физико-химические и микробиологических процессы, которые в свою очередь снижают урожайность озимой пшеницы. Эффективность традиционных и ресурсосберегающих основных обработок почвы зависит от почвенно-климатических особенностей регионов. Минимизация приемов основной обработки почвы и прямой посев при возделывании озимой пшеницы способствуют лучшей влагообеспеченности посевов в период появления всходов, но в то же время приводят к увеличению численности и массы сорняков в критические для роста и развития зерновых культур периоды. С увеличением глубины обработки почвы, особенно на фоне отвальной вспашки, создается более благоприятное фитосанитарное состоянии посевов, а также отмечается лучшее структурно-агрегатное состояние и более низкая плотность сложения, что способствует получению наиболее высокой урожайности озимой пшеницы [10–12].

**Цель исследований** – изучение влияния базовых и интенсивных технологий с традиционными и ресурсосберегающими основными обработками почвы на содержание продуктивной влаги, засорённость посевов и урожайность озимой пшеницы в условиях ЦЧР.

## Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2019–2021 гг. на опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область, Медвенский район, с. Панино), заложенном в 2002 г.

Почва опытного участка – чернозём типичный среднесуглинистый среднегумусный. В начале закладки опыта (2002 г.) характеристики пахотного слоя почвы имели следующие показатели: содержание гумуса 5,8 % (ГОСТ 26213-91), pH солевая – 5,6 (ГОСТ 26483-85), Нг – 4,1 мг-экв. на 100 г почвы (ГОСТ 26212-91), содержание щёлочногидролизуемого азота – 20,50 мг/100 г (метод Корнфилда), подвижного фосфора – 13,0 мг/100 г (ГОСТ 26204-91), обменного калия – 12,0 мг/100 г почвы (ГОСТ 26204-91).

В зернопаропропашном севообороте: пар (чистый в базовой технологии и сидеральный в интенсивной) – озимая пшеница – сахарная свекла – гречиха – ячмень, изучали под озимую пшеницу два типа технологий – базовую и интенсивную с традиционными (отвальная обработка) и ресурсосберегающими (мелкая безотвальная, поверхностная) основными обработками почвы.

Схема опыта представлена следующими вариантами:

1. Базовая технология 1, включающая традиционную отвальную основную обработку почвы на глубину 20–22 см, минеральные удобрения в дозе $N_{20}P_{40}K_{40}$ кг д.в./га, однократную обработку гербицидами в фазе кущения.

2. Базовая технология 2, включающая ресурсосберегающую мелкую безотвальную обработку почвы на глубину 12–16 см, минеральные удобрения в дозе $N_{20}P_{40}K_{40}$ кг д.в./га, однократную обработку гербицидами в фазе кущения.

3. Интенсивная технология 1, включающая традиционную отвальную основную обработку почвы на глубину 20–22 см, минеральные удобрения в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$ кг д.в./га, 30 т/га зелёной массы люпина белого, двукратную обработку гербицидами в фазах кущения и выхода в трубку.

4. Интенсивная технология 2, включающая ресурсосберегающую поверхностную основную обработку почвы на глубину 10–12 см, минеральные удобрения в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$ кг д.в./га, 24 т/га зелёной массы люпина белого, двукратную обработку гербицидами в фазах кущения и выхода в трубку.

Площадь посевных делянок в научно-производственном опыте – 2700 м$^2$. Наблюдения проводили по общепринятым методикам. Учёт урожая озимой пшеницы осуществляли методом сплошной уборки учётной площади. Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову.

Агрометеорологические условия в начале осенней вегетации озимой пшеницы различались по гидротермическому режиму (таблица 1).

В период посева озимой пшеницы и появления всходов (сентябрь) среднемесячная температура воздуха составила в 2018 г. 16,6 °С, количество осадков – 35 мм, в 2019 г. – 14,3 °С и 39 мм, в 2020 г. – 16,8 °С и 11 мм соответственно, то есть температура воздуха была выше на 3,9; 1,6; 4,1 °С, осадков выпало в 1,9; 1,7 и 6,0 раза меньшее среднемноголетней нормы. В период с декабря 2018 г. по март 2019 г. выпало 226 мм осадков, с декабря 2019 г. по март 2020 г. – 121 мм, с декабря 2020 г. по март 2021 г. – 176 мм. Во время весенне-летней вегетации озимой пшеницы (апрель–июль) среднемесячная температура воздуха была выше средней многолетней в 2019 г. на 1,9 °С, в 2020 г. – на 0,6 °С, в 2021 г. – на 1,5 °С. Количество выпавших осадков в 2019 г. было меньше нормы: в апреле – на 32 мм, в июне –на 41 мм и в июле на 29 мм; в 2020 г. – в апреле – на 18 мм, в 2021 г. – в июне на 7 мм и июле на 29 мм. В мае 2019 г. количество осадков превысило среднюю многолетнюю величину на 20 мм, в 2020 г. в мае – на 45 мм, в июне – на 3 мм, в июле – на 28 мм, в 2021 г. – в апреле – на 19 мм, в мае – на 38 мм.

**Таблица 1 – Агрометеорологические условия в период вегетации озимой пшеницы (по данным метеостанции г. Курска)**

| Сельскохозяйственный год | Месяц | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | предыдущего | | | | | текущего | | | | | | |
| | август | сентябрь | октябрь | ноябрь | декабрь | январь | февраль | март | апрель | май | июнь | июль |
| среднемесячная температура воздуха, °С | | | | | | | | | | | | |
| 2018/19 | 21,5 | 16,6 | 8,8 | -1,6 | -4,9 | -6,4 | -2,1 | 1,4 | 9,7 | 16,8 | 21,7 | 18,7 |
| 2019/20 | 19,2 | 14,3 | 9,5 | 1,9 | 0,2 | -0,9 | -0,8 | 5,2 | 7 | 11,7 | 21 | 20,7 |
| 2020/21 | 19,3 | 16,8 | 11,1 | 1,3 | -4,0 | -4,5 | -8,7 | -0,8 | 7,4 | 14,7 | 20,1 | 23,1 |
| Среднее многолетнее | 18,5 | 12,7 | 6,5 | -0,6 | -5,1 | -6,2 | -6,3 | -1,0 | 7,6 | 14,3 | 17,7 | 19,6 |
| сумма осадков, мм | | | | | | | | | | | | |
| 2018/19 | 3 | 35 | 28 | 6 | 82 | 49 | 39 | 56 | 13 | 73 | 30 | 49 |
| 2019/20 | 27 | 39 | 57 | 39 | 29 | 29 | 42 | 21 | 27 | 98 | 74 | 106 |
| 2020/21 | 11 | 11 | 35 | 55 | 27 | 71 | 66 | 12 | 64 | 91 | 64 | 64 |
| Среднее многолетнее | 55 | 67 | 58 | 46 | 46 | 47 | 42 | 40 | 45 | 53 | 71 | 78 |

Отличающиеся по годам исследований метеорологические условия сформировали разный гидротермический режим для возделывания озимой пшеницы. Период вегетации озимой пшеницы в 2018/19 гг. можно характеризовать как очень засушливый (ГТК = 0,66), при этом в осенний период ГТК составил 0,68, в весенне-летний – 0,89. В 2019/20 гг. условия вегетации для развития растений озимой пшеницы в целом характеризовались как недостаточно увлажненные (ГТК = 1,29): в осенний период условия влагообеспеченности были засушливыми (ГТК = 0,91), в весенне-летний период – избыточно увлажненными (ГТК = 1,69). В 2020/21 гг. отмечалось непостоянство выпадения осадков на фоне повышенных температур (ГТК=0,82). В период посева озимой пшеницы гидротермические условия были очень засушливые (ГТК = 0,54), при весенне-летней вегетации – засушливые (ГТК = 0,95).

**Результаты и их обсуждение**

Содержание достаточного количества продуктивной влаги в почве, особенно в начале вегетации растений, является основным условием формирования хорошей урожайности сельскохозяйственных культур. Согласно классификации А.Ф. Вадюниной, З.А. Корчагиной [13], содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы на момент возобновления весенней вегетации пшеницы озимой в среднем за годы проведенных исследований в посевах было хорошим и очень хорошим (156,6–161,0 мм) (рисунок 1).

Содержание продуктивной влаги в почве достоверно (при $НСР_{05}$ = 23,7 мм) различалось по годам исследований в технологиях с традиционными обработками почвы. Наибольшее содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы в 2019 г. отмечали в интенсивной технологии с отвальной обработкой почвы – 187,4 мм, в этом варианте её было меньше в 2020 г. на 54,9 мм, в 2021 г. – на 31,4 мм. В базовой технологии с аналогичной обработкой почвы содержание продуктивной влаги составило в 2019 г. 186,2 мм, в 2020 – было меньше на 59,8 мм, в 2021 г. – на 29 мм. В интенсивной и базовой технологиях с ресурсосберегающими обработками почвы содержание продуктивной влаги в 2020 и 2021 гг. различалось на уровне тенденции по сравнению с 2019 г.

Различия между изучаемыми вариантами технологий по содержанию продуктивной влаги в почве на момент возобновления весенней вегетации озимой пшеницы и в среднем за годы проведенных исследований были недостоверными (при $НСР_{05}$ = 27,4 мм). В 2019 г. содержание продуктивной влаги было больше на уровне тенденции в технологиях с отвальной обработкой почвы, в 2020, 2021 гг. и в среднем по годам – в технологиях с ресурсосберегающими обработками.

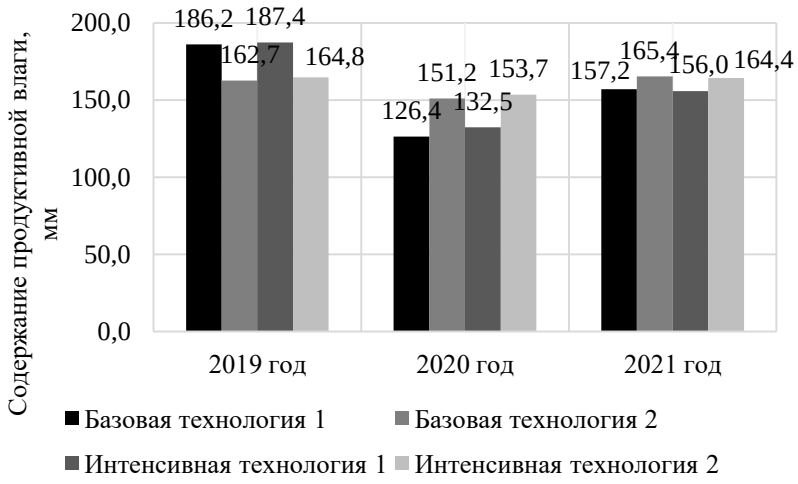



**Рисунок 1 – Содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы в начале возобновления весенней вегетации озимой пшеницы в зависимости от изучаемых технологий**

***Примечание.*** *$НСР_{05}$ – А (годы) =23,7 мм; В (варианты) = 27,4 мм; АВ = 47,4 мм.*

В начале весенней вегетации наиболее сильную засоренность посевов озимой пшеницы наблюдали во все годы исследований в технологиях с ресурсосберегающими обработками почвы – мелкой безотвальной в базовой и поверхностной в интенсивной по сравнению с технологиями с традиционной отвальной обработкой (таблица 2).

**Таблица 2 – Влияние базовых и интенсивных технологий возделывания озимой пшеницы на засорённость посевов**

| Вариант | Количество сорняков, шт./м$^2$ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2019 г. | | 2020 г. | | 2021 г. | | средняя | |
| | в начале вегетации | в конце вегетации | в начале вегетации | в конце вегетации | в начале вегетации | в конце вегетации | в начале вегетации | в конце вегетации |
| Базовая технология 1 | 16 | 12 | 14 | 3 | 24 | 4 | 18 | 6 |
| Базовая технология 2 | 22 | 15 | 21 | 6 | 35 | 7 | 26 | 9 |
| Интенсивная технология 1 | 18 | 10 | 16 | 1 | 22 | 1 | 19 | 4 |
| Интенсивная технология 2 | 20 | 12 | 24 | 4 | 32 | 3 | 25 | 6 |

***Примечание.*** *$НСР_{05}$ (в начале вегетации): А (годы) = 4 шт./м$^2$, В (варианты) = 5 шт./м$^2$, АВ = 9; $НСР_{05}$ (в конце вегетации): А (годы) = 1 шт./м$^2$, В (варианты) = 1 шт./м$^2$, АВ = 2.*

Согласно полученным данным, в начале вегетации засоренность посевов ячменя была достоверно больше в базовой технологии 2 с мелкой безотвальной обработкой почвы – в 2019 г. – на 6, в 2020 г. – на 7, в 2021 г. – на 11 шт./м$^2$ по сравнению с базовой технологией 1 с отвальной обработкой. В интенсивной технологии с отвальной и поверхностной обработками почвы достоверные различия по засоренности посевов наблюдали в 2020 г. (на 8 шт./м$^2$) и 2021 г. (на 10 шт./м$^2$). В среднем за годы исследований засоренность посевов ячменя была достоверно больше как в базовой, так и в интенсивной технологии при возделывании по ресурсосберегающей обработке почвы по сравнению с традиционной – соответственно на 8 и 9 шт./м$^2$.

К концу вегетации озимой пшеницы количество сорняков уменьшилось в интенсивных технологиях в среднем за годы исследований до 4–6 шт./м$^2$, в базовых – до 6–9 шт./м$^2$ и было достоверно (при $НСР_{05}$ = 1 шт./м$^2$) меньше в технологиях с отвальной обработкой почвы. При возделывании озимой пшеницы в базовой технологии с отвальной обработкой почвы количество сорняков снизилось в среднем на 66,7 %, с мелкой безотвальной – на 65,4 %; в интенсивной технологии с отвальной обработкой – на 78,9 %, с поверхностной – на 76,0 %.

В посевах озимой пшеницы в начале весенней вегетации как в базовой, так и в интенсивной технологиях, в различные годы исследований встречались такие сорняки, как подмаренник цепкий (*Galium aparine*), фиалка полевая (*Viola arvensis*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*), ярутка полевая (*Thlaspi arvense*), гречишка вьюнковая (*Fallohia convolvulus*), марь белая (*Chenopodium album*), щетинник сизый (*Setaria pumila*), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus*), живокость полевая (*Delphinium consolida*), ромашка непахучая (*Matricaria perforata*), осот полевой (*Sonchus arvensis*). В структуре сорной растительности преобладали малолетние сорняки – в среднем 64 %, в то время как многолетних было 36 %. В сорняковом компоненте двудольные сорняки составляли 89 %, однодольные – 11 %.

В базовой технологии возделывания озимой пшеницы с отвальной обработкой почвы преобладали щетинник сизый (20,4 %), марь белая (13,0 %), живокость полевая (13,0 %), ярутка полевая (11,1 %). Посевы менее засорены были осотом полевым (5,6 %) и подмаренником цепким (7,4 %) (рисунок 2).

При возделывании пшеницы озимой по базовой технологии с мелкой безотвальной обработкой почвы видовой состав сорняков возрастал как за счет однолетних, так и многолетних сорняков. Количество растений щетинника сизого возросло до 6,3 шт./м$^2$ (24,4 %), ярутки полевой – до 3,0 шт./м$^2$ или 11,5 %, осота полевого – до 1,7 шт./м$^2$.

В интенсивной технологии с отвальной обработкой почвы количество растений щетинника сизого составило 23,2 %, мари белой – 20,9 %, живокости полевой – 12,2 %, фиалки полевой – 15,7 %, ярутки полевой – 8,7 %, вьюнка полевого – 5,2 %, осота полевого – 3,5 %.

При возделывании озимой пшеницы по интенсивной технологии с поверхностной обработкой почвы численность щетинника сизого увеличилась до 7,7 шт./м$^2$ (30,7 %), мари белой и фиалки полевой – до 4,3 шт./м$^2$ (17,3 %), вьюнка полевого – до 2,0 шт./м$^2$ (8,0 %). Количество растений гречишки вьюнковой составило 1,7 шт./м$^2$ (6,7 %), ярутки полевой и осота полевого – 1,3 шт./м$^2$ (5,3 %), живокости полевой – 1,3 шт./м$^2$ (5,4 %).

Урожайность озимой пшеницы (таблица 3) в 2019 г. в базовой технологии с мелкой безотвальной обработкой почвы составила 3,90 т/га, в 2020 и 2021 гг. она была достоверно выше на 1,50 т/га и 1,78 т/га соответственно (при $НСР_{05}$ = 0,40 т/га). При

отвальной обработке в базовой технологии урожайность была достоверно выше: в 2020 г. на 1,81 т/га, в 2021 г. – на 1,75 т/га по сравнению с 2019 г.

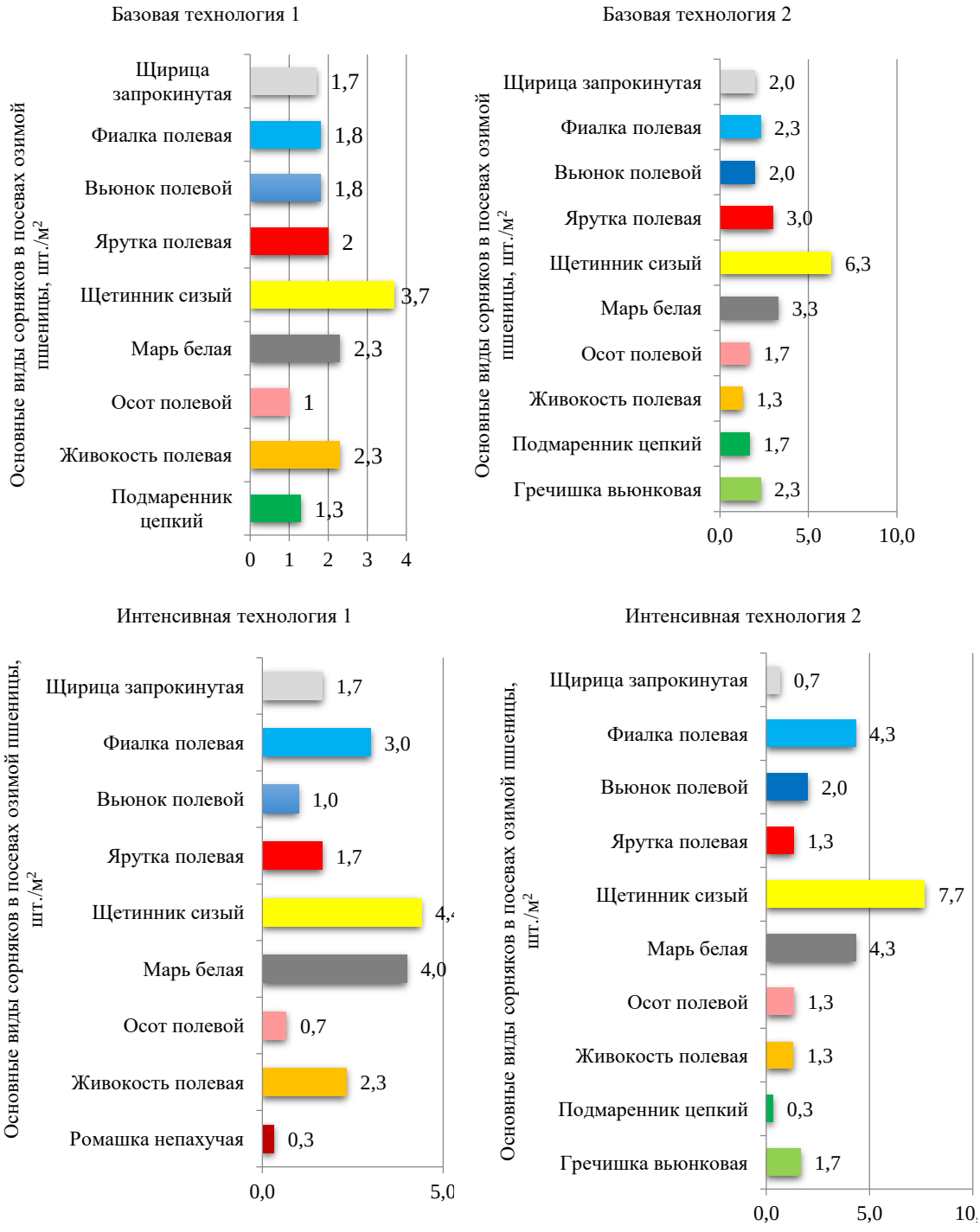



**Рисунок 2 – Влияние изучаемых технологий возделывания озимой пшеницы на видовой состав сорняков в начале вегетации, шт./м²**

В интенсивной технологии возделывания урожайность озимой пшеницы в 2020 и 2021 гг. в вариантах с поверхностной и отвальной обработками почвы также достоверно превышала урожайность, полученную в 2019 г. Различия составили соответственно по годам по поверхностной обработке 2,04 и 2,20 т/га, по отвальной – 2,30 и 2,62 т/га.

Различия в урожайности озимой пшеницы были достоверными в 2019 г. – 0,51 т/га, между вариантами интенсивной технологии 1 с отвальной и интенсивной технологией 2 с поверхностной обработками почвы, в пользу второй; в 2021 г. – 0,47 т/га, между базовой технологией 1 с отвальной обработкой и базовой технологией с мелкой безотвальной обработками. В остальных случаях сравнения вариантов различия в урожайности были на уровне тенденций.

**Таблица 3 – Влияние базовых и интенсивных технологий возделывания на урожайность озимой пшеницы**

| Вариант | Урожайность, т/га | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2019 г. | 2020 г. | 2021 г. | средняя |
| Базовая агротехнология 1 | 3,46 | 5,27 | 5,21 | 4,65 |
| Базовая агротехнология 2 | 3,90 | 5,40 | 5,68 | 4,99 |
| Интенсивная технология 1 | 3,64 | 5,94 | 6,26 | 5,28 |
| Интенсивная технология 2 | 4,15 | 6,19 | 6,35 | 5,56 |

***Примечание.*** *$НСР_{05}$: А (годы) = 0,40 т/га, В (варианты) = 0,46 т/га, АВ = 0,79 т/га.*

В 2020 и 2021 гг. отмечено достоверное увеличение урожайности озимой пшеницы при интенсивной технологии 1 по сравнению с базовой технологией 1 с традиционными обработками на 0,79 и 0,67 т/га соответственно; при интенсивной технологии 2 и базовой технологией 2 с ресурсосберегающими обработками – на 1,05 и 0,67 т/га.

Средняя урожайность зерна озимой пшеницы не имела статистически значимых различий (при $НСР_{05}$ = 0,46 т/га) между базовой технологией 1 с отвальной обработкой почвы и базовой технологией 2 с мелкой безотвальной обработкой почвы и между интенсивной технологией 1 с отвальной и интенсивной технологией 2 с поверхностной обработкой. Урожайность достоверно различалась (при $НСР_{05}$ = 0,46 т/га) между базовой 1 и интенсивной 1 технологиями с традиционной отвальной обработкой почвы. В этом случае, интенсивная технология позволила увеличить урожайность зерна озимой пшеницы на 0,63 т/га. Различия в урожайности между базовой 2 и интенсивной 2 технологиями с ресурсосберегающими обработками почвы составили 0,57 т/га в пользу интенсивной технологии возделывания.

## Выводы

Установлено, что содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы на момент возобновления весенней вегетации озимой пшеницы в среднем за годы проведенных исследований в посевах было хорошим – очень хорошим (156,6–161,0 мм), различия по этому показателю между изучаемыми агротехнологиями были недостоверными. В начале весенней вегетации наиболее сильная засоренность посевов озимой пшеницы наблюдалась в технологиях с ресурсосберегающими обработками почвы – мелкой безотвальной (26 шт./м$^2$) в базовой и поверхностной (25 шт./м$^2$) в интенсивной, по сравнению с технологиями с традиционной отвальной обработкой (18 и 19 шт./м$^2$ соответственно).

Максимальная урожайность зерна озимой пшеницы была получена в интенсивной технологии с ресурсосберегающей обработкой почвы – 5,56 т/га, что достоверно превышало на 0,57 т/га показатели базовой технологии с ресурсосберегающей обработкой. В вариантах с традиционной отвальной обработкой почвы урожайность, полученная в интенсивной технологии, была выше на 0,63 т/га, чем в базовой.

***Работа выполнена по теме государственного задания № FGZU-2022-0005.***

## Литература

1. Воронин А. Н., Никитин В. В., Соловиченко В. Д., Мельников В. И. Влияние структуры севооборота, способа основной обработки почвы и удобрений на продуктивность озимой пшеницы в Центрально-Черноземном регионе // Агрохимия. 2016. № 5. С. 21–27.

2. Турусов В. И., Гармашов В.М., Богатых О. А., Балюнова Е. А. Роль предшественников пшеницы озимой в севообороте в условиях ЦЧЗ // Аграрная наука. 2017. № 11-12. С. 10–11. EDN: YMSTVN.

3. Akramovna G. L., Doniyorovich M. F., Xaliqjonovna E. O., Yuldashevna M. D., Mamasaitovich Q. M. The effect of the use of organic fertilizers, sowing legumes on the winter wheat yield and quality // Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology. 2020. Vol. 21. No. 42. P. 73–79. EDN: IRQKLQ.

4. Пургин Д. В., Усенко В. И., Кравченко В. И., Гаркуша А. А., Усенко С. В., Олешко В.П. Формирование засоренности посевов в зернопаровом севообороте в зависимости от способа обработки почвы и применения средств химизации // Земледелие. 2019. № 8. С. 6–14. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10802.

5. Дубовик Д. В., Лазарев В. И., Айдиев А. Я., Ильин Б. С. Эффективность различных способов основной обработки почвы и прямого посева при возделывании озимой пшеницы на черноземных почвах // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 12. С. 26–29. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11205.

6. Корчагин А. А., Щукин И. М., Окоркова Л. А., Щукина В. И., Шаркевич В. В. Влияние систем удобрения и обработки почвы на урожайность зерновых культур в адаптивно-ландшафтных системах земледелия Владимирского Ополья // Владимирский земледелец. 2021. № 3 (97). С. 38–44. DOI: 10.24412/2225-2584-2021-3-38-44.

7. Тютюнов С. И., Солнцев П. И., Хорошилова Ю. В., Емец М. В., Горохова Ж. Ю. Влияние приемов основной обработки почвы, удобрений и средств защиты растений на продуктивность озимой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 5. С. 18–23. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10503.

8. Kryvenko A. Weed infestation of winter wheat fields depending on different tillage systems in short crop rotation // Agrobiology. 2017. № 2 (135). С. 167–173. EDN: XPTQTB.

9. Турусов В. И., Гармашов В. И., Нужная Н. А., Корнилов И. М. Засоренность посевов озимой пшеницы в зависимости от приемов обработки почвы, внесения минеральных удобрений и гербицидов // Защита и карантин растений. 2018. № 10. С. 13–16. EDN: YLFAJV.

10. Сабитов М. М. Влияние удобрений и средств защиты растений на засоренность, урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Агрохимический вестник. 2021. № 4. С. 41–47. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-4-008.

11. Стукалов Р. С., Дридигер В. К. Влияние технологии No-Till на засоренность и накопление глифосат кислоты в почве и зерне озимой пшеницы // Новости науки в АПК. 2018. № 1 (10). С. 74–78. DOI: 10.25930/2218-855x-1-10-121128.

12. Морозов А. Н., Дубовик Д. В., Дубовик Е. В., Ильин Б. С. Влагообеспеченность и засоренность посевов зерновых культур в зависимости от приемов основной обработки почвы // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 5 (383). С. 59–62. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-5-59-62.

13. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат. 1986. 416 с.

## References

1. Voronin A. N., Nikitin V. V., Solovichenko V. D., Melnikov V. I. The influence of structure of crop rotation, method of main soil tillage and fertilizers on productivity of winter wheat in Central Chernozem region // Agrohimia. 2016. No. 5. P. 21–27. EDN: WBDYOZ.

2. Turusov V. I., Garmashov V. M., Bogatykh O. A., Balyunova E. A. The role of winter wheat predecessors in crop rotation under conditions of the Central Chernozem region // Agrarian Science. 2017. No. 11–12. P. 10–11. EDN: YMSTVN.

3. Akramovna G. L., Doniyorovich M. F., Xaliqjonovna E. O., Yuldashevna M. D., Mamasaitovich Q. M. The effect of the use of organic fertilizers, sowing legumes on the winter wheat yield and quality // Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology. 2020. Vol. 21. No. 42. P. 73–79. EDN: IRQKLQ.

4. Purgin D. V., Usenko V. I., Kravchenko V. I., Garkusha A. A., Usenko S. V., Oleshko V. P. Crop infestation in the grain-fallow crop rotation depending on the tillage method and chemicalization means used // Zemledelie. 2019. No. 8. P. 6–14. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10802.

5. Dubovik D. V., Lazarev V. I., Aidiev A. Ya., Ilyin B. S. Efficiency of various methods of primary tillage and direct sowing during the cultivation of winter wheat on chernozem soils // Achievements of Science

and Technology in Agro-Industrial Complex. 2019. Vol. 33. No. 12. P. 26–29. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11205.

6. Korchagin A. A., Shchukin I. M., Okorkova L. A., Shchukina V. I., Sharkevich V. V. Impact of fertilizer and soil treatment systems on grain crop yield in the adaptive landscape systems of Vladimir Opole // Vladimir agricolist. 2021. No. 3 (97). P. 38–44. DOI: 10.24412/2225-2584-2021-3-38-44.

7. Tyutyunov S. I., Solntsev P. I., Khoroshilova Yu. V., Emets M. V., Gorokhova Zh. Yu. The influence of primary tillage methods, fertilizers, and plant protection means on winter wheat yield // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2020. Vol. 34. No. 5. P. 18–23. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10503.

8. Kryvenko A. Weed infestation of winter wheat fields depending on different tillage systems in short crop rotation // Agrobiology. 2017. No. 2 (135). P. 167–173. EDN: XPTQTB.

9. Turusov V. I., Garmashov V. I., Nuzhnaya N. A., Kornilov I. M. Weed infestation of winter wheat crops depending on methods of soil cultivation, application of mineral fertilizers and herbicides // Plant Protection and Quarantine. 2018. No. 10. P. 13–16. EDN: YLFAJV.

10. Sabitov M. M. Influence of fertilizers and plant protection products on weediness, yield and quality of winter wheat grain // Agrochemical Herald. 2021. No. 4. P. 41–47. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-4-008.

11. Stukalov R. S., Dridiger V. K. Effect of No-Till technology on clogging and accumulation of glyphosate acid in soil and winter wheat grain // Novosti nauki v APK. 2018. No. 1 (10). P. 74–78. DOI: 10.25930/2218-855x-1-10-121128.

12. Morozov A. N., Dubovik D. V., Dubovik E. V., Ilyin B. S. Moisture availability and weed infestation of grain crops depending on the practices of primary tillage // Mezhdunarodnyi Sel'skokhozyaistvennyi Zhurnal. 2021. No. 5 (383). P. 59–62. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-5-59-62.

13. Vadyunina A. F., Korchagina Z. A. Methods for studying the physical properties of soils. Moscow: Agropromizdat, 1986. 416 p.

UDC 631.17:631.559:633.11«324»:631.432.2:632.51

Lukyanov V. A., Nitchenko L. B.

## INFLUENCE OF AGROTECHNOLOGIES ON THE CONTENT OF PRODUCTIVE MOISTURE, WEEDINESS AND YIELD OF WINTER WHEAT IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

***Summary.*** *In modern agriculture, agricultural technologies for cultivating grain crops with resource-saving basic tillage are becoming relevant. The purpose of the research was to study the influence of basic and intensive technologies with traditional and resource-saving basic tillage on the content of productive moisture, weediness of T. aestivum crops and winter wheat yield under conditions of the Central Chernozem Region. The research was carried out in 2019-2021 at the experimental field of the Federal Agricultural Kursk Research Center (Kursk region, Medvensky district, Panino village). We studied two basic technologies (dump and non-dump tillage, $N_{20}P_{40}K_{40}$) and two intensive technologies (dump tillage, $N_{40}P_{80}K_{80}$, 30 t/ha of green manure; surface tillage, $N_{40}P_{80}K_{80}$, 24 t/ha of green manure). Soil of the experimental plot – typical medium loamy chernozem. The differences in the content of productive moisture in one-meter soil layer after winter wheat spring vegetation resumption between the studied technologies were insignificant and its content averaged 156.6...161.0 mm. The most severe weediness of winter wheat crops was observed in technologies with resource-saving tillage – non-dump tillage in basic technology and surface tillage in intensive technology compared to technologies with traditional dump tillage. In technologies with resource-saving tillage, the number of Setaria pumila, Viola arvensis, Thiaspi arvense, Sonchus arvensis increased. The yield of winter wheat grain in intensive technology with resource-saving surface tillage was maximum and averaged 5.56 t/ha; in intensive technology with traditional dump tillage, it was lower by 0.28 t/ha and reached only 5.28 t/ha. In basic technology with traditional dump tillage, a yield of 4.65 t/ha was obtained, with resource-saving non-dump tillage – 4.99 t/ha. The differences between winter wheat yield on the fields with basic and intensive technologies with*

*traditional tillage amounted to 0.63 t/ha, with resource-saving one – 0.57 t/ha in favor of intensive cultivation technology.*

***Keywords:*** *winter wheat (Triticum aestivum L.), chernozems typical, basic and intensive technologies, traditional and resource-saving basic tillage, content of productive moisture, weed infestation of crops, yield.*

Лукьянов Вячеслав Анатольевич, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории севооборотов и адаптивных агротехнологий, ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»; 305021, Россия, г. Курск, Карла Маркса, 70Б; e-mail: lukyanov27@mail.ru.

Нитченко Людмила Борисовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории севооборотов и адаптивных агротехнологий, ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»; 305021, Россия, г. Курск, Карла Маркса, 70Б; e-mail: nitchenko58@yandex.ru.

Lukyanov Vyacheslav Anatolyevich, Cand. Sc. (Biol.) researcher of the Laboratory of crop rotations and adaptive agricultural technologies, Federal Agricultural Kursk Research Center; 70B, Karl Marx str., Kursk, Russia, 305021; e-mail: lukyanov27@mail.ru.

Nitchenko Lyudmila Borisovna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher of the Laboratory of crop rotations and adaptive agricultural technologies, Federal Agricultural Kursk Research Center; 70B, Karl Marx str., Kursk, Russia, 305021; e-mail: nitchenko58@yandex.ru.

*Дата поступления в редакцию – 14.07.2022.*
*Дата принятия к печати – 21.10.2022.*

УДК 519.237:635.21:661.162.6
EDN SBLGLT

Нохрин Д. Ю., Васильев А. А.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИЗА ИЗБЫТОЧНОСТИ ДЛЯ ОБОБЩЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА НА ПРИМЕРЕ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ПРЕПАРАТА «МИВАЛ-АГРО» НА УРОЖАЙНОСТЬ И БОЛЕЗНИ КАРТОФЕЛЯ

ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук»

***Реферат.*** *При статистической обработке данных сельскохозяйственных опытов вместе с дисперсионным анализом полезно применять многомерные методы анализа данных, учитывающие согласованное изменение сразу нескольких признаков в ответ на различные средовые и экспериментальные факторы. В статье рассматривается использование в этих целях анализа избыточности (Redundancy analysis, RDA), в ходе которого по результатам полевых опытов 2017–2020 гг. оценено влияние факторов «Год» (4 градации), «Сорт» (5) и «Обработка биостимулятором» (3) на полевую всхожесть, урожайность и болезни (частота и интенсивность альтернариоза, ризоктониоза и фитофтороза) картофеля. Установлено, что фактор «Год» был статистически значим ($F_{(3/76)} = 27{,}61$; $p < 0{,}001$) и на 52,15 % определял изменчивость (дисперсию) набора признаков. Анализ ординационных диаграмм позволил связать это влияние с гидротермическим коэффициентом (ГТК) и обнаружить зависимость альтернариоза от низких ГТК в 2019–2020 гг. Сортовые особенности определяли 25,95 % общей дисперсии комплекса признаков ($F_{(4/75)} = 6{,}57$; $p < 0{,}001$) и заключались преимущественно в большей всхожести и урожайности сортов Кавалер, Спиридон и Захар, а также большей подверженности заболеванию ризоктониозом и фитофторозом сортов Ицил и, особенно, Розара. Обработка препаратом «Мивал-Агро» семенных клубней (2 г/т) и/или взрослых растений (20 г/га) определяла набор признаков на 8,80 % ($F_{(2/77)} = 3{,}71$; $p = 0{,}002$) и заключалась в увеличении всхожести, урожайности и снижении заболеваемости картофеля. В целом, анализ избыточности позволил наглядно представить основные закономерности в большом наборе данных и установить иерархию важности влияния контролируемых («Сорт», «Обработка») и неконтролируемых («Год») факторов на комплекс агробиологических показателей.*

***Ключевые слова:*** *полевой опыт, «Мивал-Агро», многомерные методы, анализ избыточности, альтернариоз, ризоктониоз, фитофтороз, урожайность.*

***Для цитирования:*** *Нохрин Д. Ю., Васильев А. А. Использование анализа избыточности для обобщения результатов факторного эксперимента на примере оценки влияния препарата «Мивал-Агро» на урожайность и болезни картофеля // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 156–166. EDN: SBLGLT.*

***For citation:*** *Nokhrin D. Yu., Vasiliev A. A. The use of redundancy analysis to generalize the results of the factor experiment on the example of evaluation of the influence of preparation "Mival-Agro" on potato yield and damage caused by diseases // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 156–166. EDN: SBLGLT.*

## Введение

Для апробации различных технологических схем выращивания сельскохозяйственных культур традиционно используется эксперимент, а степень достоверности полученных результатов оценивается в ходе многофакторного дисперсионного анализа (ДА) [1, 2]. При небольшом числе контролируемых

агробиологических показателей, таких как урожайность и продуктивность, использование ДА является наиболее информативным и практически безальтернативным методом статистической обработки данных. Вместе с тем, по мере увеличения числа регистрируемых показателей появляется потребность в дополнительных методах анализа. Это обусловлено тем, что, во-первых, многофакторный ДА позволяет проанализировать только один показатель, в результате чего увеличивается как количество расчётов, так и объём описания результатов опыта в отчётах и публикациях. Во-вторых, в ходе серии ДА отдельных показателей не учитывается их возможная взаимная корреляция, а потому, несмотря на независимость самих анализов, полученные результаты будут в неявной форме содержать оценку влияния и других – вмешивающихся – факторов, которая в данном случае не может быть отделена от ошибки по всему дисперсионному комплексу. Поэтому представляется перспективным использование многомерных техник анализа данных, в частности анализа избыточности.

Анализ избыточности (Redundancy analysis, RDA) относится к группе ординационных методов, в основе которых лежит принцип уменьшения размерности (редукции) многомерных данных путём получения из наблюдаемых показателей меньшего числа новых более информативных переменных [3]. Поскольку пространство этих переменных является проекцией многомерного пространства исходных данных, такие статистические методы называют также проекционными. Наиболее распространённым из них является анализ главных компонент (PCA), широко применяемый для обработки данных в самых разных областях науки [4]. В отличие от него, RDA является ограниченной (constrained) техникой, позволяющей анализировать не всю присущую набору данных изменчивость, а лишь ту её часть, которая ограничена влиянием независимых переменных-регрессоров [5]. Таким образом, в отличие от канонической корреляции и подобно множественной регрессии, RDA обрабатывает два блока данных асимметрично: один из них является блоком регрессоров, а второй – блоком зависящих от них откликов [6].

Концептуально и статистически RDA является сочетанием методов PCA и множественной регрессии. Его разработка была осуществлена в 1960-70-е годы независимо К. Р. Рао, который назвал свой метод «анализом главных компонент с инструментальными переменными» [7] и А. Л. ван ден Волленбергом, разработавшим собственно «анализ избыточности» – метод извлечения факторов, который максимизировал меру избыточности Стюарта и Лове [8]. С появлением в 1988 г. пакета для персонального компьютера CANOCO [9] RDA прочно вошёл в практику экологических исследований для объяснения изменения комплексов биологических признаков и, особенно, состава сообществ организмов набором средовых факторов [5]. Однако он остаётся малоизвестным в других науках, включая сельскохозяйственные: согласно данным критического обзора применения статистических методов в аграрных науках, RDA применялся лишь в 0,8 % научных статей (13 из 1626 изученных) [10]. Вместе с тем, результаты отдельных работ указывают на высокую информативность использования данной статистической техники, в том числе в картофелеводстве [11–13].

**Цель исследований** – оценка возможностей анализа избыточности применительно к данным классического полевого опыта на картофеле.

## Материалы и методы исследований

Исследования проведены в 2017–2020 гг. на опытном поле Южно-Уральского НИИ садоводства и картофелеводства – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН. Агроклиматические условия и почвенные характеристики в зоне эксперимента описаны в наших предыдущих работах [14–15]. Опыт включал четыре варианта: 1 – контроль, 2 – обработка препаратом «Мивал-Агро» семенных клубней (2 г/т), 3 –

обработка препаратом «Мивал-Агро» растений (20 г/га), 4 – обработка и растений, и клубней. Опыт закладывали в четырехкратной повторности с рандомизированным размещением вариантов, схемой посадки – 75 × 27 см и с фоновым внесением удобрений ($N_{172}P_{196}K_{227}$) из расчёта на урожайность 40 т/га. По гидротермическому коэффициенту Селянинова вегетационный период (май–август) 2017 г. характеризовался как достаточно влажный (ГТК = 1,44), 2018 и 2019 гг. – как недостаточно влажный (ГТК – 1,16 и 0,85 соответственно), а 2020 г. – как засушливый (ГТК = 0,39).

Статистическую обработку данных проводили методом многофакторного дисперсионного анализа [1], а также анализом избыточности RDA [3] с оценкой влияния трёх факторов («Год», «Сорт», «Обработка») на семь агробиологических показателей: полевую всхожесть, урожайность, альтернариоз, ризоктониоз и фитофтороз (оценивалась частота встречаемости и интенсивность поражения). В RDA оценивали влияние всех факторов по отдельности и одновременно. Статистическую значимость зависимости показателей от факторов в RDA проводили в рандомизационном варианте дисперсионного анализа (permutation ANOVA, $n = 999$). Расчёты выполнены в пакете vegan (version 2.6–2 [16]) для программно-статистической среды R. (version 4.0.3 [17]).

## Результаты и их обсуждение

Усреднённые по годам и повторностям опыта результаты представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Усреднённые за 2017–2020 гг. агробиологические характеристики пяти сортов картофеля в эксперименте с биостимулятором «Мивал-Агро»**

| Объект обработки в контроле (К) и эксперименте (Э) | | Полевая всхо-жесть, % | Альтерна-риоз | | Ризокто-ниоз | | Фито-фтороз | | Урожай-ность, т/га |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| клубни | растения | | Ч, % | И, % | Ч, % | И, % | Ч, % | И, % | |
| Розара | | | | | | | | | |
| К | К | 94,5 | 22,1 | 11,6 | 40,7 | 16,0 | 14,3 | 22,1 | 29,44 |
| К | Э | 96,2 | 20,7 | 9,8 | 32,2 | 12,2 | 12,5 | 20,7 | 34,19 |
| Э | К | 94,8 | 18,4 | 7,1 | 37,4 | 14,0 | 9,5 | 18,4 | 33,60 |
| Э | Э | 96,3 | 15,6 | 6,2 | 27,0 | 10,6 | 7,9 | 15,6 | 36,03 |
| Спиридон | | | | | | | | | |
| К | К | 96,5 | 19,8 | 8,9 | 22,8 | 9,1 | 7,8 | 19,8 | 32,35 |
| К | Э | 96,9 | 18,1 | 7,7 | 16,3 | 6,9 | 5,9 | 18,1 | 37,00 |
| Э | К | 96,5 | 16,8 | 6,8 | 20,1 | 7,6 | 5,7 | 16,8 | 36,57 |
| Э | Э | 97,2 | 14,3 | 5,4 | 13,5 | 5,7 | 4,9 | 14,3 | 40,15 |
| Ицил | | | | | | | | | |
| К | К | 93,8 | 20,3 | 10,6 | 34,4 | 16,2 | 7,3 | 20,3 | 32,91 |
| К | Э | 95,7 | 19,6 | 7,9 | 25,4 | 11,7 | 7,0 | 19,6 | 36,88 |
| Э | К | 93,9 | 14,2 | 6,9 | 28,8 | 12,8 | 6,2 | 14,2 | 35,95 |
| Э | Э | 94,5 | 13,1 | 5,9 | 16,5 | 10,2 | 4,8 | 13,1 | 39,15 |
| Кавалер | | | | | | | | | |
| К | К | 96,6 | 18,8 | 9,6 | 15,7 | 7,3 | 6,1 | 18,8 | 31,29 |
| К | Э | 97,5 | 16,9 | 7,0 | 10,5 | 5,5 | 5,1 | 16,9 | 35,09 |
| Э | К | 96,4 | 12,5 | 6,2 | 12,4 | 6,0 | 5,2 | 12,5 | 34,52 |
| Э | Э | 97,2 | 11,0 | 5,5 | 7,6 | 4,5 | 3,9 | 11,0 | 37,33 |
| Захар | | | | | | | | | |
| К | К | 97,0 | 16,9 | 8,0 | 29,5 | 13,3 | 5,5 | 16,9 | 29,72 |
| К | Э | 98,1 | 13,3 | 6,8 | 20,6 | 9,2 | 4,5 | 13,3 | 33,89 |
| Э | К | 97,3 | 11,8 | 6,5 | 25,9 | 10,4 | 4,1 | 11,8 | 33,81 |
| Э | Э | 98,3 | 9,7 | 4,4 | 16,2 | 7,4 | 3,3 | 9,7 | 36,23 |
| $НСР_{05}$ | | 1,5 | 0,7 | 0,3 | 1,5 | 0,9 | 0,8 | 0,5 | 2,70 |

***Примечание.*** *Ч – частота, И – интенсивность.*

В ходе анализа избыточности установлено, что три фактора объясняли в сумме 86,9 % изменчивости (количественно – дисперсии) агробиологических показателей. Рассмотрим вклад каждого фактора в отдельности.

**Фактор «Год исследования»** более чем на половину определял изменчивость рассматриваемых агробиологических показателей – 52,15 % общей дисперсии; его вклад был высоко статистически значим ($F_{(3/76)}$ = 27,61; $p$ < 0,001). Первая каноническая ось RDA объясняла 38,7 % общей изменчивости зависимых показателей или 74,3 % дисперсии, задаваемой фактором «Год». Из ординационной диаграммы на рисунке 1 видно, что по этой оси наблюдалось разделение 2017–2018 гг., векторы которых направлены в правую положительную область графика, и 2019–2020 гг., векторы которых направлены в левую отрицательную область.

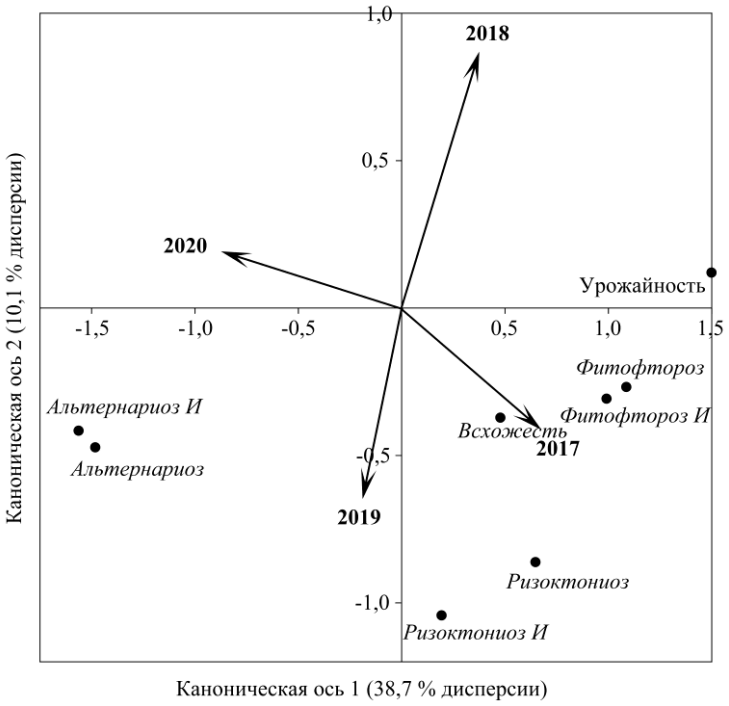



**Рисунок 1 – Годы (векторы) и зависимые показатели (точки) в пространстве двух первых осей анализа избыточности**

Исходя из проекций этих векторов на ось 1, представляющих собой факторные нагрузки, следует заключить, что максимальные различия во влиянии на зависимые показатели отмечались между 2017 г. (крайнее правое положение, нагрузка равна 0,662) и 2020 г. (крайнее левое положение, нагрузка равна -0,851). Так как важнейшим фактором, объясняющим влияние климатических условий года, является ГТК, нами были сопоставлены его значения с нагрузками на ось 1 (рисунок 2). Видно, что наблюдалось хорошее соответствие между значениями этих двух характеристик, имеющее в данном случае нелинейную, но монотонную и статистически значимую связь: коэффициент корреляции Кендалла $\tau$ = 1,0; $p$ = 0,042. Это даёт основания связать ось 1 с погодными условиями и в первую очередь – с ГТК.

Из ординационной диаграммы рисунка 1 видно, что в годы высоких ГТК наблюдалась высокая урожайность: факторная метка этого показателя расположена в правой области, куда направлены векторы 2017–2018 гг.; и напротив, наименьшая урожайность отмечалась в 2020 г. Действительно, усреднённая по всем сортам урожайность составила в 2017–2020 гг.: 42,7, 39,9, 31,7 и 25,0 т/га соответственно.

Урожайность коррелировала с полевой всхожестью, на что указывает расположение меток этих показателей по одну сторону от оси 1, а также с поражённостью растений фитофторозом и ризоктониозом, Распространённость и интенсивность последнего была максимальна в 2017 и 2019 гг.

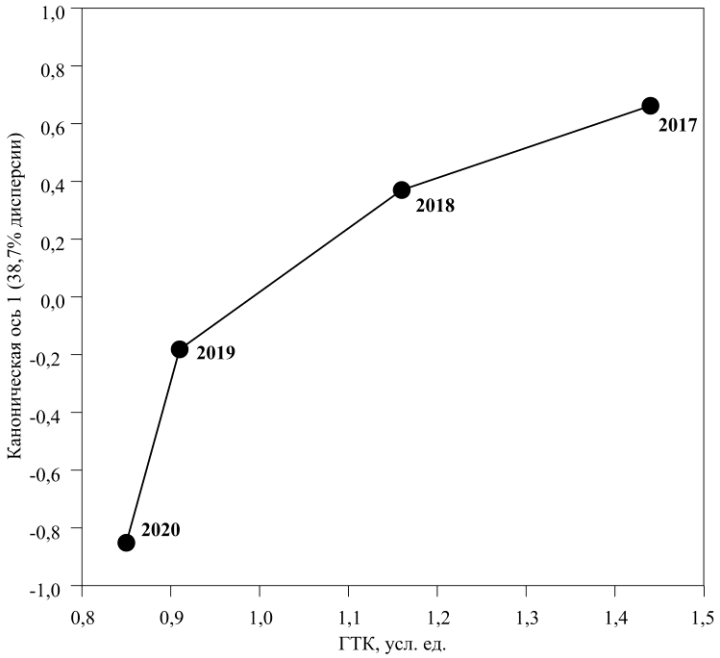



**Рисунок 2 – Связь между гидротермическим коэффициентом и нагрузками показателя «Год» на ось 1 анализа избыточности**

Напротив, максимальная заболеваемость растений альтернариозом наблюдалась в наиболее засушливый 2020 год (ГТК – 0,85), что хорошо согласуется с литературными данными о связи этого заболевания с высокой температурой воздуха [18]. Известно, что альтернариоз, или ранняя сухая пятнистость широко распространён в районах выращивания картофеля и томатов, но особенно в тропическом и умеренном климате, а заболеваемость растений сильно зависит от конкретных климатических условий [19–20]. Наибольшая концентрация спор *Alternaria* в воздухе наблюдалась при средней температуре выше 20 °С и средней относительной влажности ниже 70 % [21], а вклад высокой температуры и низкой относительной влажности в развитие заболевания составляет до 97 % [22]. В наших исследованиях 2013–2016 гг. в лесостепи Южного Урала наибольшая вредоносность альтернариоза отмечена в условиях жаркого и недостаточно влажного 2016 г. [23].

Таким образом, анализ избыточности позволил быстро и наглядно интерпретировать влияние фактора «Год» на агробиологические показатели и выйти на положения, согласующиеся с нашими предыдущими исследованиями и литературными данными.

**Фактор «Сорт»** стоял на втором месте по силе влияния на урожайность и заболеваемость картофеля: он определял 25,95 % общей дисперсии и был высоко статистически значим: $F_{(4/75)} = 6{,}57$; $p < 0{,}001$.

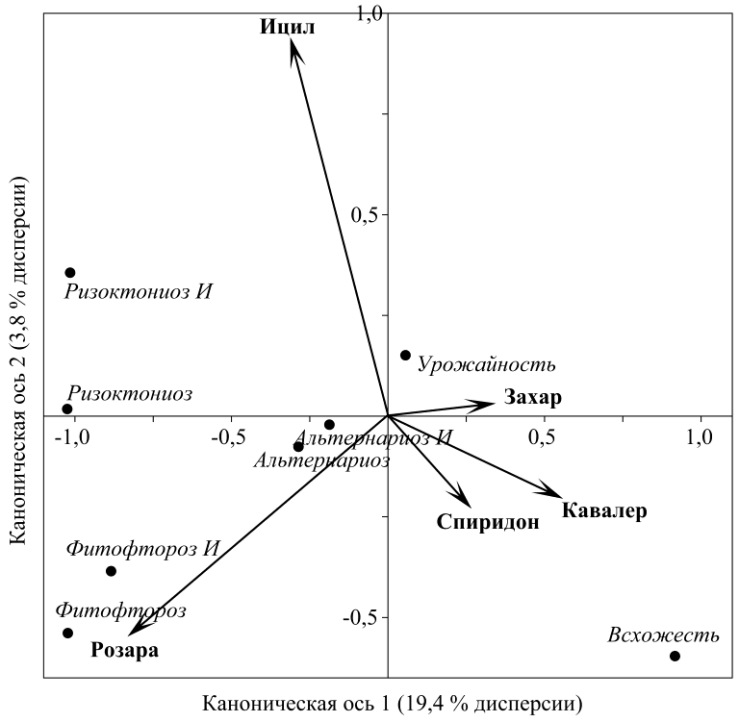



**Рисунок 3 – Сорта картофеля (векторы) и зависимые показатели (точки) в пространстве двух первых осей анализа избыточности**

Из рисунка 3 видно, что сорта слабо различались по урожайности: метка этого показателя близка к точке начала координат. Это хорошо согласуется с данными таблицы 1: в разных вариантах опыта урожайность изученных сортов варьировала в узких пределах 30–40 т/га. Также слабо сортовые особенности проявились по заболеваемости альтернариозом; тем не менее, видно, что поражаемость им сортов Захар, Кавалер и Спиридон должна быть несколько ниже, чем сортов Ицил и Розара. Действительно, усреднённые по вариантам опыта значения для частоты и интенсивности альтернариоза из табл.1 составили: для сорта Захар – 12,9 и 6,4, Кавалер – 14,8 и 7,1 %, Спиридон – 17,3 и 7,2 %, Ицил – 16,8 и 7,8 %, Розара – 19,2 и 8,7 %. Таким образом, даже для такого слабого влияния интерпретация графика оказалась близка к расчётам по таблице.

Ожидаемо сильнее она проявилась для крайних вариантов: видно, что сорт Розара имел максимальное поражение фитофторозом (11,1 % – частота и 19,2 % – интенсивность) и ризоктониозом (34,3 и 13,2 %), что почти в два раза превосходило аналогичные значения для сортов Захар, Кавалер и Спиридон. Для сорта Ицил была характерна меньшая полевая всхожесть (вектор этого сорта находится по другую сторону от нуля по оси 2 от метки «всхожесть») и высокая поражаемость ризоктониозом. Также низкой полевой всхожестью отличался сорт Розара и, напротив, максимальная всхожесть наблюдалась для сортов Кавалер и Захар, векторы которых направлены в сторону метки этого показателя. Подтверждение этим закономерностям легко обнаружить в таблице 1. Таким образом, и в отношении сортовых особенностей анализ избыточности предоставил компактную и правильную информацию.

**Фактор «Обработка»** занимал последнее место по доле объясняемой дисперсии (8,80 %), но также был высоко статистически значим ($F_{(2/77)}$ = 3,71; $p$ = 0,002). Как видно из рис. 4, эффект обработки проявился вдоль первой оси. Судя по направлениям векторов и положению меток показателей можно заключить, что

обработка препаратом «Мивал-Агро» увеличивала полевую всхожесть и урожайность клубней, одновременно снижая распространённость и интенсивность болезней растений. При этом ось 2 показала специфику обработки клубней и растений: при обработке клубней увеличивалась всхожесть.

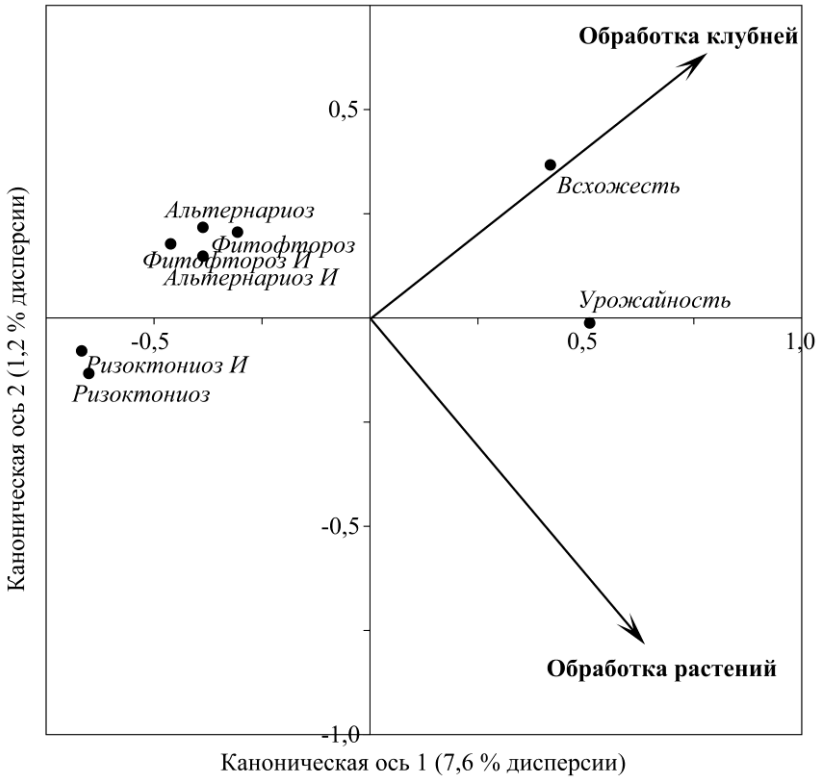



**Рисунок 4 – Обработки препаратом «Мивал-Агро» (векторы) и зависимые показатели (точки) в пространстве двух первых осей анализа избыточности**

Подытоживая результаты проведённых анализов, отметим, что анализ избыточности, будучи техникой разведочного или эксплораторного анализа данных, ценен, прежде всего, своими графическими результатами, которые помогают быстро определить основные закономерности в большом массиве данных. Кроме того, в сочетании с рандомизационным ДА, существует возможность статистической оценки значимости тестируемых эффектов. И, наконец, RDA позволяет выстроить иерархию степени влияния факторов на комплекс анализируемых признаков по доле объясняемой дисперсии (таблица 2).

**Таблица 2 – Иерархия влияния факторов на урожайность и болезни картофеля**

| Фактор | Доля объяснённой дисперсии, % | Оценка значимости фактора |
|---|---|---|
| Год | 52,15 | $F_{(3/76)} = 27{,}61$; $p < 0{,}001$ |
| Сорт | 25,95 | $F_{(4/75)} = 6{,}57$; $p < 0{,}001$ |
| Обработка | 8,80 | $F_{(2/77)} = 3{,}71$; $p = 0{,}002$ |
| Всего | 86,90 | $F_{(9/70)} = 27{,}61$; $p < 0{,}001$ |
| Ошибка | 13,1 | – |

Из таблицы 2 видно, что три фактора объясняли в сумме 86,9 % общей дисперсии агробиологических показателей. Это означает, что на случайную изменчивость и взаимодействия «генотип × среда» приходилось только 13,1 % дисперсии. Климатические условия, находящие отражение в факторе «Год»,

немногим более чем на половину определяли вариабельность рассматриваемых показателей, а сортовые особенности – примерно четверть. Следует отметить, что значение 25,95 % близко к величине 30 %, которая часто рассматривается в качестве нижней границы при оценке важности вклада фактора в корреляцию или регрессию на практике [24]. Несмотря на высокую статистическую значимость, обработка препаратом «Мивал-Агро» определяла изменчивость набора признаков только на 8,8 %, что в 2,9 раз меньше влияния сорта. Это говорит о том, что, по крайней мере, в изученных нами условиях правильный выбор сорта картофеля может примерно в три раза сильнее сказаться на устойчивости растений к болезням и на урожае, т.е. перекрыть эффект внесения биостимулятора. Это ещё раз подчеркивает первостепенную роль сорта в повышении урожайности и качества продукции, что отмечается многими исследователями [25–26].

## Выводы

Анализ избыточности является высокоинформативной многомерной техникой статистического анализа данных, которая позволяет оценить влияние изучаемых факторов на весь комплекс интересующих признаков и дополнить результаты классического дисперсионного анализа.

С использованием анализа избыточности оценено влияние факторов «Год», «Сорт» и «Обработка препаратом «Мивал-Агро»» на распространённость и интенсивность болезней картофеля, всхожесть и урожайность. Установлено, что вклад этих факторов был высоко статистически значим, и определял комплекс признаков на 52,15 %, 25,95 % и 8,80 % соответственно.

***Исследование выполнено в рамках государственного задания ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН № 0773-2019-0024 «Создание и усовершенствование адаптивных технологий возделывания экономически значимых сельскохозяйственных культур на основе оптимизации биотических и абиотических факторов».***

## Литература

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
2. Gomez K. A., Gomez A. A. Statistical procedures for agricultural research. NY: John Wiley & Sons, 1984. 680 p.
3. Palmer M. W. Ordination Methods – an overview 2022. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ordination.okstate.edu/overview.htm org (дата обращения: 20.06.2022)
4. Jolliffé I. T. Principal component analysis. NY: Springer-Verlag, 2002. 486 p.
5. Legendre P., Legendre L. Numerical Ecology. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, 1998. 853 p.
6. Desarbo W. S., Jedidi K. Redundancy analysis // Encyclopedia of statistical sciences. Vol. 11 (Rectangular distribution to Sequential estimation). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2006. P. 7031–7035.
7. Rao C. R. The use and interpretation of principal component analysis in applied research // Sankhya. 1964. Ser. A. Vol. 26. P. 329–359.
8. Van den Wollenberg A.L. Redundancy analysis, an alternative for canonical correlation analysis // Psychometrika. 1977. Vol. 42. No. 2. P. 207–219. DOI: 10.1007/BF02294050.
9. Braak C.J.F. ter. CANOCO – a FORTRAN program for canonical community ordination by [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (version 2.1). Technical report LWA-88-02. Wageningen: Ministerie van Landbouw en Visserij, Groep Landbouwwiskunde MLV, 1988. 95 p.
10. Honfo S. H, Houetohossou A., Assogbadjo A., Kakaï R. G. Effective use of statistical tools in agricultural sciences: a critical review of multivariate modelling methods // Journal of Applied Biosciences. 2019. Vol. 142. P. 14564–14574. DOI: 10.4314/jab.v142i1.10.
11. Tétard-Jones C., Edwards M. G., Rempelos L., Gatehouse A. M. R., Eyre M., Wilcockson S. J., Leifert C. Effects of previous crop management, fertilization regime and water supply on potato tuber proteome and yield // Agronomy. 2013. Vol. 3. P. 59–85. DOI: 10.3390/agronomy3010059.
12. Wang X., Duan Yu, Zhang J., Ciampitti I. A., Cui J., Qiu S., Xu X., Zhao S., He P. Response of potato yield, soil chemical and microbial properties to different rotation sequences of green manure-potato

cropping in North China // Soil and Tillage Research. 2022. Vol. 217. Art. No. 105273. DOI: 10.1016/j.still.2021.105273.

13. Zhao J., Zhang D., Yang Y., Pan Y., Zhao D., Zhu J. Dissecting the effect of continuous cropping of potato on soil bacterial communities as revealed by high-throughput sequencing // PLoS ONE. 2020. Vol. 15 (5). Art. No. e0233356. DOI: 10.1371/journal.pone.0233356.

14. Васильев А. А., Горбунов А. К. Проблемы получения планируемых урожаев картофеля на Южном Урале // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 5. С. 17–21. DOI: 10.31857/S250026270000629-6.

15. Глаз Н. В., Васильев А. А., Горбунов А. К., Мушинский А. А. Влияние биостимулятора Мивал-Агро на урожайность и семенную продуктивность картофеля // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. Т. 52. № 4. С. 23–31. DOI: 10.24411/1999-6837-2019-14048.

16. Oksanen J., Blanchet F. G., Friendly M., Kindt R., Legendre P. Package 'vegan'. Community Ecology Package Version 2.6-2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://github.com/vegandevs/vegan (дата обращения: 20.06.2022).

17. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Austria, Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.R-project.org (дата обращения: 20.06.2022)

18. Васильева С. В., Зейрук В. Н., Белов Г. Л., Деревягина М. К., Мальцев С. В. Альтернариоз картофеля в условиях Московской области и меры борьбы с ним // Агрохимический вестник. 2022. № 2. С. 62–66. DOI: 10.24412/1029-2551-2022-2-012.

19. Escuredo O., Seijo M. C., Fernández-González M., Iglesias I. Effects of meteorological factors on the levels of Alternaria spores on a potato crop // Int. J. Biometeorol. 2011. Vol. 55. P. 243–252. DOI: 10.1007/s00484-010-0330-4.

20. Van der Waals J. E., Korsten L., Aveling T. A. S. A review of early blight of potato // African Plant Protection. 2001. Vol. 7. No. 2. P. 91–102.

21. Escuredo O., Seijo-Rodríguez A., Meno L. Seasonal dynamics of Alternaria during the potato growing cycle and the influence of weather on the early blight disease in North-West Spain // American Journal of Potato Research. 2019. Vol. 96. No. 6. P. 532–540. DOI: 10.1007/s12230-019-09739-2.

22. Hussain R., Gupta V., Arora J.K. Weather based prediction of early blight of potato caused by *Alternaria solani* // Agricultural Mechanization in Asia, Africa & Latin America. 2022. Vol. 53. No 2. P. 351–6360.

23. Васильев А. А., Мушинский А. А., Горбунов А. К. Влияние биостимулятора Мивал-Агро на урожайность картофеля на Южном Урале // АПК России. 2016. Т. 23. № 4. С. 773–777.

24. Дергилёв В. П. Создание и оценка гибридного материала для селекции картофеля на Южном Урале. Дис. … канд. с.-х. наук. Омск: Южно-уральский научно-исследовательский институт плодоовощеводства и картофелеводства. 2004. 151 с.

25. Логинов Ю. П., Гайзатлин А. С. Сорт картофеля – основной элемент в развитии органического земледелия // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. Т. 82. № 2. С. 87–92.

26. Молявко А. А., Жевора С. В., Марухленко А. В., Борисова Н. П., Ториков В. Е. Адаптивность сортов картофеля – важный фактор урожайности // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. Т. 89. № 1. С. 17–23. DOI: 10.52691/2500-2651-2022-89-1-17-23.

## References

1. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

2. Gomez K. A., Gomez A. A. Statistical procedures for agricultural research. NY: John Wiley & Sons, 1984. 680 p.

3. Palmer M. W. Ordination Methods – an overview 2022. [Electronic resource]. Access point: http://ordination.okstate.edu/overview.htm org (reference's date 20.06.2022)

4. Jolliffé I. T. Principal component analysis. NY: Springer-Verlag, 2002. 486 p.

5. Legendre P., Legendre L. Numerical Ecology. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, 1998. 853 p.

6. Desarbo W. S., Jedidi K. Redundancy analysis // Encyclopedia of statistical sciences. Vol. 11 (Rectangular distribution to Sequential estimation). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2006. P. 7031–7035.

7. Rao C. R. The use and interpretation of principal component analysis in applied research // Sankhya. 1964. Ser. A. Vol. 26. P. 329–359.

8. Van den Wollenberg, A.L. Redundancy analysis, an alternative for canonical correlation analysis // Psychometrika. 1977. Vol. 42. No. 2. P. 207–219. DOI: 10.1007/BF02294050.

9. Braak, C.J.F. ter. CANOCO – a FORTRAN program for canonical community ordination by [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (version 2.1). Technical report LWA-88-02. Wageningen: Ministerie van Landbouw en Visserij, Groep Landbouwwiskunde MLV, 1988. 95 p.

10. Honfo S. H., Houetohossou A., Assogbadjo A., Kakaï R. G. Effective use of statistical tools in agricultural sciences: a critical review of multivariate modelling methods // Journal of Applied Biosciences. 2019. Vol. 142. P. 14564–14574. DOI: 10.4314/jab.v142i1.10.

11. Tétard-Jones C., Edwards M. G., Rempelos L., Gatehouse A. M. R., Eyre M., Wilcockson S. J., Leifert C. Effects of previous crop management, fertilization regime and water supply on potato tuber proteome and yield // Agronomy. 2013. Vol. 3. P. 59–85. DOI: 10.3390/agronomy3010059.

12. Wang X., Duan Yu, Zhang J., Ciampitti I. A., Cui J., Qiu S., Xu X., Zhao S., He P. Response of potato yield, soil chemical and microbial properties to different rotation sequences of green manure-potato cropping in North China // Soil and Tillage Research. 2022. Vol. 217. Art. No. 105273. DOI: 10.1016/j.still.2021.105273.

13. Zhao J., Zhang D., Yang Y., Pan Y., Zhao D., Zhu J. Dissecting the effect of continuous cropping of potato on soil bacterial communities as revealed by high-throughput sequencing // PLoS ONE. 2020. Vol. 15. No. 5. Art. No. e0233356. DOI: 10.1371/journal.pone.0233356.

14. Vasiliev A. A., Gorbunov A. K. Problems of obtaining planned potato crops in the Southern Urals // Russian Agricultural Science. 2018. No. 5. P. 17–21. DOI: 10.31857/S250026270000629-6.

15. Glaz N. V., Vasiliev A. A., Gorbunov A. K., Mushinsky A. A. Effect of biostimulant Mival-Agro on potato yield and seed productivity // Far Eastern Agrarian Herald. 2019. Vol. 52. No. 4. P. 23–31. DOI: 10.24411/1999-6837-2019-14048.

16. Oksanen J., Blanchet F. G., Friendly M., Kindt R., Legendre P. Package 'vegan'. Community Ecology Package Version 2.6-2. [Electronic resource]. Access point: https://github.com/vegandevs/vegan (reference's date 20.06.2022).

17. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Austria, Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016 [Electronic resource]. Access point: https://www.R-project.org (reference's date 20.06.2022)

18. Vasilyeva S. V., Zeyruk V. N., Belov G. L., Derevyagina M. K., Maltsev S. V. Potato alternariosis under conditions of the Moscow region and measures for control it // Agrochemical Herald. 2022. No. 2. P. 62–66. DOI: 10.24412/1029-2551-2022-2-012.

19. Escuredo O., Seijo M. C., Fernández-González M., Iglesias I. Effects of meteorological factors on the levels of Alternaria spores on a potato crop // Int. J. Biometeorol. 2011. Vol. 55. P. 243–252. DOI: 10.1007/s00484-010-0330-4.

20. Van der Waals J. E., Korsten L., Aveling T. A. S. A review of early blight of potato // African Plant Protection. 2001. Vol. 7. No. 2. P. 91–102.

21. Escuredo O., Seijo-Rodríguez A., Meno L. Seasonal dynamics of Alternaria during the potato growing cycle and the influence of weather on the early blight disease in North-West Spain // American Journal of Potato Research. 2019. Vol. 96. No. 6. P. 532–540. DOI: 10.1007/s12230-019-09739-2.

22. Hussain R., Gupta V., Arora J.K. Weather based prediction of early blight of potato caused by *Alternaria solani* // Agricultural Mechanization in Asia, Africa & Latin America. 2022. Vol. 53(2). P. 6351–6360.

23. Vasiliev A. A., Mushinsky A. A., Gorbunov A. K. The influence of biostimulator Mival-Agro on potato yield in the South Ural // Agro-Industrial Complex of Russia. 2016. Vol. 23. No. 4. P. 773–777.

24. Dergilev V. P. Creation and evaluation of hybrid material for potato breeding in the Southern Urals. Diss. … Cand. Sc. (Agr.). Omsk: South Ural Research Institute of Horticulture and Potato Growing, 2004. 151 p.

25. Loginov Yu. P., Gayzatlin A. S. Potato variety is a key element in the development of organic farming // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2020. Vol. 82. No. 2. P. 87–92.

26. Molyavko A. A., Zhevora S. V., Marukhlenko A. V., Borisova N. P., Torikov V. E. Adaptability of potato varieties as an important factor of sod-podzolic sandy loam soil // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2022. Vol. 89. No. 1. P. 17–23. DOI: 10.52691/2500-2651-2022-89-1-17-23.

UDC 519.237:635.21:661.162.6

Nokhrin D. Yu., Vasiliev A. A.

## THE USE OF REDUNDANCY ANALYSIS TO GENERALIZE THE RESULTS OF THE FACTOR EXPERIMENT ON THE EXAMPLE OF EVALUATION OF THE INFLUENCE OF PREPARATION "MIVAL-AGRO" ON POTATO YIELD AND DAMAGE CAUSED BY DISEASES

***Summary.*** *In the statistical analysis of the data from agricultural experiments, together with ANOVA, it is efficient to use multivariate methods, since they take into account the correlated change in several characteristics in response to various environmental and*

*experimental factors. For this purpose, the article discussed the use of redundancy analysis (RDA). We analyzed the results of field experiments conducted in 2017-2020 and evaluated the influence of factors "Year" (4 gradations), "Variety" (5) and "Treatment with biostimulant" (3) on germination capacity of potato plants, their yield and susceptibility to diseases (frequency and intensity of early blight (Alternaria), Rhizoctonia disease and late blight). Factor "Year" was statistically significant ($F_{(3/76)}$ = 27.61; P < 0.001) and determined the variability (variance) of the set of features by 52.15 %. An analysis of the ordination diagrams made it possible to relate this effect to the Selyaninov Hydrothermal Coefficient (HTC) and to reveal the dependence of potato early blight on low HTC in 2019–2020. Factor "Variety" determined 25.95 % of the total variance of the complex of traits ($F_{(4/75)}$ = 6.57; P < 0.001). Main varietal features were as follows: higher germination capacity and yield of varieties 'Kavaler', 'Spiridon' and 'Zakhar'; greater susceptibility to Rhizoctonia disease and late blight of varieties 'Itsil' and, especially, 'Rosara'. Treatment of seed tubers (2 g/t) and/or "adult" plants (20 g/ha) with preparation "Mival-Agro" determined the set of traits by 8.80 % ($F_{(2/77)}$ = 3.71; P = 0.002) and consisted in increasing germination capacity of potato plants and their yield, as well as reducing the amount of damage caused by diseases. In general, redundancy analysis made it possible to visualize the key patterns in a large dataset and establish a hierarchy of controlled ("Variety", "Treatment") and uncontrolled ("Year") factors on a set of agrobiological indicators.*

***Keywords:*** *field experiment, "Mival-Agro", multivariate methods, redundancy analysis, early blight (Alternaria), Rhizoctonia disease of potato, late blight of potato, yield.*

Нохрин Денис Юрьевич, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории инструментальных методов исследований Южно-Уральского научно-исследовательского института садоводства и картофелеводства – филиала ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук»; 620142, Россия, Екатеринбург, ул. Белинского, 112-а; e-mail: nokhrin8@mail.ru.

Васильев Александр Анатольевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела картофелеводства Южно-Уральского научно-исследовательского института садоводства и картофелеводства – филиала ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук»; 620142, Россия, Екатеринбург, ул. Белинского, 112-а; e-mail: kartofel_chel@mail.ru.

Nokhrin Denis Yurievich, Cand. Sc. (Biol.), leading researcher of the Laboratory of instrumental research methods, South Ural Research Institute of Horticulture and Potato Growing – branch of the FSBSI "Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences"; 112-a, Belinsky str. Yekaterinburg, 620142, Russia; e-mail: nokhrin8@mail.ru.

Vasiliev Aleksandr Anatolievich, Dr. Sc. (Agr.), chief researcher of the Department of potato growing, South Ural Research Institute of Horticulture and Potato Growing – branch of the FSBSI "Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences"; 112-a, Belinsky str. Yekaterinburg, 620142, Russia; kartofel_chel@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 27.07.2022.*
*Дата принятия к печати – 21.08.2022.*

УДК 633.82:665.52
EDN CNDVID

Пехова О. А., Тимашева Л. А., Данилова И. Л., Белова И. В., Платонова Т.В.

# ИССЛЕДОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИЯХ ДВУХ ХЕМОТИПОВ *THYMUS VULGARIS* L., ВЫРАЩИВАЕМЫХ В ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЕ КРЫМА

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

***Реферат.*** *В настоящее время востребованным эфиромасличным растением, содержащим широкий спектр биологически активных веществ (БАВ), является тимьян обыкновенный (Thymus vulgaris L.). Цель исследований – изучение динамики накопления эфирного масла и других видов биологически активных веществ (БАВ), а также продолжительности хранения растений двух хемотипов T. vulgaris, произрастающих в предгорной зоне Крыма, для обоснования возможности их применения в качестве сырья различных отраслей промышленности (пищевой, парфюмерно-косметической, фармации, медицине и ветеринарии). Исследования проводили в 2018−2020 гг. в ФГБУН «НИИСХ Крыма». Объектом исследований служили свежеубранные и воздушно-сухие растения T. vulgaris селекционных образцов двух хемотипов: Дагестан и ФГБУН «НИИСХ Крыма», используемые в качестве сырья для определения БАВ и сроков хранения. Качественные и количественные характеристики сырья по содержанию разных видов БАВ, в том числе эфирного масла, определяли по общепринятым методикам. Основными органами, накапливающими эфирное масло, у изучаемых селекционных образцов T. vulgaris были листья и соцветия. Наибольшее количество эфирного масла содержали соцветия свежеубранных растений: 3,12 % − селекционный образец Дагестан и 3,62 % − селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма», которые во фракционном составе сырья составляли соответственно 45,3 % и 43,6 %. Экспериментально установлено, что максимальное количество эфирного масла характерного качества накапливалось в растениях в фазе массового цветения (1,85 % − селекционный образец Дагестан и 2,48 % − селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма»). Доминантными компонентами эфирного масла являлись: тимол (34,65–52,42 %) в селекционном образце Дагестан и линалоол (83,29–90,22 %) в селекционном образце ФГБУН «НИИСХ Крыма». Высокий уровень содержания фенольных соединений и экстрактивных веществ отмечен в фазы активного роста растений: в фазе начало цветения у селекционного образца Дагестан и в фазе окончания цветения у селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма». Показано, что в процессе хранения воздушно-сухого сырья тимьяна обыкновенного после 24 месяцев происходят потери эфирного масла на 25,9 % у селекционного образца Дагестан и на 17,8 % у селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма». При этом изменяется химический состав эфирного масла. Количественных изменений других видов БАВ в сырье при хранении не отмечено.*

***Ключевые слова:*** *тимьян обыкновенный (Thymus vulgaris L.), селекционный образец Дагестан, селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма», эфирное масло, биологически активные вещества, тимол, линалоол.*

***Для цитирования:*** *Пехова О. А., Тимашева Л. А., Данилова И. Л., Белова И. В., Платонова Т. В. Исследование накопления биологически активных веществ в растениях двух хемотипов Thymus vulgaris L., выращиваемых в предгорной зоне Крыма // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 167–180. EDN: CNDVID.*

***For citation:*** *Pekhova O.A., Timasheva L.A., Danilova I.L., Belova I.V., Platonova T.V. Accumulation of biologically active substances in plants of two Thymus vulgaris L. chemotypes grown in the foothill zone of Crimea // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 167–180. EDN: CNDVID.*

## Введение

Растения рода тимьян (*Thymus* L.) являются одним из наиболее известных представителей семейства Яснотковых (Lamiaceae). Все виды рода *Thymus* синтезируют эфирные масла и принадлежат к числу пряно-ароматических и лекарственных растений [1]. Из многочисленных представителей рода *Thymus* в фармакопею РФ включены два вида: *Thymus vulgaris* L. и *Thymus serpyllum* L. [2, 3].

В диком виде *T. vulgaris* произрастает в Средиземноморье (от Португалии до Греции). Культивируется на юге России, Украины, в Италии, Франции, Испании и Северной Америке в качестве пряноароматического и лекарственного растения [4].

В цветущей надземной части растений содержится эфирное масло в количестве от 0,6 до 2,5 % (на абсолютно сухую массу) и другие виды биологически активных веществ: флавоноиды, органические кислоты (урсоловая, олеаноловая, кофейная, хлорогеновая, розмариновая, тимуновая, хинная и др.), дубильные вещества, горечи, смолы [5].

Литературные данные свидетельствуют о том, что растения рода *Thymus* характеризуются внутривидовым и межсортовым полиморфизмом по морфологическим и химическим признакам (по содержанию эфирного масла и его компонентному составу), которые определяют хемотип растения. Хемотипическая изменчивость *T. vulgaris* представлена следующими хемотипами: тимольный, карвакрольный, линалоольный, гераниольный, туйанольный и терпинеольный [6,7].

Сырье, эфирное масло, экстракты *T. vulgaris* обладают широким спектром биологической активности: антимикробной, антивирусной, антиоксидантной, цитотоксичной, антинематоцидной, противовоспалительной, спазмолитической, что обуславливает их применение в медицине, фармации, пищевой промышленности и ветеринарии [8–12].

Фитохимия этого растения, выращиваемого в различных природно-климатических условиях России, изучена недостаточно. В Крыму исследования по изучению *T. vulgaris* были проведены только на Южном Берегу Крыма [13–15].

Для растений *T. vulgaris,* произрастающих в предгорной зоне Крыма, не изучены вопросы накопления биологически активных веществ (БАВ), в том числе и эфирного масла, в течение вегетационного периода в разных органах растений. Изучение динамики накопления БАВ в растениях *T. vulgaris,* изменения их химического состава в процессе развития растения дает возможность установить оптимальные сроки уборки сырья с наибольшим выходом целевых веществ характерного качества.

Отсутствуют литературные данные о влиянии продолжительности хранения высушенного сырья на содержание и качество БАВ.

**Цель исследований** – изучение динамики накопления эфирного масла и других видов биологически активных веществ, а также продолжительности хранения растений двух хемотипов *T. vulgaris,* произрастающих в предгорной зоне Крыма, для обоснования возможности его применения в качестве сырья различных отраслей

промышленности (пищевой, парфюмерно-косметической, фармации, медицине и ветеринарии).

**Материалы и методы исследования**

Исследования проводили с 2018 по 2020 гг. в отделе переработки и стандартизации эфиромасличного сырья ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма». Объект исследований – свежеубранные и воздушно-сухие растения *T. vulgaris* селекционных образцов двух хемотипов: Дагестан и ФГБУН «НИИСХ Крыма», выращенные на суходоле в с. Крымская Роза Белогорского района и в дальнейшем используемые в качестве сырья для определения БАВ и сроков хранения.

Изучение растений проводили в фазы вегетации: отрастание, бутонизация, начало, массовое и окончание цветения у селекционного образца Дагестан и бутонизация–начало цветения, массовое и окончание цветения у селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма». В связи с небольшим количеством сырья у селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма» при весеннем отрастании побегов отбор проб для анализа не проводили. Изучаемые селекционные образцы *T. vulgaris* в 2021 г. были включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию соответственно под названием «Горный бальзам» (автор сорта: Платонова Т.В.) и «Крымрозовец» (авторы сорта: Платонова Т. В., Серкова А. А.).

Тимьян обыкновенный *(T. vulgaris)* представляет собой многолетний небольшой полукустарник. В условиях предгорной зоны Крыма растения имеют сферическую форму высотой 23–28 см, диаметром 46–52 см. Стебли растения восходящие, сильноветвистые, четырехгранные, в нижней части одревесневающие. Листья мелкие, короткочерешковые, супротивные, от светло-зеленого до темно-зеленого цвета, с обеих сторон усеяны точечными железками, содержащими эфирное масло. Соцветия кистевидные, прерывистые, состоящие из 4–6 мутовок. Цветки мелкие, окраска венчика розово-фиолетовая. Плод – орешек округлой формы от буро-коричневого до черного цвета. Цветет в мае.

Общий вид растений *T. vulgaris,* произрастающих в интродукционном питомнике эфиромасличных и лекарственных растений, представлен на рисунке 1.

а б

**Рисунок 1 – Общий вид растений *T. vulgaris:***
**а – в фазе отрастания, б − в фазе массового цветения**

Территория питомника относится к IV агроклиматическому району, верхнему, предгорному, теплому, недостаточно влажному. Почвы – предгорные карбонатные

черноземы на элювии и делювии плотных карбонатных пород. Максимальная температура воздуха составляет 37 °С; минимальная – не опускается ниже минус 24 °С. Годовая сумма осадков находится в пределах от 293 мм до 986 мм, из них 59 % ливневых [16].

Качественные и количественные характеристики свежеубранного и воздушно-сухого сырья определяли: влажность − гравиметрическим методом [17, 18], содержание эфирного масла − методом дистилляции по Клевенджеру [17, 19], экстрактивных веществ – методом экстрагирования водно-спиртовым раствором [20], общих фенольных соединений, фенолкарбоновых кислот и флавоноидов, дубильных веществ − титриметрическим методом [21, 22]. Все результаты исследований представлены в пересчете на абсолютно-сухую массу растений. Сразу после извлечения эфирного масла его компонентный состав определяли методом газовой хроматографии на приборе Кристалл 2000М [23]. Для полного разделения основных компонентов эфирного масла и их идентификации использовалась колонка капиллярная кварцевая длиной 60 м с внутренним диаметром 0,32 мм, неподвижная фаза CR-WAXms (полиэтиленгликоль в соль-гель матрице). Экспериментально были подобраны следующие условия хроматографирования: температура термостата − программирование 80,0 °С продолжительностью 1 мин, далее со скоростью 5,0 °С/мин до 220,0 °С; давление на входе в колонку − 100 кПа далее со скоростью 0,20 кПа/мин до 120,0 кПа, деление потока газа-носителя – 1/60. Детектор: пламенно-ионизационный. Газ-носитель – азот: давление на входе в колонку 156,30 мл/мин, продолжительностью 30 сек до 35 мл/мин. Объем пробы: $0{,}10\times10^{-3}$ $см^3$. Идентификацию основных компонентов эфирного масла *T. vulgaris* проводили путем сравнения времени удерживания пиков стандартных веществ, массовую долю которых определяли методом нормализации, основанном на расчете отношения параметра пика данного компонента к сумме параметров всех компонентов. Повторность определения содержания БАВ в сырье трехкратная. Полученные данные исследований обрабатывали стандартными статистическими методами (вариационный и дисперсионный анализы) [24] при помощи пакета программ Microsoft Office Excel, 2010.

**Результаты и их обсуждение**

При изучении растений *T. vulgaris* рядом исследователей была обнаружена связь между хемотипическим, половым полиморфизмом и окружающей средой, которая являются одной из причин сложности определения оптимальной фазы вегетации растений для их уборки с максимальным количеством и наилучшим качеством эфирного масла и других видов БАВ [25]. Поэтому одним из важных вопросов изучения селекционных образцов *T. vulgaris,* имеющих теоретическое и практическое значение, является исследование динамики накопления эфирного масла и других видов БАВ в различных органах растений в течение вегетационного периода. Полученные результаты исследований селекционных образцов *T. vulgaris* представлены на рисунках 2 и 3.

Структурный анализ растений *T. vulgaris,* выращенных в предгорной зоне Крыма, показал, что надземная часть растений имеет следующий фракционный состав: селекционный образец Дагестан – листья (41,5–63,9 %), стебли (13,2–36,1 %) и соцветия (22,4–45,3 %); селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма» – листья (35,7–48,3 %), стебли (20,7–23,7 %) и соцветия (28,0–43,6 %).

Соотношение фракций растений по фазам вегетации изменялось: у селекционного образца Дагестан в фазе отрастания преобладали листья – 63,9 %, а в фазе окончания цветения содержание их уменьшалось до 46,4 %, содержание

соцветий достигало максимума в фазе массового цветения – 45,3 %. У растений селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма» содержание соцветий также достигало максимума в фазе массового цветения – 43,6 %.

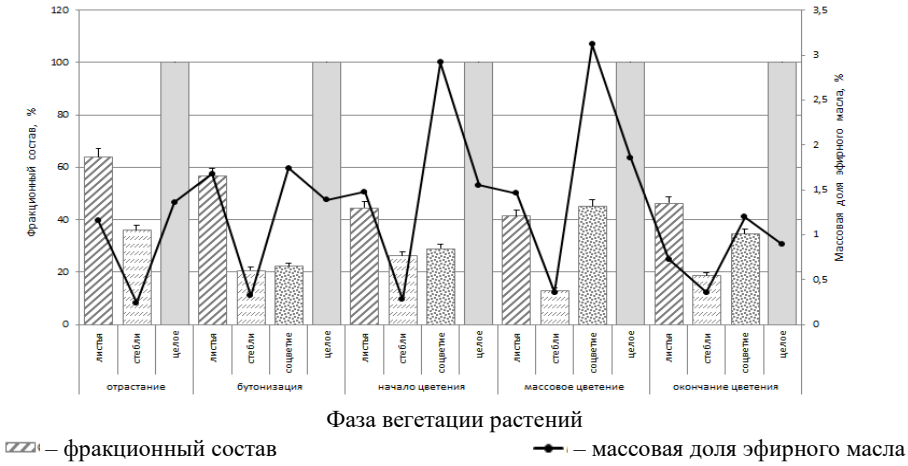



**Рисунок 2 − Динамика накопления эфирного масла в различных органах растений селекционного образца Дагестан по фазам вегетации (среднее за 2018-2020 гг.)**

***Примечание.*** *Массовая доля эфирного масла, %. $НСР_{05}$: целое растение – 0,09; листья – 0,12; соцветия – 0,16; стебли – 0,06.*

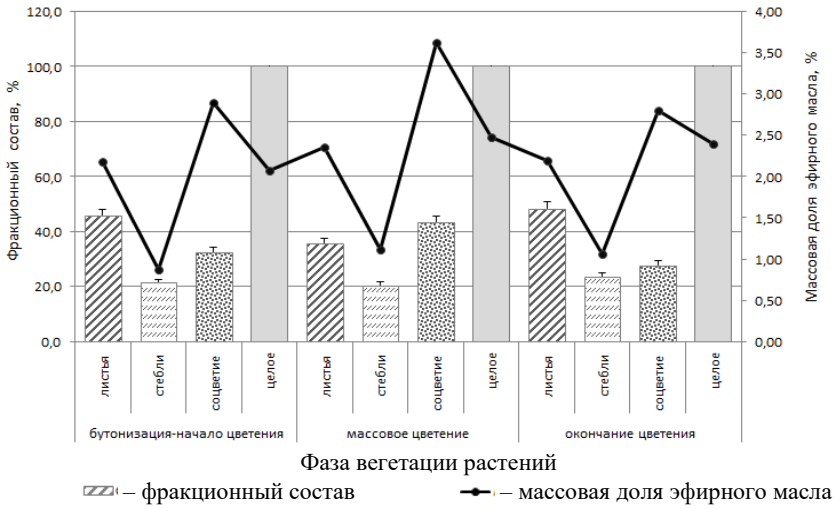



**Рисунок 3 − Динамика накопления эфирного масла в различных органах растений селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма» по фазам вегетации (среднее за 2018–2020 гг.)**

***Примечание.*** *Массовая доля эфирного масла, %, $НСР_{05}$: целое растение − 0,05, листья − 0,12, соцветия − 0,25, стебли − 0,04.*

Экспериментально определено, что в условиях предгорной зоны Крыма содержание эфирного масла в надземной части растений селекционного образца Дагестан в фазы вегетации отрастание–окончание цветения варьировало от 0,89 до 1,85 %. У селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма» содержание эфирного масла в фазы бутонизация–начало цветения и окончание цветения находилось на уровне 2,07 и 2,48 % соответственно (рисунок 2 и 3).

Изменение содержания эфирного масла в период вегетации *T. vulgaris* происходило следующим образом: в процессе развития растений количество эфирного масла увеличивалось, начиная с фазы отрастания (1,36 %), достигая максимума в период массового цветения (1,85 %) и снижаясь до 0,89 % в конце цветения – селекционный образец Дагестан. Полученные данные показали, что основными маслонакапливающими органами *T. vulgaris* являются листья и соцветия. Наибольшее количество эфирного масла содержалось в соцветиях 2,92% − селекционный образец Дагестан и 3,62 % − селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма». В листьях изучаемых образцов эфирное масло находилось на уровне соответственно 1,69 % и 2,38 %. Содержание эфирного масла в стеблях колебалось в течение вегетации от 0,24 % до 0,36 % – селекционный образец Дагестан и от 0,87 % до 1,11 % − селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Таким образом, одной из физиологических особенностей растений тимьяна, выращенных в предгорной зоне Крыма, является неравномерность накопления и локализации эфирного масла в вегетативных и генеративных органах.

Методом газожидкостной хроматографии определен химический состав эфирного масла 2 хемотипов *T. vulgaris* по органам растений и фазам их вегетации (таблица 1).

**Таблица 1 – Химический состав эфирного масла сырья *T. vulgaris* в различных органах растений по фазам вегетации (среднее за 2018–2020 гг.)**

| Фаза вегетации растений | Орган растений | Массовая доля, % | | |
|---|---|---|---|---|
| | | терпеновые углеводороды (моно- и сескви) | фенолы (тимол) | спирты (линалоол, борнеол, гераниол) |
| селекционный образец Дагестан | | | | |
| Отрастание | листья | 25,23 ± 1,10 | 50,63 ± 3,20 | 0,29 ± 0,08 |
| | стебли | 53,76 ± 3,12 | 34,63 ± 1,91 | 0,29 ± 0,08 |
| | целое | 36,77 ± 2,40 | 45,16 ± 2,15 | 0,45 ± 0,10 |
| Бутонизация | листья | 31,29 ± 1,90 | 54,16 ± 3,24 | 2,49 ± 0,51 |
| | стебли | 20,71 ± 1,00 | 37,30 ± 2,18 | 18,86 ± 1,02 |
| | соцветие | 31,78 ± 1,80 | 50,24 ± 3,05 | 12,68 ± 0,98 |
| | целое | 30,45 ± 1,87 | 34,65 ± 2,18 | 21,28 ± 1,10 |
| Начало цветения | листья | 16,75 ± 0,85 | 54,10 ± 3,17 | 1,66 ± 0,33 |
| | стебли | 31,24 ± 1,62 | 37,30 ± 2,18 | 21,30 ± 1,11 |
| | соцветие | 36,58 ± 1,85 | 52,34 ± 3,09 | 4,11 ± 0,65 |
| | целое | 37,34 ± 1,80 | 43,61 ± 2,06 | 14,32 ± 1,02 |
| Массовое цветение | листья | 18,20 ± 0,90 | 54,10 ± 3,21 | 1,66 ± 0,33 |
| | стебли | 14,21 ± 0,72 | 36,00 ± 2,20 | 2,02 ± 0,31 |
| | соцветие | 21,46 ± 1,10 | 67,90 ± 3,42 | 3,57 ± 0,48 |
| | целое | 25,74 ± ,170 | 52,42 ± 3,11 | 3,84 ± 0,66 |
| Окончание цветения | листья | 31,50 ± 1,73 | 42,23 ± 2,10 | 7,13 ± 0,24 |
| | стебли | 24,47 ± 1,20 | 59,62 ± 3,37 | 2,21 ± 0,30 |
| | соцветие | 12,10 ± 0,58 | 64,50 ± 3,48 | 4,68 ± 0,71 |
| | целое | 31,98 ± 1,68 | 50,27 ± 3,23 | 5,52 ± 0,88 |
| селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма» | | | | |
| Бутонизация − начало цветения | листья | 1,28 ± 0,32 | 1,84 ± 0,30 | 80,38 ± 4,05 |
| | стебли | 4,41 ± 0,68 | 2,20 ± 0,52 | 84,33 ± 4,12 |
| | соцветие | 0,88 ± 0,12 | 1,46 ± 0,32 | 90,78 ± 4,42 |
| | целое | 2,58 ± 0,40 | 1,86 ± 0,31 | 83,29 ± 4,00 |
| Массовое цветение | листья | 0,83 ± 0,10 | 1,73 ± 0,35 | 80,95 ± 4,03 |
| | стебли | 3,28 ± 0,56 | 3,41 ± 0,52 | 84,50 ± 4,07 |
| | соцветие | 1,41 ± 0,38 | 1,43 ± 0,27 | 91,36 ± 4,45 |
| | целое | 0,96 ± 0,12 | 2,39 ± 0,38 | 88,24 ± 4,12 |
| Окончание цветения | листья | 0,66 ± 0,10 | 2,20 ± 0,30 | 91,95 ± 4,36 |
| | стебли | 1,98 ± 0,35 | 2,51 ± 0,41 | 80,16 ± 4,00 |
| | соцветие | 1,08 ± 0,17 | 2,80 ± 0,56 | 89,64 ± 4,07 |
| | целое | 1,93 ± 0,35 | 2,31 ± 0,32 | 90,22 ± 4,22 |

В эфирном масле тимьяна обыкновенного определено 60 компонентов из них идентифицировано 19 для селекционного образца Дагестан и 37 для селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма». Установлено, что химический состав эфирного масла тимьяна обыкновенного включает следующие основные группы веществ: монотерпеновые углеводороды (α-и β-пинены, камфен, α-терпинен, лимонен, γ-терпинен, п-цимен, β-мирцен), сесквитерпеновые углеводороды и их кислородные производные (β –кариофиллен и кариофиллен оксид), спирты (1,8-цинеол, линалоол, борнеол, гераниол), кетон – камфора, сложные эфиры (линалилацетат и геранилацетат), фенолы (тимол, карвакрол). У селекционного образца Дагестан в эфирном масле содержание тимола варьировало в течение вегетации от 34,65 % до 52,42 %, а у селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма» содержание линалоола – от 83,29 % до 90,22 %. Таким образом, растения селекционных образцов тимьяна обыкновенного Дагестан и ФГБУН «НИИСХ Крыма» по качеству эфирных масел относятся к разным хемотипам: тимольному и линалоольному. Типичные хроматограммы эфирных масел из растений тимьяна, убранных в фазе массового цветения представлены на рисунках 4 и 5.

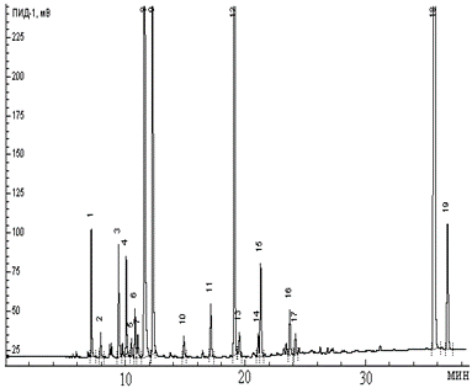



**Рисунок 4 – Типичная хроматограмма эфирного масла *T. vulgaris* (селекционный образец Дагестан)**

***Примечание.*** *1 – α-пинен; 2 – камфен; 3 – α-терпинен; 4 – сабинен; 6 – β-мирцен; 7 – 1,8-цинеол; 8 – γ терпинен; 9 – п-цимен; 12 – линалоол; 13 – камфора; 15 – линалилацетат; 17 – борнеол; 18 – тимол; 19 – карвакрол.*

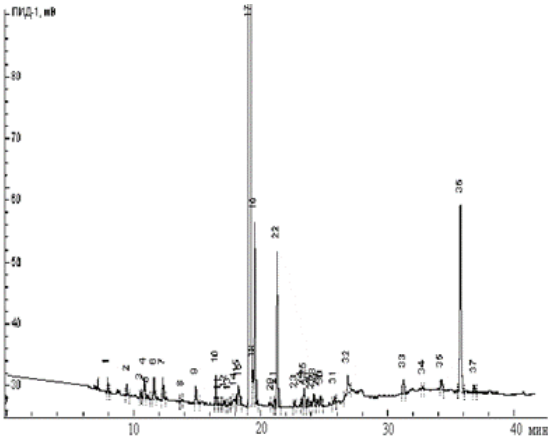



**Рисунок 5 – Типичная хроматограмма эфирного масла *T. vulgaris* (селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма»)**

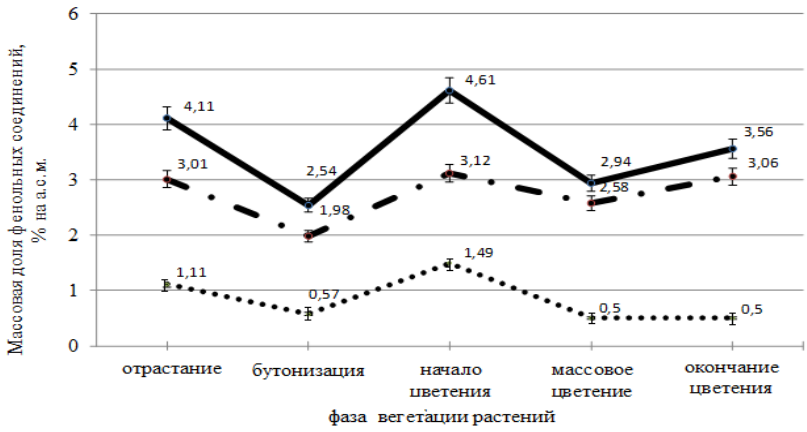
***Примечание.*** *1 – лимонен; 2 – α-терпинен; 5 – 1,8-цинеол; 7 – γ терпинен; 17 – линалоол; 19 – камфора; 22 – линалилацетат; 25 – борнеол; 26 – геранилацетат; 28 – кариофиллен оксид; 36 – тимол; 37 – карвакрол.*

Литературные данные свидетельствуют о том, что эфирные масла с высоким содержанием тимола или карвакрола (свыше 40 %) обладают сильными антимикробным и антиоксидантным эффектами. Эфирное масло с преобладанием линалоола характеризуется высокой противогрибковой активностью, в частности против дрожжеподобных грибов рода *Candida* и применяется не только в качестве фармацевтического средства, но и как средство защиты растений плодоовощных культур от черной пятнистости, микозов, серой гнили и др. [26, 27].

Исследования выявили, что все органы растений накапливали одинаковый набор терпеновых соединений, но в различном количественном соотношении. Так, в эфирном масле из соцветий содержалось максимальное количество основного компонента: у селекционного образца Дагестан тимола – 50,24–67,90 %, у селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма» линалоола – 89,64−91,36 %; в эфирном масле из листьев соответственно: тимола – 42,23–54,10 %, линалоола – 80,38–91,95 %; в эфирном масле из стеблей: тимола – 34,63–59,62 %, линалоола – 80,16–84,50 %. Именно соцветия и листья оказали влияние на количественный и качественный состав эфирного масла из целых растений.

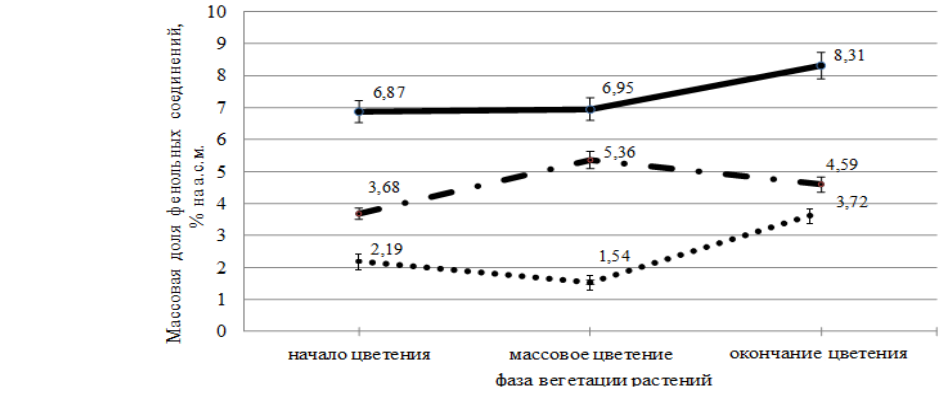
С целью оценки сырья в качестве лекарственного было проведено определение содержания БАВ в сырье, убранном в разные фазы вегетации в 2018–2020 гг. Установлено, что количество экстрактивных веществ, извлекаемых 30 % водно-спиртовым раствором, находилось в пределах 20,34−28,11 % (селекционный образец Дагестан) и 21,94–25,63 % (селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма»). Максимальное количество экстрактивных веществ отмечено в фазы бутонизация–начало цветения у двух селекционных образцов, а в фазе окончания цветения количество экстрактивных веществ снижается соответственно на 7,77 % и 3,69 %.

Результаты количественного определения фенольных соединений в воздушно-сухом сырье *T. vulgaris* приведены на рисунках 6 и 7.




*общие фенольные соединения; - сумма флавоноидов и фенолкарбоновых кислот; -дубильные вещества*

**Рисунок 6 – Динамика накопления фенольных соединений в растениях *T. vulgaris* (селекционный образец Дагестан), среднее за 2018−2020 гг.**




*- общие фенольные соединения; - сумма флавоноидов и фенолкарбоновых кислот; -дубильные вещества*

**Рисунок 7 – Динамика накопления фенольных соединений в растениях *T. vulgaris* (селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма»), среднее за 2018−2020 гг.**

Отмечено, что наибольшее количество фенольных соединений, в том числе флавоноидов, фенолкарбоновых кислот и дубильных веществ синтезировалось у селекционного образца Дагестан в период активного роста растений (фаза отрастания) – 4,11 % и в фазе «начало цветения» – 4,61 %. У селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма» максимальное содержание общих фенольных соединений, в том числе дубильных веществ выявлено в фазе окончания цветения – 8,31 %, а флавоноидов и фенолкарбоновых кислот – в фазе массового цветения – 5,36 %.

*T. vulgaris* является фармакопейным растением и широко используется в фармакологии и народной медицине в воздушно-сухом состоянии, так как обладает широким спектром терапевтических свойств. Поэтому вопросы, связанные с качеством и продолжительностью хранения воздушно-сухого сырья тимьяна, являются актуальными [2].

При хранении высушенного сырья *T. vulgaris* в течение 24 месяцев в лабораторных условиях происходили процессы количественного и качественного изменения эфирного масла, а именно:

− количество эфирного масла снижалось по сравнению с контролем – свежесрезанным сухим сырьем, заложенным на хранение 24 мес. назад – в сырье тимьяна обыкновенного на 25,9 % (селекционный образец Дагестан) и на 17,8 % (селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма»);

− уменьшалось количество линалоола в эфирном масле селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма» на 12,92 %, а количество тимола в эфирном масле селекционного образца Дагестан практически не изменялось и находилось на уровне 51,96–53,48 %.

− увеличивалось количество терпеновых углеводородов в эфирном масле тимьяна обыкновенного с 25,7 % до 37,0 % – селекционный образец Дагестан и от 0,96 % до 5,9 % – селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Изменений в содержании флавоноидов, фенолкарбоновых кислот и дубильных веществ в сырье при хранении не отмечено.

Полученные результаты свидетельствуют об изменении химического состава эфирного масла, содержащегося в высушенном сырье двух селекционных образцов *T. vulgaris* после 24 мес. хранения. Эти изменения – результат процессов окисления и терпенизации. Следовательно, хранить воздушно-сухое сырье тимьяна

обыкновенного более двух лет нецелесообразно из-за потерь эфирного масла и изменения его химического состава.

**Выводы**

В результате проведенных исследований определены особенности накопления эфирного масла в различных органах растений селекционных образцов Дагестан и ФГБУН «НИИСХ Крыма» *T. vulgaris* в разные фазы вегетации, показана вариабельность содержания эфирного масла и его компонентного состава, а также других видов БАВ.

Определено, что основными маслонакапливающими органами двух клонов *T. vulgaris* являются листья и соцветия. Наибольшее количество эфирного масла содержалось в соцветиях: 3,12 % (селекционный образец Дагестан) и 3,62 % (селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма»), которые во фракционном составе сырья составляли соответственно 45,3 % и 43,6 %. Максимальное количество эфирного масла характерного качества накапливалось в растениях в фазе массового цветения (1,85 % − селекционный образец Дагестан и 2,48 % –селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма»). Доминантными компонентами эфирного масла являлись: тимол (от 34,65 % до 52,42 %) для селекционного образца Дагестан и линалоол (от 83,29 % до 90,22 %) для селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма».

В качестве технического эфиромасличного сырья изучаемых селекционных образцов *T. vulgaris* следует использовать надземную облиственную часть растений, убранную в фазе массового цветения.

Высокий уровень содержания фенольных соединений и экстрактивных веществ отмечен в фазы активного роста растений и в фазе «начало цветения» у селекционного образца Дагестан. У селекционного образца ФГБУН «НИИСХ Крыма» максимальное содержания фенольных соединений, в том числе дубильных веществ, определено в фазе окончания цветения – 8,31 % и 3,72 % соответственно. В эти фазы сырье изучаемых селекционных образцов целесообразно использовать в качестве лекарственного.

Определено, что в процессе хранения воздушно-сухого сырья тимьяна обыкновенного в течение 24 месяцев происходят потери эфирного масла – на 25,9 % у селекционного образца Дагестан и на 17,8 % – у образца ФГБУН «НИИСХ Крыма». Изменяется компонентный состав эфирного масла: увеличивается количество терпеновых углеводородов с 25,70 % до 37,00 % − селекционный образец Дагестан и с 0,96 до 5,90 % − селекционный образец ФГБУН «НИИСХ Крыма», уменьшается содержание линалоола на 12,92 % в эфирном масле − ФГБУН «НИИСХ Крыма». Изменений содержания других видов БАВ в сырье при хранении не отмечено. Следовательно, хранить воздушно-сухое сырье тимьяна обыкновенного более двух лет нецелесообразно из-за потерь эфирного масла и изменения его химического состава.

Таким образом, сырье *T. vulgaris* двух селекционных образцов, выращиваемое в предгорной зоне Крыма, содержит широкий спектр БАВ и может применяться в эфиромасличном и пищевом производствах, в фармации, медицине и ветеринарии.

**Литература**

1. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнев А. В., Назаренко Л. Г. Эфиромасличная отрасль Крыма. Вчера, сегодня, завтра. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. С. 225–226.

2. ФС 61. Трава тимьяна обыкновенного. ГФ СССР. 11-е изд. доп., вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. М.: Медицина, 1990. С. 339–340.

3. ФС.2.5.0047.15. Чабреца трава. ГФ РФ. XIII изд. М., 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://pharmacopoeia.ru/fs-2-5-0047-15-chabretsa-trava/ (дата обращения 06.04.2022).

4. Марко Н. В., Логвиненко Л. А., Шевчук О. М., Феськов С. А. Аннотированный каталог ароматических и лекарственных растений коллекции Никитского ботанического сада. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. С. 151–152.

5. Исиков В. П., Плугатарь Ю. В., Шевчук О. М. Ароматические растения Крыма и их использование. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2020. 265 с.

6. Винокурова О. А., Тринеева О. В., Сливкин А. И. Сравнительная характеристика различных видов тимьяна: состав, свойства, применение (обзор) // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2016. № 4 (17). С. 134–150.

7. Плугатарь Ю. В., Корсакова С. П. Эфиромасличные растения в условиях меняющегося климата. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2019. 180 с.

8. Satyal P., Murray B. L., Feeters R. L. and Setzer W. N. Essential oil characterization of *Thymus vulgaris* from various geographical locations // Foods. 2016. No. 5(4). Art. No. 70. DOI: 10.3390/foods5040070.

9. Mancini E., Senatore F., Del Monte D., De Martino L., Grulova D., Scognamiglio M., Snoussi M., De Feo V. Studies on chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of five *Thymus vulgaris* L. essential oils // Molecules. 2015. No. 20 (7). P. 12016–12028. DOI: 10.3390/molecules200712016.

10. El Hattabi L., El Madani N., Charrouf Z., Costa J., Desjobert J. M. and Tabyaoui M. Studies on chemical composition, phenolic contents and antioxidant activities of three *Thymus* essential oils from Morocco // Der Pharma Chemica. 2016. No. 8(7). P. 7–15.

11. Galovičová L., Borotová P., Valková V., Vukovic N. L., Vukic M., Štefániková J., Ďúranová H., Kowalczewski P. Ł., Čmiková N., Kačániová M. *Thymus vulgaris* essential oil and its biological activity // Plants. 2021. No. 10. P. 1–17. DOI: 10.3390/plants10091959.

12. Паштецкий В. С., Тимашева Л. А., Пехова О. А., Данилова И.Л., Серебрякова О. А. Эфирные масла и их качество. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2021. С. 114–116. DOI: 10.33952/2542-0720-978-5-907506-16-9.

13. Марко Н. В., Работягов В. Д., Корсакова С. П., Шевчук О. М., Феськов С. А., Орел Т. И., Бакова Н. Н. Виды растений с высоким содержанием тимола из коллекции Никитского ботанического сада // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 3(11). С. 17–30.

14. Хохлов Ю. С., Федотова И. А., Шевчук О. М. Изменение компонентного состава эфирного масла *Thymus vulgaris* L. в зависимости от метода дистилляции // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2020. № 1 (154). С. 106–115. DOI: 10.36305/2712-7788-2020-1-154-106-115.

15. Корсакова С. П., Работягов В. Д., Канцаева У. И. Морфобиологическая характеристика и компонентный состав эфирного масла видов рода *Thymus* L. // Труды КубГАУ. 2017. № 67. С. 107–110. DOI: 10.21515/1999-1703-67-107-110.

16. Савчук Л. П. Климат предгорья Крыма и эфироносы. Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2006. 76 с.

17. ГОСТ 34213–2017. Сырье эфиромасличное цветочно-травянистое. Методы отбора проб, определения влаги, примесей и эфирного масла. М.: Стандартинформ, 2018. 23 с.

18. ОФС.1.5.3.0007.15. Определение влажности лекарственного растительного сырья. ГФ РФ. XIII изд. М., 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-5-3-0007-15-opredelenie-vlazhnosti-lekarstvennogo-rastitelnogo-syrya/(дата обращения 05.05.2022).

19. ОФС.1.5.3.0010.15. Определение содержания эфирного масла в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах. ГФ РФ. XIII изд. М., 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-5-3-0010-15-opredelenie-soderzhaniya-efirnogo-masla-v-lekarstvennom-rastitelnom-syre-i-lekarstvennyh-rastitelnyh-preparatah/ (дата обращения 12.04.2022).

20. ОФС.1.5.3.0006.15. Определение содержания экстрактивных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах. ГФ РФ. XIII изд. М., 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.regmed.ru/gf/State_Pharmacopoeia_XIII/ (дата обращения 22.04.2022).

21. Запрометов М. Н. Основы биохимии фенольных соединений. М.: Высшая школа, 1974. 214 с.

22. Федосеева Г. М. Способ определения полифенольных соединений. Иркутск, 1988. АСС № 125708.

23. ГОСТ ISO 7609–2014. Масла эфирные. Анализ методом газовой хроматографии на капиллярных колонках. Общий метод. М.: Стандартинформ, 2015. 16 с.

24. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. 350 с.

25. Gouyon P. H., Vernett Ph., Guillerm J. L. and Valdeyron G. Polymorphisms and environment: the adaptive value of the oil polymorphisms in *Thymus vulgaris* L. // Heredity. 1986. Vol. 57. P. 59–66. DOI: 10.1038/hdy.1986.87.

26. Шереметьева А. С., Дурнова Н. А., Березуцкий М. А. Содержание эфирных масел в траве разных видов рода тимьян (*Thymus* L.) // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. 2017. Т. 15. Вып. 2. С. 15–19. DOI: 10.18500/1682-1637-2017-15-2-15-19.

27. Маланкина Е. Л., Каравн Х. А., Дул В. Н., Козловская Л. Н. Варьирование количественного содержания и компонентного состава эфирного масла в сырье тимьяна обыкновенного (*Thymus vulgaris* L.) в зависимости от сорта и происхождения // Вопросы обеспечения качества лекарственных средств. 2018. № 2 (20). С. 27–33.

## References

1. Pashtetskiy V. S., Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V., Nazarenko L. G. Essential oil industry in the Crimea. Yesterday, today, tomorrow. Simferopol: ARIAL, 2018. P. 233-235.

2. FS 61 Thymi vulgaris herba / USSR State Pharmacopoeia. 11th ed. revised and updated, issue 2. General methods of analysis. Medicinal plant raw materials. Moscow: Meditsina, 1990. P. 339–340.

3. FS. 2.5.0047.15. Thymi serpylli herba / RF State Pharmacopoeia. XIII ed. Moscow, 2015. [Electronic resource]. Access point: https://pharmacopoeia.ru/fs-2-5-0047-15-chabretsa-trava/ (reference's date 06.04.2022).

4. Marko N. V., Logvinenko L. A., Shevchuk O. M., Feskov S. A. Annotated catalog of aromatic and medicinal plants of the collection of the Nikitsky Botanical. Garden. Simferopol: ARIAL, 2018. P. 151–152.

5. Isikov V.P., Plugatar Yu.V., Shevchuk O.M. Aromatic plants of the Crimea and their use. Simferopol: ARIAL, 2020. 265 p.

6. Vinokurova O.A., Trineeva O.V., Slivkin A.I. Comparative characteristics of different types of thyme: the composition, properties and application (review) // Drug Development & Registration. 2016. No. 4 (17). P. 134-150.

7. Plugatar Yu.V., Korsakova S.P. Essential-oil-bearing plants under climate change. Simferopol: ARIAL, 2019. 180 p.

8. Satyal P., Murray B. L., Feeters R. L. and Setzer W. N. Essential oil characterization of *Thymus vulgaris* from various geographical locations // Foods. 2016. No. 5(4). Art. No. 70. DOI: 10.3390/foods5040070.

9. Mancini E., Senatore F., Del Monte D., De Martino L., Grulova D., Scognamiglio M., Snoussi M., De Feo V. Studies on chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of five *Thymus vulgaris* L. essential oils // Molecules. 2015. No. 20 (7). P. 12016–12028. DOI: 10.3390/molecules200712016.

10. El Hattabi L., El Madani N., Charrouf Z., Costa J., Desjobert J. M. and Tabyaoui M. Studies on chemical composition, phenolic contents and antioxidant activities of three thymus essential oils from Morocco // Der Pharma Chemica. 2016. No. 8(7). P. 7–15.

11. Galovičová L., Borotová P., Valková V., Vukovic N. L., Vukic M., Štefániková J., Ďúranová H., Kowalczewski P. Ł., Čmiková N. and Kačániová M. *Thymus vulgaris* essential oil and its biological activity // Plants. 2021. No. 10. P. 1-17. DOI:10.3390/plants10091959.

12. Pashtetskiy V.S., Timasheva L.A., Pekhova O.A., Danilova I.L., Serebryakova O.A. Essential oils and their quality. Simferopol: ARIAL, 2021. P. 114-116. DOI: 10.33952/2542-0720-978-5-907506-16-9.

13. Marko N.V., Rabotyagov V.D., Korsakova S.P., Shevchuk O.M., Feskov S.A., Orel T.I., Bakova N.N. Plant species from the Nikitsky Botanical Gardens collection with a high content of thymol in essential oil //Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2017. No. 3 (11). P. 17-30.

14. Khokhlov Yu.S., Fedotova I.A., Shevchuk O.M. Changes in the component composition of *Thymus vulgaris* L. essential oil depending on the method of distillation // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2020. No.1 (154). P. 106-115. DOI: 10.36305/2712-7788-2020-1-154-106-115.

15. Korsakova S. P., Rabotyagov V. D., Kantsaeva U. I. Morphobiological and biological characteristics and component composition of essential oil from species of genus *Thymus* L. // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2017. No. 67. P. 107-110. DOI: 10.21515/1999-1703-67-107-110.

16. Savchuk L. P. The climate of the foothill areas of the Crimea and essential oil crops. Simferopol: El'in'o, 2006. 76 p.

17. GOST 34213-2017. Essential oil floral-herbal raw material. Methods of sampling, determining the moisture, impurities and essential oil. Moscow: Standartinform, 2019. 24 p.

18. OFS.1.5.3.007.15. Determination of the moisture content in medicinal plant raw materials / RF State Pharmacopoeia. XIII ed. Moscow, 2015. [Electronic resource]. Access point: https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-5-3-0007-15-opredelenie-vlazhnosti-lekarstvennogo-rastitelnogo-syrya/ (reference's date 05.05.2022).

19. OFS.1.5.3.0010.15 Determination of the essential oil content in medicinal plant raw materials and medicinal plant preparations / RF State Pharmacopoeia. XIII ed. Moscow, 2015. [Electronic resource]. Access point: https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-5-3-0010-15-opredelenie-soderzhaniya-efirnogo-masla-v-lekarstvennom-rastitelnom-syre-i-lekarstvennyh-rastitelnyh-preparatah/ (reference's date 12.04.2022).

20. OFS.1.5.3.0006. 15. Determination of the content of extractive substances in medicinal plant raw materials and medicinal plant preparations / RF State Pharmacopoeia. XIII ed. Moscow, 2015. [Electronic resource]. Access point: https://www.regmed.ru/gf/State_Pharmacopoeia_XIII/ (reference's date 22.04.2022).
21. Zaprometov M. N. Fundamentals of biochemistry of phenolic compounds. Moscow: Vysshaya shkola, 1974. 214 p.
22. Fedoseeva G. M. A method for determining polyphenolic compounds. Irkutsk. 1988. ASS. No. 125708.
23. GOST ISO 7609–2014. Essential oils. Analysis by gas chromatography on capillary columns. General method. Moscow: Standartinform, 2015. 16 p.
24. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Alyans, 2011. 350 p.
25. Gouyon P. H., Vernett Ph., Guillerm J. L., Valdeyron G. Polymorphisms and environment: the adaptive value of the oil polymorphisms in *Thymus vulgaris* L. // Heredity. 1986. Vol. 57. P. 59–66. DOI: 10.1038/hdy.1986.87.
26. Sheremet'eva A. S., Durnova N. A., Berezutskii M. A. Essential oils level in herbs of different species of thyme (*Thymus* L.)// Bulletin of Botanic Garden of Saratov State University. 2017. Vol. 15. Iss. 2. P. 15–19. DOI: 10.18500/1682-1637-2017-15-2-15-19.
27. Malankina E. L., Al Karavi Kh., Dul V. N., Kozlovskaya L. N. The variation of quantitative content and component composition of essential oil in raw materials of common thyme (*Thymus vulgaris* L.) depending on cultivar and origin // Journal of Pharmaceuticals Quality Assurance Issue. 2018. No. 2 (20). P. 27–33.

UDC 633. 82: 665. 52

Pekhova O.A., Timasheva L.A., Danilova I.L., Belova I.V., Platonova T.V.

## ACCUMULATION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN PLANTS OF TWO *THYMUS VULGARIS* L. CHEMOTYPES GROWN IN THE FOOTHILL ZONE OF CRIMEA

***Summary.*** *Currently, thyme (Thymus vulgaris L.) is a popular essential oil plant containing a wide range of biologically active substances (BAS). The purpose of the research was to study the dynamics of accumulation of essential oil and other types of biologically active substances (BAS) in plants of two T. vulgaris chemotypes grown in the foothill zone of Crimea, as well as the duration of their storage to justify the possibility of their use as raw materials for various industries (food, perfume and cosmetics, pharmacy, medicine and veterinary medicine). The research was conducted in 2018-2020 at the FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea". Freshly harvested and air-dried plants of T. vulgaris were the object of the current research. We used breeding samples of two chemotypes: Dagestan and FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea". They were used as raw materials for determining BAS and shelf life. Qualitative and quantitative characteristics of raw materials in terms of the content of different types of BAS, including essential oil, were determined according to generally accepted methods. In the studied breeding samples, leaves and inflorescences were the main organs accumulating essential oil. Inflorescences of freshly harvested plants contained the largest amount of essential oil: 3.12 % − breeding sample Dagestan; 3.62 % − breeding sample FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea". In the fractional composition of raw materials, they (inflorescences) accounted for 45.3 % and 43.6 %, respectively. It has been experimentally proved that the maximum amount of essential oil of characteristic quality was accumulated in plants during the phase of mass flowering (1.85 % – breeding sample Dagestan; 2.48 % – breeding sample FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"). Thymol was the dominant component in the essential oil of breeding sample Dagestan (34.6−52.42 %); linalool – in the essential oil of breeding sample FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea" (83.29−90.22 %). A high level of phenolic compounds and extractive substances was noted in the phases of active plant growth. In breeding sample Dagestan, the highest*

*level of these compounds was synthesized in the phase of the beginning of flowering; in breeding sample FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea" – in the phase of the end of flowering. It should be mentioned that after 24-months storage of air-dry raw materials of T. vulgaris, essential oil losses occur: by 25.9 % in the breeding sample Dagestan and by 17.8 % in the breeding sample FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea". In adition, the chemical composition of the essential oil changes. We did not observe any quantitative changes of other types of BAS in raw materials during storage.*

***Keywords:*** *thyme (Thymus vulgaris L.), breeding sample Dagestan, breeding sample FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea", essential oil, biologically active substances, thymol, linalool.*

Пехова Ольга Антоновна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела переработки и стандартизации эфиромасличного сырья, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Тимашева Лидия Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник отдела переработки и стандартизации эфиромасличного сырья ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Данилова Ирина Львовна, научный сотрудник отдела переработки и стандартизации эфиромасличного сырья, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Белова Ирина Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела переработки и стандартизации эфиромасличного сырья, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Платонова Татьяна Витальевна, научный сотрудник лаборатории селекции отдела эфиромасличных и лекарственных культур, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: tatplat@mail.ru.

Pekhova Olga Antonovna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher, Department of processing and standardization of essential oils, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia; e-mail isocrimea@gmail.com.

Timasheva Lidia Alekseevna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher, Department of processing and standardization of essential oils, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia; e-mail: e- mail: isocrimea@gmail.com.

Danilova Irina Lvovna, researcher, Department of processing and standardization of essential oils, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Belova Irina Viktorovna, Cand. Sc. (Agr.), researcher, Department of processing and standardization of essential oils, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia; e-mail isocrimea@gmail.com.

Platonova Tatiana Vitalievna, researcher, Laboratory of breeding of the Department of aromatic and medicinal plants, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia; e-mail tatplat@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 21.07.2022.*
*Дата принятия к печати – 21.09.2022.*

УДК 338.43
EDN AMSJMF

Попович В. В., Дунаева Е. А., Вечерков В. В.

# ЦИФРОВЫЕ ПОДХОДЫ К МОНИТОРИНГУ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ НА УРОВНЕ РАЙОНОВ КРЫМА

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

***Реферат.*** *Сельское хозяйство Республики Крым занимает важное место в формировании экономики региона, на его долю приходится 5,9 % валового регионального продукта. Главной задачей аграрного производства является создание мощной сырьевой базы для формирования продовольственного комплекса, способного не только удовлетворять потребности населения и отдыхающих в основных видах продовольствия, но и повысить продовольственную безопасность страны. Решению этих задач способствует применение современных технологий, в частности цифровизация сельского хозяйства. Существующие и разрабатываемые цифровые технологии играют важную роль при принятии решений производителями сельскохозяйственной продукции в режиме реального времени, а также при стратегическом планировании. Использование цифровых технологий даёт возможность видеть, хранить и анализировать любые данные о почвах, посевах, культурах, урожайности, применении необходимых агротехнологий, что является существенной помощью для сельхозпроизводителей. В статье приведены и проанализированы экономические показатели развития растениеводства в районах Республики Крым за последние годы и их сравнение с периодом максимального развития (1990 г.). Анализ и сравнение данных показали, что всего по районам РК площади зерновых культур сохранились приблизительно на том же уровне, площади овощных сократились почти в три раза, а площади многолетних насаждений уменьшились почти в четыре раза, объем валовой продукции растениеводства, рассчитанный в зерновых единицах, уменьшился по сравнению с 1990 г. почти наполовину – на 47,2 %, выход зерновых культур, рассчитанный в зерновых единицах, уменьшился на 23,8 % в целом по районам Крыма. Только два района – Джанкойский и Раздольненский показали превышение выхода зерновых по сравнению с 1990 г., уровень рентабельности сельского хозяйства значительно снизился и составляет 33,2 % от уровня 1990 г., хотя за последние годы наблюдается его рост. Кроме того, приведены примеры визуализации экономических показателей для районов и отдельных сельхозпредприятий, что отвечает требованиям цифровизации сельского хозяйства и применения современных технологий. При проведении исследований использовали следующие методы: статистико-экономический, экономического сопоставления и накопления информации, группировки, расчётный, графическое изображение экономических показателей производства продукции растениеводства. Визуализация показателей даёт возможность аграриям более качественно решать следующие вопросы: сопоставлять между собой различные компоненты системы развития сельских территорий, выявлять проблемы или слабые места в их деятельности, планировать будущие мероприятия.*

***Ключевые слова:*** *сельскохозяйственное производство, урожайность, валовая продукция, рентабельность, цифровизация сельского хозяйства, визуализация.*

***Для цитирования:*** *Попович В. В., Дунаева Е. А., Вечерков В. В. Цифровые подходы к мониторингу развития сельских территорий на уровне районов Крыма // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 181–192. EDN: AMSJMF.*

***For citation:*** *Popovich V.V., Dunaieva Ie. A., Vecherkov V.V. Digital approaches to monitoring rural development at the regional level of Crimea // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 181–192. EDN: AMSJMF.*

## Введение

Общая площадь сельскохозяйственных угодий Республики Крым составляет 1,7 млн га, в том числе пашня – 1,2 млн га. Основная площадь сельхозугодий занята зерновыми культурами, которые выращиваются в зоне степного Крыма. С 1989 г. валовые сборы зерна составляли почти 1 т на душу населения. В наше время производство зерна в Крыму существенно снизилось – так, в 2021 г. на душу населения приходилось 444 кг зерна. Решение вопросов импортозамещения, обеспечения продовольственной безопасности требует увеличения производства всей сельхозпродукции, поэтому повышение социально-экономического и экологического потенциала сельских территорий является важной насущной проблемой, а применение новых современных методологических подходов в соответствии с требованиями цифровизации сельского хозяйства позволит более адекватно проводить выбор и формирование оптимальных направлений социально-экономического и экологического развития сельских территорий [1]. С этой целью показатели, характеризующие степень и потенциал их устойчивости, должны быть проанализированы и интерпретированы [2].

Сельские территории представляют собой сложные социально-экономические системы, представленные сельскими поселениями и прилегающими к ним межселенными территориями с характерной для них низкой плотностью населения, имеющего свой жизненный уклад и культуру, наличием сельскохозяйственных угодий, с разнообразным ресурсным потенциалом и определёнными условиями его использования. Поэтому вопросам развития сельских территорий уделяется большое внимание [3].

В настоящее время разработанные Программы Российской Федерации «Информационное общество» и «Цифровая экономика Российской Федерации» предусматривают создание сквозных цифровых технологий и безопасной цифровой среды в социальной сфере, сфере здравоохранения, образования, строительства, сельском хозяйстве и других отраслях народного хозяйства [4, 5]. Одним из важных направлений является развитие в сельских населённых пунктах информационной и коммуникационной инфраструктуры, что способствует освоению современных технологий, данная задача отражена в «Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» [6].

Потенциал развития сельских территорий включает в себя долгосрочную устойчивую деятельность, конкурентоспособность, использование инновационных технологий. Цифровизация является важной частью развития сельских территорий, дающая возможность «совершенствовать стадии производственного процесса, снижать производственные затраты, повышать эффективность управления и гибко реагировать на новые запросы потребителей» [7]. Переход экономики сельских территорий на современные технологии должен повысить экономическую эффективность и обеспечить их конкурентоспособность [8–10]. По мнению ряда исследователей, цифровизация, представляющая собой переустройство всех направлений общественной жизни на основе цифровых информационных технологий, является важнейшим условием устойчивого развития сельских территорий [11–13]. Учёные установили, что «..для принятия почти 30 % управленческих решений требуется картографическая информация, а для ещё 20 % – значительно улучшается качество её представления» [14].

Проведение мониторинга развития сельских территорий и производства сельскохозяйственной продукции в настоящее время и сравнение показателей с лучшими периодами сельхозпроизводства является важным процессом, помогающим сельхозпроизводителям принимать оптимальные решения при ведении агропроизводства. Перевод этих показателей в цифровую форму помогает и ускоряет этот процесс.

**Цель исследований** – проведение сравнительного анализа показателей растениеводства Республики Крым (РК) в настоящее время и в лучшие годы развития агрокомплекса РК в разрезе районов и фермерских хозяйств и их визуализация в цифровом виде.

**Материалы и методы исследований**

При проведении исследований руководствовались данными Управления Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю за 1990–2021 гг. и коэффициентами перевода в зерновые единицы сельскохозяйственных культур, утверждёнными приказом Минсельхоза РФ от 6 июля 2017 года № 330 [15, 16]. При проведении исследований использовали методы экономической науки: статистико-экономический, который предусматривает мониторинг, то есть накопление статистических материалов, анализ и использование существующих показателей производства продукции растениеводства; метод экономического сопоставления и накопления информации, метод группировки, расчётный метод, графическое изображение экономических показателей производства продукции растениеводства по годам и их сравнение с 1990 годом. Визуализация показателей сельхозпроизводства осуществлялась в среде ГИС (QGIS 2.18, 3.10).

Расчёт выхода валовой продукции растениеводства в зерновых единицах производился по формуле (1):

$$W = (\sum_1^n (V_i \times k_i))/1000 \quad (1)$$

где W – выход валовой продукции растениеводства в зерновых единицах со всей площади в тыс. тонн;

$V_i$ – валовый сбор i-той сельскохозяйственной культуры в тоннах;

$k_i$ – коэффициент перевода в зерновые единицы i-той сельскохозяйственной культуры;

n – количество сельскохозяйственных культур.

Рентабельность растениеводства за 1990 год рассчитывалась авторами по данным Годовых отчетов всех хозяйств районов АРК (данные Крымстатуправления) по формуле (2):

$$R = \frac{B}{C/c} \times 100, \% \quad (2)$$

где R – рентабельность растениеводства;

B – выручка от продажи сельхозпродукции, руб., рассчитывается по формуле (3):

$$B = Ст. - C/c, \text{руб.} \quad (3)$$

Ст. – стоимость реализации продукции, руб.;

С/с – полная себестоимость сельхозпродукции, руб.

Рентабельность растениеводства по районам РК за последующие годы выбиралась из Статистических ежегодников «Сельское хозяйство Крыма» за 2001–2012 гг. [17].

## Результаты и их обсуждение

Одними из основных показателей оценки деятельности сельхозпредприятия являются натуральные: площади сельскохозяйственных культур, валовый сбор и урожайность сельскохозяйственных культур. Сбор и обработка информации, создание баз данных показателей аграрного производства с применением современных технологий способствуют и облегчают принятие решений по производственным и управленческим задачам. Пример баз данных по посевным площадям основных культур, выращиваемых в районах РК, и объёмам их производства приведён на рисунке 1.

Динамика площадей основных сельскохозяйственных культур по годам, тыс. га

| Наименования районов | Зерновые и зернобобовые | | | | Овощи | | | | Плодовые | | | | Виноград | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1990г. | 2000г. | 2010г. | 2021г. | 1990г. | 2000г. | 2010г. | 2021г. | 1990г. | 2000г. | 2010г. | 2021г. | 1990г. | 2000г. | 2010г. | 2021г. |
| Бахчисарайский | 7,9 | 8,6 | 5,5 | 4,6 | 0,5 | 0,4 | 0,8 | 0,4 | 9,8 | 3,3 | 26,8 | 3,25 | 8,4 | 5,5 | 6,2 | 5,5 |
| Белогорский | 26,8 | 25,1 | 35,5 | 18,5 | 0,5 | 0,3 | 0,9 | 0,3 | 5,1 | 0,9 | 3,8 | 0,91 | 2,0 | 0,1 | 1,0 | 0,1 |
| Джанкойский | 52,7 | 57,2 | 69 | 71,2 | 4,7 | 1,92 | 3,6 | 1,9 | 6 | 1,6 | 5,6 | 1,55 | 3,2 | 0,1 | 1,5 | 0,1 |
| Кировский | 19,4 | 19,3 | 31,5 | 22,63 | 1,0 | 0,3 | 1,1 | 0,3 | 4,4 | 1,8 | 5,5 | 1,8 | 5,7 | 1,6 | 3,0 | 1,6 |
| Красногвардейский | 61,6 | 66,0 | 77,8 | 67,3 | 1,5 | 0,7 | 2,1 | 0,7 | 7,1 | 2,3 | 4,4 | 2,29 | 4,1 | 0,7 | 1,7 | 0,7 |
| Красноперекопский | 32,4 | 38,4 | 34,1 | 32,6 | 0,7 | 0,3 | 1,0 | 0,3 | 0,6 | 0,2 | 2,4 | 0,16 | 0,3 | 0,05 | 0,01 | 0,1 |
| Ленинский | 55,7 | 42,7 | 59,2 | 54,6 | 1,1 | 0,3 | 0,9 | 0,3 | 0,9 | 0,2 | 1,1 | 0,21 | 3,1 | 0,1 | 0,5 | 0,1 |
| Нижнегорский | 28,2 | 39,5 | 51,7 | 37,1 | 1,0 | 0,4 | 1,4 | 0,4 | 8,7 | 1,4 | 22,6 | 1,41 | 1,1 | 0,2 | 0,4 | 0,2 |
| Первомайский | 46,2 | 44,8 | 54,3 | 51,0 | 0,7 | 0,3 | 1,4 | 0,3 | 3,9 | 0,3 | 1,6 | 0,3 | 1,3 | 0,04 | 0,6 | 0,0 |
| Раздольненский | 39,4 | 33,1 | 47,5 | 47,9 | 0,3 | 0,3 | 1,1 | 0,3 | 1,3 | 0,1 | 0,9 | 0,14 | 2,0 | 0,03 | 0,7 | 0,0 |
| Сакский | 63,2 | 57,6 | 72,6 | 61,1 | 2,6 | 0,3 | 1,9 | 0,3 | 3,9 | 1,3 | 2,2 | 1,25 | 5,9 | 1,4 | 3,4 | 1,4 |
| Симферопольский | 34,6 | 26,9 | 38,9 | 35,6 | 1,8 | 0,5 | 1,7 | 0,5 | 6,3 | 1,8 | 16,3 | 1,84 | 7,8 | 4,3 | 5,7 | 4,3 |
| Советский | 25,5 | 30,1 | 40,8 | 32,4 | 0,6 | 0,1 | 1,5 | 0,1 | 3,3 | 0,2 | 10,0 | 0,2 | 1,3 | 0,03 | 0,6 | 0,0 |
| Черноморский | 33,7 | 31,5 | 40,4 | 39,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 3,8 | 0,4 | 2,5 | 0,4 |
| Всего по районам Крыма | 527,3 | 520,8 | 658,8 | 575,7 | 17,2 | 6,2 | 19,6 | 6,3 | 62,2 | 16,1 | 103,8 | 16,01 | 50,0 | 14,6 | 27,7 | 14,4 |

Объёмы выхода валовой продукции основных сельскохозяйственных культур по районам республики Крым по годам, тыс.тонн

| | Зерновые и зернобобовые | | | | Овощи | | | | Плодовые | | | | Виноград | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1990г. | 2000г. | 2010г. | 2021г. | 1990г. | 2000г. | 2010г. | 2021г. | 1990г. | 2000г. | 2010г. | 2021г. | 1990г. | 2000г. | 2010г. | 2021г. |
| Бахчисарайский | 40,6 | 18,9 | 11,2 | 10,6 | 6,9 | 0,8 | 11,8 | 15,6 | 74,6 | 24,1 | 7,9 | 28,9 | 62,0 | 37,6 | 25,8 | 32,1 |
| Белогорский | 90,4 | 41,3 | 70,6 | 35,9 | 6,7 | 0,9 | 13,0 | 10,3 | 25,2 | 2,9 | 1,5 | 6,9 | 7,3 | 1,9 | 0,1 | 0,3 |
| Джанкойский | 168,1 | 92,8 | 143,3 | 180,6 | 97,7 | 3,7 | 39,1 | 43,6 | 34,3 | 3,2 | 3,7 | 5,0 | 14,7 | 6,9 | 0,3 | 1,3 |
| Кировский | 71,1 | 33,7 | 87,6 | 41,5 | 20,3 | 1,1 | 17,0 | 7,0 | 29,4 | 4,3 | 1,8 | 15,7 | 18,7 | 4,4 | 10,8 | 11,3 |
| Красногвардейский | 211,8 | 138,6 | 196,5 | 161,1 | 42,0 | 2,1 | 23,3 | 16,4 | 48,2 | 2,6 | 24,1 | 52,9 | 19,7 | 4,8 | 0,5 | 5,4 |
| Красноперекопский | 117,9 | 88,0 | 109,9 | 104,4 | 13,2 | 1,0 | 15,8 | 6,0 | 3,2 | 0,6 | 2,6 | 1,2 | 1,5 | 0,1 | 0,3 | 0,8 |
| Ленинский | 161,5 | 71,1 | 123,9 | 135,2 | 14,0 | 0,9 | 17,4 | 5,6 | 1,4 | 0,1 | 1,7 | 1,9 | 8,2 | 0,9 | 0,4 | 1,2 |
| Нижнегорский | 118,0 | 100,9 | 122,1 | 66,9 | 18,2 | 1,4 | 22,7 | 16,1 | 86,0 | 20,3 | 21,3 | 20,6 | 4,5 | 1,2 | 0,1 | 0,8 |
| Первомайский | 140,5 | 71,7 | 90,3 | 136,2 | 11,6 | 1,4 | 28,6 | 7,0 | 26,7 | 1,0 | 2,3 | 1,9 | 4,3 | 2,2 | 0,1 | 0,2 |
| Раздольненский | 127,6 | 66,2 | 83,7 | 152,1 | 4,2 | 1,1 | 12,2 | 6,4 | 4,7 | 0,4 | 1,0 | 0,8 | 10,2 | 1,5 | 0,1 | 0,5 |
| Сакский | 232,3 | 111,2 | 116,1 | 151,5 | 40,2 | 1,9 | 52,9 | 6,4 | 11,4 | 0,6 | 4,1 | 3,7 | 21,6 | 1,6 | 2,2 | 12,2 |
| Симферопольский | 154,5 | 68,3 | 85,2 | 92,7 | 38,0 | 1,7 | 37,5 | 16,8 | 30,8 | 8,2 | 14,7 | 16,1 | 40,5 | 21,4 | 5,5 | 25,5 |
| Советский | 84,0 | 89,2 | 89,2 | 55,2 | 11,0 | 1,5 | 14,5 | 3,7 | 23,0 | 8,9 | 1,5 | 1,1 | 4,0 | 1,8 | 0,8 | 0,2 |
| Черноморский | 107,6 | 58,6 | 67,8 | 102,3 | 1,7 | 0,2 | 8,0 | 1,3 | 1,8 | 0,2 | 0,9 | 1,0 | 18,6 | 5,1 | 5,6 | 1,7 |
| Всего по районам РК | 1825,9 | 1050,5 | 1397,4 | 1426,2 | 325,7 | 19,7 | 313,8 | 162,2 | 400,7 | 77,4 | 89,1 | 157,7 | 235,8 | 91,4 | 52,6 | 93,4 |

**Рисунок 1 – Пример баз данных показателей растениеводства по районам РК**

Собранную информацию используют для расчётов и переводят в цифровой вид. Сравнение площадей за 1990 и 2021 гг. и расчёт их увеличения (уменьшения) приведены в таблице 1.

Данные таблицы показывают, что всего по районам площади зерновых культур сохранились приблизительно на том же уровне, площади овощных сократились почти в три раза, а площади многолетних насаждений уменьшились почти в четыре раза. На рисунке 2 приведено сравнение объёмов валовой продукции по районам и годам.

На основе полученных объёмов рассчитан общий выход продукции в зерновых единицах (таблица 3), вычислен валовой и чистый доход, а также показатели рентабельности (таблица 4).

**Таблица 1 – Увеличение (уменьшение) площадей выращивания основных сельскохозяйственных культур в районах РК по сравнению с 1990 г.**

| Район | Зерновые и зернобобовые | | | Овощи | | | Виноград | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1990 г. | 2021 г. | 1990 г. к 2021 г. | 1990 г. | 2021г. | 1990 г. к 2021 г. | 1990 г. | 2021 г. | 1990г. к 2021 г. |
| Бахчисарайский | 7,90 | 4,60 | 1,72 | 0,50 | 0,4 | 1,25 | 7,40 | 4,39 | 1,69 |
| Белогорский | 26,80 | 18,50 | 1,45 | 0,40 | 0,3 | 1,33 | 1,60 | 0,08 | 20,00 |
| Джанкойский | 52,70 | 71,20 | 0,74 | 4,70 | 1,92 | 2,45 | 2,80 | 0,74 | 3,80 |
| Кировский | 19,40 | 22,63 | 0,86 | 0,90 | 0,3 | 3,00 | 4,60 | 1,32 | 3,47 |
| Красногвардейский | 61,60 | 67,30 | 0,92 | 1,50 | 0,7 | 2,14 | 3,20 | 0,64 | 5,04 |
| Красноперекопский | 32,40 | 32,60 | 0,99 | 0,70 | 0,3 | 2,33 | 0,30 | 0,01 | 23,08 |
| Ленинский | 55,70 | 54,60 | 1,02 | 1,10 | 0,3 | 3,67 | 2,90 | 0,14 | 20,71 |
| Нижнегорский | 28,20 | 37,10 | 0,76 | 1,00 | 0,4 | 2,50 | 0,90 | 0,06 | 14,52 |
| Первомайский | 46,20 | 51,00 | 0,91 | 0,60 | 0,3 | 2,00 | 1,10 | 0,04 | 27,50 |
| Раздольненский | 39,40 | 47,90 | 0,82 | 0,30 | 0,3 | 1,00 | 3,30 | 0,20 | 16,50 |
| Сакский | 63,20 | 61,10 | 1,03 | 2,60 | 0,3 | 8,67 | 4,80 | 0,62 | 7,77 |
| Симферопольский | 34,60 | 35,60 | 0,97 | 1,80 | 0,5 | 3,60 | 6,30 | 3,80 | 1,66 |
| Советский | 25,50 | 32,40 | 0,79 | 0,60 | 0,1 | 6,00 | 1,00 | 0,18 | 5,49 |
| Черноморский | 33,70 | 39,20 | 0,86 | 0,20 | 0,1 | 2,00 | 3,10 | 0,36 | 8,61 |
| Всего по РК | 527,30 | 575,73 | 0,92 | 16,90 | 6,22 | 2,72 | 43,30 | 12,58 | 3,44 |

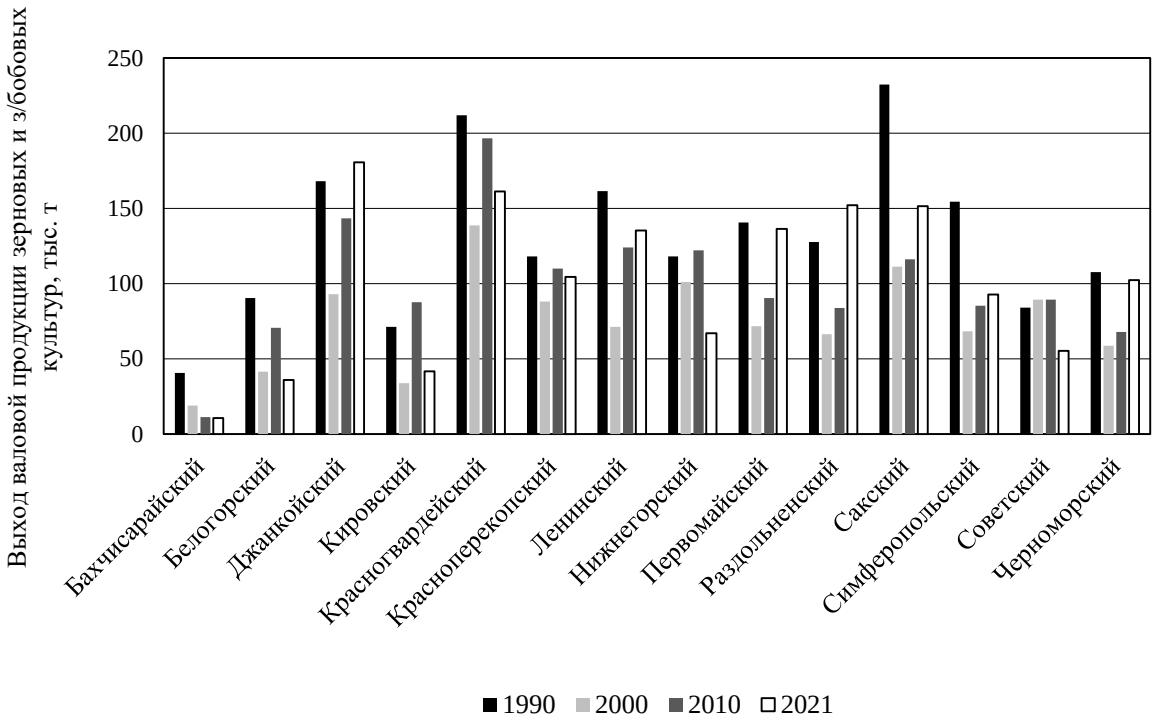



**Рисунок 2 – Сравнение объёмов выхода зерновых и зернобобовых культур по годам по районам РК**

Как видно из таблицы 3, объем валовой продукции растениеводства, рассчитанный в зерновых единицах, уменьшился по сравнению с 1990 г. почти наполовину – на 47,2 %, выход зерновых культур, рассчитанный в зерновых единицах, уменьшился на 23,8 % в целом по районам Крыма. Только два района –

Джанкойский и Раздольненский показали превышение выхода зерновых по сравнению с 1990 г.

**Таблица 3 – Выход зерновых единиц со всей площади посевов РК**

| Район | 1990 г. | | 2021 г. | | Превышение 1990 г. по сравнению с 2021 г., % | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | всего | в т. ч. зерно | всего | в т .ч. зерно | всего | в т. ч. зерно |
| Бахчисарайский | 980,3 | 402,8 | 289,4 | 105,2 | 70,5 | 73,9 |
| Белогорский | 1351,7 | 878,4 | 466,6 | 350,2 | 65,5 | 60,1 |
| Джанкойский | 4273,8 | 1670,9 | 2261,8 | 1741,4 | 47,1 | –4,2 |
| Кировский | 1685,0 | 697,1 | 587,6 | 395,7 | 65,1 | 43,2 |
| Красногвардейский | 4635,4 | 2090,6 | 2194,3 | 1534,2 | 52,7 | 26,6 |
| Красноперекопский | 2378,4 | 1105,2 | 1384,7 | 1032,5 | 41,8 | 6,6 |
| Ленинский | 2563,3 | 1596,4 | 2769,4 | 1324,0 | -8,0 | 17,1 |
| Нижнегорский | 2713,5 | 1123,5 | 896,6 | 652,0 | 67,0 | 42,0 |
| Первомайский | 2969,4 | 1377,3 | 1709,5 | 1267,5 | 42,4 | 8,0 |
| Раздольненский | 2595,6 | 1226,6 | 1859,0 | 1496,8 | 28,4 | –22,0 |
| Сакский | 4407,6 | 2289,8 | 1864,6 | 1415,8 | 57,7 | 38,2 |
| Симферопольский | 2754,3 | 1524,8 | 1215,3 | 852,7 | 55,9 | 44,1 |
| Советский | 1771,6 | 820,7 | 630,2 | 504,3 | 64,4 | 38,6 |
| Черноморский | 1579,8 | 1057,7 | 1242,4 | 942,1 | 21,4 | 10,9 |
| Всего по районам РК | 36659,7 | 17861,8 | 19371,4 | 13614,4 | 47,2 | 23,8 |

**Таблица 4 – Показатели рентабельности растениеводства по районам РК, %**

| Район | 1990 г. | | 2000 г. | | 2005 г. | | 2010 г. | | 2012 г. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | всего | в т.ч. зерно | всего | в т.ч. зерно | всего | в т.ч. зерно | всего | в т.ч. зерно | всего | в т.ч. зерно |
| Бахчисарайский | 75,6 | 84,8 | 9,7 | 28,6 | 16,0 | –5,9 | 117,8 | –8,8 | 78,7 | 8,3 |
| Белогорский | 70,4 | 105,7 | 15,7 | 37,8 | –3,3 | –3,7 | 24,2 | 15,8 | 10,3 | 4,1 |
| Джанкойский | 77,6 | 123,9 | 34,0 | 41,2 | 19,4 | 13,3 | –24,8 | –24,3 | –12,5 | –12,8 |
| Кировский | 66,1 | 129,3 | –8,3 | 30,8 | 3,1 | –1,7 | 170,3 | 13,8 | 58,8 | 19,0 |
| Красногвардейский | 97,0 | 139,1 | 33,9 | 55,8 | 23,3 | 14,2 | 13,5 | 17,1 | 9,7 | 14,8 |
| Красноперекопский | 88,4 | 125,1 | 20,2 | 40,2 | 5,8 | 6,1 | –3,6 | –11,7 | 5,4 | 4,9 |
| Ленинский | 105,9 | 195,7 | 26,5 | 48,0 | 2,4 | 2,9 | 6,4 | 6,0 | –5,2 | –3,0 |
| Нижнегорский | 111,8 | 132,3 | 22,4 | 55,4 | 21,0 | 21,8 | 17,8 | 15,8 | 13,5 | 5,7 |
| Первомайский | 111,1 | 153,1 | 10,3 | 31,9 | 15,6 | 15,8 | 23,9 | 17,8 | –4,8 | –7,0 |
| Раздольненский | 110,5 | 171,1 | 18,5 | 37,6 | 12,1 | 17,3 | 2,1 | 2,3 | 38,1 | 11,1 |
| Сакский | 83,7 | 156,1 | 38,1 | 70,0 | 1,6 | 0,5 | –27,7 | –47,7 | –30,3 | –65,5 |
| Симферопольский | 83,8 | 203,5 | 18,2 | 62,1 | 13,9 | 4,8 | 15,6 | 15,1 | 11,9 | 1,5 |
| Советский | 87,0 | 117,7 | 17,5 | 53,9 | 12,1 | 13,1 | 17,4 | –1,9 | 15,6 | 11,8 |
| Черноморский | 109,4 | 159,3 | 19,5 | 45,4 | 5,5 | 8,0 | 7,4 | –25,9 | –4,3 | –57,0 |

В последние годы доступ к бесплатной информации по районам, а особенно по сельскохозяйственным предприятиям затруднён. В свободном доступе существует информация по макропоказателям экономического и социального развития. На рисунке 3 представлена динамика рентабельности сельского хозяйства по РК в целом.

На диаграмме 3 видно, что уровень рентабельности значительно снизился и составляет 33,2 % от уровня 1990 г. Обработка и анализ больших объёмов пространственной и атрибутивной информации выполняются при помощи специального программного обеспечения, учитывающего пространственную привязку и специальные сведения о районах в целом, об отдельных хозяйствах и полях.

Созданная ГИС содержит в себе слои информации по экономическим, экологическим, социальным показателям развития районов РК в целом и для

отдельных сельхозпроизводителей и сельских поселений [18, 19]. Векторные слои пространственной информации созданы в формате *.shp, такие как границы районов и границы сельских поселений внутри этих районов, а также слой землепользования.

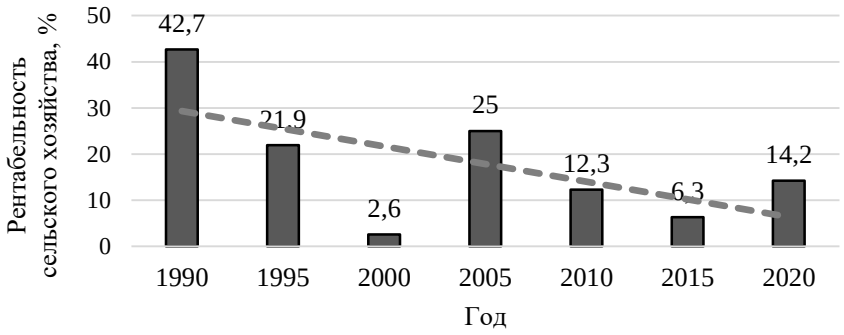



**Рисунок 3 – Динамика уровня рентабельности сельского хозяйства по РК**

На рисунке 4 представлены примеры визуализации показателей для административных единиц РК разных уровней, показаны слои, содержащие данные по разным направлениям развития. Формирование соответствующих БД различного уровня детализации напрямую зависит от доступности информации по данным направлениям и вызывает значительные трудности сбора, особенно для сельских поселений, хозяйств и полей.

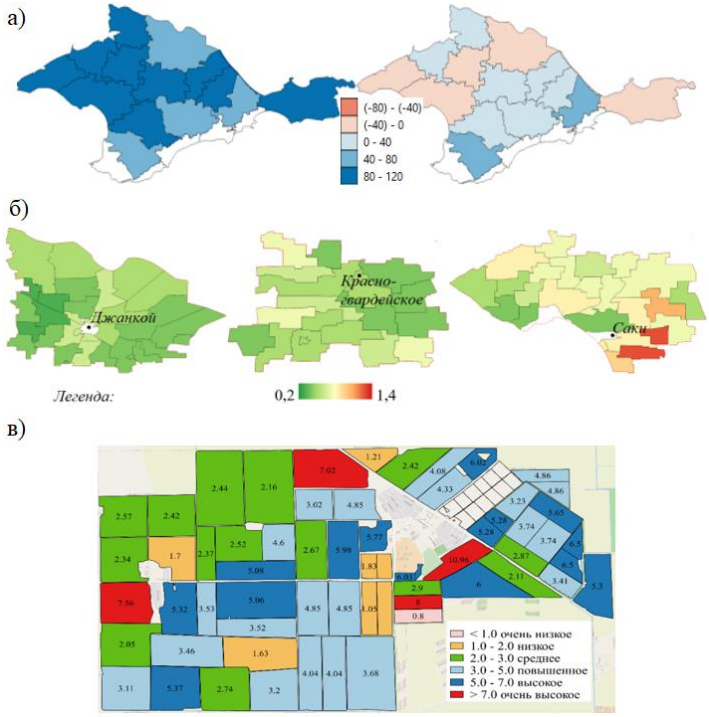



**Рисунок 4 – Визуализация показателей развития сельских территорий для различных административных уровней**

***Примечание.*** *а) – уровень рентабельности растениеводства по районам РК, данные 1990 и 2012 гг.; б) – средний уклон территорий сельских поселений Джанкойского, Красногвардейского и Сакского районов; в) – картограмма параметров почв полей ФГБУН «НИИСХ Крыма», Красногвардейский район, с/п Клепинино, 2020 г., содержание подвижных фосфатов).*

Визуализация показателей сельхозпроизводства осуществляется в среде ГИС (программное обеспечение с открытым исходным кодом QGIS 2.18, 3.10).

Для комплексного анализа состояния сельскохозяйственных территорий дополнительно созданы следующие точечные shape-файлы с соответствующими базами данных, например, площадь территории административной единицы, количество населения, плотность населения, значения средних уклонов местности, виды почвы, протяжение уличной водопроводной сети, протяжение уличной газовой сети, количество вывезенных за год твёрдых и жидких бытовых отходов, протяжённость автодорог местного значения, не отвечающих нормативным требованиям, инвестиции в основной капитал, площадь жилых помещений, приходящаяся на одного жителя, и другие.

**Выводы**

Проведение мониторинга и анализа развития сельскохозяйственного производства в регионах и на муниципальном уровне является инструментом, обеспечивающим эффективность развития потенциала сельских территорий регионов Крыма. Сбор и обработка информации, создание баз данных показателей аграрного производства с применением современных технологий, способствуют и облегчают принятие решений по производственным и управленческим задачам. Анализ и сравнение данных показали, что всего по районам РК площади зерновых культур сохранились приблизительно на том же уровне, площади овощных сократились почти в три раза, а площади многолетних насаждений уменьшились почти в четыре раза, объем валовой продукции растениеводства, рассчитанный в зерновых единицах, уменьшился по сравнению с 1990 г. почти наполовину – на 47,2 %, выход зерновых культур, рассчитанный в зерновых единицах, уменьшился на 23,8 % в целом по районам Крыма. Только два района – Джанкойский и Раздольненский показали превышение выхода зерновых по сравнению с 1990 г., уровень рентабельности сельского хозяйства значительно снизился и составляет 33,2 % от уровня 1990 г., хотя за последние годы наблюдается его рост. Эффективный анализ больших объёмов информации позволяет получить реальную картину ведения агропроизводства и использовать при прогнозировании дальнейшего развития аграрного сектора РК, районов и отдельных хозяйств. Проведение обработки и анализ больших объёмов пространственной и атрибутивной информации выполняются при помощи специального программного обеспечения, учитывающего пространственную привязку и информационные сведения о районах в целом, об отдельных хозяйствах, имеющиеся в свободном доступе. Визуализация показателей сельскохозяйственного производства осуществляется в среде ГИС (программное обеспечение с открытым экологических показателей даёт возможность более качественно решать следующие вопросы: сопоставлять между собой различные компоненты системы развития сельских территорий, выявлять проблемы или слабые места в управлении и их деятельности, планировать будущие мероприятия, повысить конкурентоспособность.

**Литература**

1. Яркова Т. М. Современные технологии развития сельских территорий в России и за рубежом // Креативная экономика. 2021. Т. 15. № 2. С. 379–392. DOI: 10.18334/ce.15.2.111607.

2. Sustainable Development for Agriculture and Environment // Ed. by Singh J., Nigam R., Hasan W., Kumar A. An International Publisher Anu Books: Delhi · Meerut · Glasgow (U.K.), 2018. 280 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/329611518 _Sustainable_Development_for_Agriculture_and_Environment (дата обращения 01.10.2022).

3. Battino S., Lampreu S. The role of the sharing economy for a sustainable and innovative development of rural areas: a case study in Sardinia (Italy) // Sustainability. 2019. Vol. 11. No. 11. Art. No. 3004. DOI: 10.3390/su11113004.

4. Государственная программа Российской Федерации «Информационное общество». Сайт Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://digital.gov.ru/ru/activity/programs/1/ (дата обращения 10.08.2022).

5. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://government.ru/rugovclassifier/614/events/ (дата обращения: 10.08.2022).

6. Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы». [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201705100002 (дата обращения 10.08.2022).

7. Советова Н. П. Цифровизация сельских территорий: от теории к практике // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2021. Т. 14. № 2. С. 105–124. [Электронный ресурс]. https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-selskih-territoriy-ot-teorii-k-praktike?ysclid=l8y6 cgxefn883907871 (дата обращения 12.08.2022). DOI: 10.15838/esc.2021.2.74.7.

8. Тарасов А. С. Формирование экономического механизма устойчивого развития сельских территорий // Экономика и экология территориальных образований. 2018. № 3 (6). С. 6-17. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-ekonomicheskogo-mehanizma-ustoychivogo-razvitiya-selskih-territoriy (дата обращения 30.07.2022). DOI: 10.23947/2413-1474-2018-2-3-6-17.

9. Айтпаева А. А. Цифровизация сельского хозяйства в контексте повышения конкурентоспособности отечественного АПК // Вестник АГТУ. Серия «Экономика№. 2019. № 3. С. 56–63. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-selskogo-hozyaystva-v-kontekste-povysheniya-konkurentosposobnostiotechestvenn (дата обращения 30.07.2022). DOI: 10.24143/2073-5537-2019-3-56-63.

10. Rondinelli D. A. Applied Methods of Regional Analysis: The Spatial Dimensions of Development Policy. Abingdon: Routledge, 2021. 282 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780429038044/applied-methods-regional-analysis-dennis-rondinelli (дата обращения 12.07.2022).

11. Ахметов В. Я., Галикеев Р. Н. Перспективы социально-экономического развития сельских территорий в условиях цифровизации экономики // Вестник евразийской науки. 2019. № 6. DOI: 10.15862/03ECVN619.

12. Варич М. И., Давлетшин Р. Р. Цифровизация сельского хозяйства в рамках проекта развития сельского хозяйства в Российской Федерации до 2025 года // Молодой ученый. 2020. № 2 (292). С. 354–357.

13. Касимова Ж. В., Касимов А. А. Цифровая трансформация сельских территорий // Вестник НГИЭИ. 2020. № 8 (111). С. 117–126. DOI: 10.24411/2227-9407-2020-10079.

14. Карпенко С. А., Ефимов С. А., Лагодина С. Е., Подвигин Ю. Н. Информационно-методическое обеспечение управления территориальным развитием Симферополь: Таврия Плюс, 2002. 186 с.

15. Официальная статистика ФСГС по Республике Крым. [Электронный ресурс Режим доступа: http://crimea.gks.ru (дата обращения 07.06.2022).

16. Приказ министерства сельского хозяйства РФ «Об утверждении коэффициентов перевода в зерновые единицы сельскохозяйственных культур» № 330 от 6 июля 2017 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/456080031?marker=6540IN (дата обращения 09.06.2022).

17. Статистический ежегодник «Сельское хозяйство Крыма» за 2001–2010 гг. Главное управление статистики в АРК: под общим руководством А.Я. Щербакова. 2010. 239 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https;//po-teme.com.ua/statistika/statisticheskie-dannye/1599-osnovni-ekonomichni-pokazniki-roboti-silskogospodarskikh-pidpriemstv-avtonomnoji-respubliki-krim-2008.html?ysclid=l9dwn6awtw374057700 (дата обращения 09.06.2022).

18. Дунаева Е. А., Попович В. В., Вечерков В. В. Методологические подходы к оценке состояния сельских территорий // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 4(28). С. 69–81. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-69-81.

19. Popovych V. F., Dunaieva I. A. Assessment of the GPM IMERG and CHIRPS precipitation estimations for the steppe part of the Crimea // Meteorology Hydrology and Water Management. 2021. Vol. 9. No. 1-2. DOI: 10.26491/mhwm/133088.

## References

1. Yarkova T. M. Modern technologies of rural territories development in Russia and abroad // Creative Economy. 2021. Vol. 15. No. 2. P. 379–392. DOI: 10.18334/ce.15.2.111607.

2. Sustainable Development for Agriculture and Environment // Ed. by Singh J., Nigam R., Hasan W., Kumar A. An International Publisher Anu Books: Delhi · Meerut · Glasgow (U.K.), 2018. 280 p. [Electronic resource]. Access point: https://www.researchgate.net/publication/329611518_Sustainable_Development_for_Agriculture_and_Environment (reference's date 01.10.2022).

3. Battino S., Lampreu S. The role of the sharing economy for a sustainable and innovative development of rural areas: a case study in Sardinia (Italy) // Sustainability. 2019. Vol. 11. No. 11. Art. No. 3004. DOI:10.3390/su11113004.

4. State Program of the Russian Federation "Information Society". Website of the Ministry of Digital Development, Communications and Mass Communications of the Russian Federation. [Electronic resource]. Access point: https://digital.gov.ru/ru/activity/programs/1/ (reference's date 10.08.2022).

5. National program "Digital Economy of the Russian Federation". [Electronic resource]. Access point: http://government.ru/rugovclassifier/614/events / (reference's date 10.08.2022).

6. Decree of the President of the Russian Federation dated 09.05.2017 No. 203 "On the Strategy for the development of the information society in the Russian Federation for 2017-2030". [Electronic resource]. Access point: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201705100002 (reference's date 10.08.2022).

7. Sovetova N. P. Rural territories' digitalization: from theory to practice // Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. 2021. Vol. 14. No. 2. P. 105–124. [Electronic resource]. Access point: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-selskih-territoriy-ot-teorii-k-praktike?ysclid=l8y6cgxefn883907871 (reference's date 12.08.2022). DOI: 10.15838/esc.2021.2.74.7.

8. Tarasov A. S. Formation of economic mechanism of a sustainable development of rural areas // Economics and ecology of territorial formations. 2018. No. 3 (6). P. 6-17. [Electronic resource]. Access point: https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-ekonomicheskogo-mehanizma-ustoychivogo-razvitiya-selskih-territoriy (reference's date 30.07.2022). DOI: 10.23947/2413-1474-2018-2-3-6-17.

9. Aitpaeva A. A. Digitalization of agriculture in the context of increasing competitiveness of national agroindustrial complex // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Economics. 2019. No. 3. P. 56–63. [Electronic resource]. Access point: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-selskogo-hozyaystva-v-kontekste-povysheniya-konkurentosposobnostiotechestvenn (reference's date 30.07.2022). DOI: 10.24143/2073-5537-2019-3-56-63.

10. Rondinell D. A. Applied Methods of Regional Analysis: The Spatial Dimensions of Development Policy. Abingdon: Routledge, 2021. 282 p. [Electronic resource]. Access point: https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780429038044/applied-methods-regional-analysis-dennis-rondinelli (reference's date: 12.07.2022).

11. Akhmetov V. Ya., Galikeev R. N. Prospects for the socio-economic development of rural areas in the context of digitalization of the economy // The Eurasian Science Journal. 2019. No. 6. DOI: 10.15862/03ECVN619.

12. Varich M. I., Davletshin R. R. Digitalization of agriculture within the framework of the agricultural development project in the Russian Federation until 2025 // Young Scientist. 2020. No. 2 (292). P. 354–357.

13. Kasimova Zh. V., Kasimov A. A. Digital transformation of rural areas // Bulletin NGIEI. 2020. No. 8 (111). P. 117–126. DOI: 10.24411/2227-9407-2020-10079.

14. Karpenko S. A., Efimov S. A., Lagodina S. E., Podvigin Yu. N. Information and methodological support of territorial development management. Simferopol: Tavria Plus, 2002. 186 p.

15. Official statistics of the FSGS for the Republic of Crimea [Electronic resource]. Access point: http://crimea.gks.ru (reference's date 07.06.2022).

16. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation "On approval of conversion coefficients to grain units of agricultural crops" No. 330 dated July 6, 2017. [Electronic resource]. Access point: http://docs.cntd.ru/document/456080031?marker=6540IN (reference's date 09.06.2022).

17. Statistical yearbook "Agriculture of the Crimea" for 2001–2010. The Main Department of Statistics in the ARC: under the general leadership of A.Ya. Shcherbakov. 2010. 239 p. [Electronic resource]. Access point: http//po-teme.com.ua/statistika/statisticheskie-dannye/1599-osnovni-ekonomichni-pokazniki-roboti-silskogospodarskikh-pidpriemstv-avtonomnoji-respubliki-krim-2008.html?ysclid=l9dwn6awtw374057700 (reference's date 09.06.2022).

18. Dunaieva Ie. A., Popovich V. V., Vecherkov V. V. Methodological approaches to assessing the conditions of rural areas // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 4(28). P. 69–81. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-69-81.

19. Popovych V. F., Dunaieva I. A. Assessment of the GPM IMERG and CHIRPS precipitation estimations for the steppe part of the Crimea // Meteorology Hydrology and Water Management. 2021. Vol. 9. No. 1-2. DOI: 10.26491/mhwm/133088.

UDC 338.43

Popovich V. V., Dunaieva Ie. A., Vecherkov V. V.

# DIGITAL APPROACHES TO MONITORING RURAL DEVELOPMENT AT THE REGIONAL LEVEL OF CRIMEA

***Summary.*** *Agriculture of the Republic of Crimea occupies an important place in the region economy formation; it accounts for 5.9 % of the gross regional product. The main task of the agricultural sector is to create a powerful raw material base for food complex formation capable not only to meet the population needs in basic types of food, but also to increase food security of the country. Modern technologies, in particular digitalization of agriculture, significantly contributes to the solution of these tasks. Existing and developing digital technologies play an important role in creating high-quality data to improve decision-making by agricultural producers in real time and for strategic planning. Digital technologies using makes it possible to see, store and analyze any data on soils, crops, yields, application of necessary agricultural technologies, which is a significant help for agricultural producers. The article presents and analyzes the economic indicators of crop production development in the regions of the Republic of Crimea in recent years and their comparison with the period of maximum development (1990). Data analysis and comparison showed that the total area of grain crops in the regions of the Republic of Crimea remained approximately at the same level; vegetable crops acreage decreased by almost three times; perennial plantings decreased by almost four times. The volume of gross crop production, calculated in grain units, decreased by almost half compared to 1990 – by 47.2 %, the yield of grain crops, also calculated in grain units, decreased by 23.8 % throughout the regions of Crimea. Only two districts – Dzhankoysky and Razdolnensky showed an excess of grain yield compared to 1990; the level of profitability of agriculture has significantly decreased and is 33.2 % of the 1990 level, although its growth has been observed in recent years. In addition, examples of visualization of economic indicators for districts and individual agricultural enterprises are given, which meets the requirements of agriculture digitalization and modern technologies use. During the research, the following methods of economics were used: statistical and economic, method of economic comparison and information accumulation, method of grouping, calculation method, graphic representation of economic indicators of crop production. Visualization of indicators enables farmers to better solve the following issues: compare different components of the rural development system, identify problems or weaknesses in their activities, and plan future activities.*

***Keywords:*** *agricultural production, productivity, gross output, profitability, digitalization of agriculture, visualization.*

Попович Валентина Владимировна, научный сотрудник отдела цифрового мониторинга и моделирования агроэкосистем ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295043, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: valentina_v_p@mail.ru.

Дунаева Елизавета Андреевна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела цифрового мониторинга и моделирования агроэкосистем ФГБУН «Научно исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: dunaeva_e@niishk.ru.

Вечерков Валентин Валериевич, младший научный сотрудник отдела цифрового мониторинга и моделирования агроэкосистем ФГБУН «Научно исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: v.valenteen11@yandex.ru.

Popovich Valentina Vladimirovna, researcher of digital monitoring and agroecosystems modeling Department, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: valentina_v_p@mail.ru.

Dunaieva Ielizaveta Andreevna, Cand. Sc. (Techn.), leading researcher of digital monitoring and agroecosystem modeling Department, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: dunaeva_e@niishk.ru.

Vecherkov Valentin Valerievich, junior researcher of digital monitoring and agroecosystem modeling Department, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: v.valenteen11@yandex.ru.

*Дата поступления в редакцию – 14.09.2022.*
*Дата принятия к печати – 21.10.2022.*

УДК 633.367: 631.52
EDN PBHTAU

Пташник О. П.[1], Кулинич Р. А.[1], Лукашевич М. И.[2]

# ОЦЕНКА СОРТОВ И ВИДОВ ЛЮПИНА *(LUPINUS* L.) В УСЛОВИЯХ ЗАСУШЛИВОГО КЛИМАТА КРЫМА

[1]ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»;
[2]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт люпина»

***Реферат.*** *Изучение люпина в условиях Крыма необходимо для решения проблемы дефицита белка. Цель исследований – сравнительная оценка сортов и сортообразцов трех видов люпина для выделения наиболее продуктивных генотипов в контрастных гидротермических условиях степного Крыма. Полевые исследования проводили в 2019–2021 гг. на базе отделения полевых культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (с. Клепинино, Красногвардейский район, РК) на черноземе южном маломощном карбонатном. Закладка опытов и статистическая обработка данных – по Б. А. Доспехову. Наибольшая урожайность семян 1,77 и 1,74 т/га сформировалась в 2019 г. у образцов люпина белого СН-35-13 и СН-78-16, что на 0,24 и 0,21 т/га превысило стандарт. Самая низкая урожайность отмечена в 2020 г. – среднесортовая урожайность семян составила: у люпина белого – 0,12 т/га, узколистного – 0,19 т/га и желтого – 0,15 т/га. В результате комплексной оценки сортов и селекционных номеров люпина белого, узколистного и желтого по параметрам продуктивности выявлено преимущество люпина белого, при среднесортовой урожайности – 0,99 т/га, что на 15 и 21 % выше по сравнению с узколистным и желтым соответственно. Выделены наиболее урожайные генотипы: среди люпина белого – СН-17-14 и СН-35-13, прибавка к стандарту составила 0,20–0,25 т/га; люпина узколистного – Белорозовый 144 и СН-78-07 при урожайности 1,05 и 1,09 т/га, у которых прибавка к стандарту составила 43,8 и 49,3 %. В зависимости от вида и сорта содержание сырого протеина в зерне варьировало от 22,2 до 36,27 %. Наибольшее содержание сырого протеина отмечено у люпина желтого сорта Булат. Диапазон содержания алкалоидов в семенах вариантов опыта от 0,052 до 0,310 %.*

***Ключевые слова:*** *люпин белый (Lupinus albus L.), узколистный (Lupinus angustifolius L.), желтый (Lupinus luteus L.), сорт, метеорологические условия, урожайность, качество зерновой продукции.*

***Для цитирования:*** *Пташник О. П., Кулинич Р. А., Лукашевич М. И. Оценка сортов и видов люпина (Lupinus L.) в условиях засушливого климата Крыма // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 193–201. EDN: PBHTAU.*

***For citation:*** *Ptashnik O.P., Kulinich R. A., Lukashevich M. I. Evaluation of lupine (Lupinus L.) varieties and species under arid climate of the Crimean Peninsula // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 193–201. EDN: PBHTAU.*

## Введение

Род *Lupinus* включает около 200 видов, принадлежащих к семейству Fabaceae, однако наиболее распространенными из них в России являются люпин белый, узколистный и желтый [1–2].

Семена люпина обладают такими желательными свойствами, как высокое содержание белка (35–40 %) и пищевых волокон (до 39 %), что позволяет его использовать в основном в качестве кормовой культуры [3]. В то же время, семенам разных видов люпина приписывают множество фармакологических свойств:

возможность снижать уровень холестерина и кровяное давление, способность регулировать уровень глюкозы в крови. Эти растения являются источником ценного растительного белка и других важных составляющих для питания человека [4]. В условиях быстрого роста населения планеты и спроса потребителей на социально важные продукты, растительные белковые ингредиенты набирают все большую популярность [5–6]. В мировом земледелии люпин выращивают в Австралии, Новой Зеландии, Польше, Германии и Белоруссии — в странах с благоприятными климатическими условиями для его произрастания [7–9].

Люпин – культура для Крыма нетрадиционная. Однако проведенные исследования по его интродукции в условия полуострова подтверждают возможность выращивания *Lupinus* L. в суходольных условиях Крыма [10]. Дефицит растительного белка постоянно поднимает проблему освоения и внедрения высокобелковых культур, адаптированных к конкретным условиям выращивания, поэтому данная сельскохозяйственная культура вызывает все больший научный и производственный интерес. Но для успешного возделывания люпина в регионе необходимы засухоустойчивые, высокоурожайные и скороспелые сорта, приспособленные к конкретным почвенно-климатическим условиям [11].

**Цель исследований** – сравнительная оценка сортов и сортообразцов трех видов люпина для выделения наиболее продуктивных генотипов в условиях степного Крыма.

## Материалы и методы исследований

Объект исследования – процесс формирования продуктивности сортов и селекционных номеров люпина в метеоусловиях степного Крыма и анализ качества зерновой продукции (сырой протеин – по Кьельдалю, ГОСТ 13496.4-2019, алкалоидность – метод Бойко Е.В., ГОСТ 12043-88).

Предмет исследований – сорта и сортообразцы люпина зернофуражного направления селекции ведущих научных учреждений России. В изучении находились: люпин белый (*Lupinus albus* L.) – сорта Мичуринский и Пилигрим и 9 селекционных номеров – СН-1022-09, СН-1677-10, СН-18-13, СН-78-16, СН-40-15, СН-8-12, СН-54-08 СН-17-14, СН-35-13. Стандарт – сорт Мичуринский. Люпин узколистный (*Lupinus angustifolius* L.) – пять сортов: Витязь, Брянский кормовой, Белорозовый 144, Орловский сидерат, Орловский и селекционный номер СН-78-07, стандарт – сорт Витязь. Один сорт люпина желтого (*Lupinus luteus* L.) – Булат. Исследования проводили в 2019–2021 гг. в научном севообороте отделения полевых культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (с. Клепинино, Красногвардейский район, Республика Крым).

Почвенный покров опытного участка – чернозем южный маломощный карбонатный с содержанием гумуса в пахотном слое 2,26 % (ГОСТ 26213-84). На 100 г абсолютно сухой почвы приходится: азота – 3,0–4,0 мг (ГОСТ Р58596-2019), подвижного фосфора – 4,6–6,0 мг и калия – 32–36 мг (ГОСТ 26205-91) [12].

Климат степного Крыма умеренно-континентальный при среднегодовой температуре воздуха 9,8–11,4 °С. Сумма эффективных температур (выше 10 °С) составляет 3100–3500 °С. Годовая сумма осадков 316–466 мм, из них в период с температурой выше 10 °С – 192–235 мм. Максимум осадков выпадает в июле (57 мм), минимум в феврале–марте (26 мм) [13].

При закладке полевого опыта соблюдали существующие методические рекомендации и методику полевого опыта [14, 15]. Площадь учетных делянок 25 м$^2$, повторность четырехкратная. Размещение делянок в опытах систематическое со смещением. Предшественник – пшеница озимая. Посев культуры проводили при

прогревании слоя почвы 0–10 см до 6–7 °С, в 2019 г. – 21 марта, 2020 г. – 16 марта и 2021 г. – 01 апреля.

Способ посева – сплошной рядовой с междурядьями 15 см при нормах высева по культурам: люпин белый – 1,0 млн шт. всхожих семян на 1 га, люпин узколистный и желтый – по 1,2 млн шт./га.

Для проведения учетов и наблюдений в опыте использовали методику Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [16]. При математической обработке результатов исследований использовали метод однофакторного дисперисонного анализа по Б. А. Доспехову [15]. Для характеристики метеоусловий использовали материалы наблюдений метеостанции с. Клепинино (Красногвардейский район, Республика Крым).

Метеорологические показатели в годы проведения исследований отличались от средних многолетних данных, как по температурному режиму, так и по количеству выпадавших осадков (таблица 1). В сравнении со среднемноголетними данными в 2019 г. в начале вегетации наблюдали дефицит осадков в сочетании с пониженным температурным режимом. Осадки (27,1 мм), способствовавшие получению дружных всходов люпина, выпали только во второй декаде апреля. А те, что выпали в конце мая и начале июня (232,5 % нормы), оказали влияние на рост и увеличение продуктивности растений люпина. Всего за период вегетации люпина в 2019 году сумма осадков составила 239,8 мм (131,0 % нормы). Сумма эффективных температур (выше 5 °С) была на уровне 2256,4 °С, что на 279,5 °С выше среднемноголетнего показателя.

**Таблица 1 – Погодные условия проведения исследований**

| Год | март | апрель | | | май | | | июнь | | | июль | | | Сумма |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | I | II | III | |
| Среднедекадная температура воздуха, °С | | | | | | | | | | | | | | |
| 2019 | 5,8 | 8,2 | 9,1 | 12,4 | 19,9 | 18,4 | 20,7 | 23,0 | 25,1 | 23,5 | 23,3 | 21,1 | 24,8 | 2256,4 |
| 2020 | 7,4 | 7,0 | 10,1 | 10,7 | 14,3 | 16,9 | 14,7 | 20,5 | 21,9 | 23,8 | 26,6 | 23,0 | 24,0 | 2229,0 |
| 2021 | 3,3 | 7,0 | 9,7 | 10,8 | 14,8 | 16,1 | 18,8 | 17,0 | 20,6 | 23,8 | 24,0 | 27,0 | 25,0 | 2166,8 |
| Средне-многолетнее | 6,0 | 8,8 | 9,6 | 11,7 | 13,7 | 16,1 | 17,1 | 18,9 | 19,5 | 21,1 | 21,6 | 22,6 | 22,5 | 1976,9 |
| Декадная сумма осадков, мм | | | | | | | | | | | | | | |
| 2019 | 1,6 | 0,1 | 27,1 | 0,0 | 1,1 | 11,5 | 11,3 | 79,4 | 0,6 | 39,6 | 12,3 | 18,2 | 37,0 | 239,8 |
| 2020 | 0,5 | 0,0 | 16,8 | 0,0 | 11,0 | 0,0 | 14,0 | 0,0 | 58,0 | 26,0 | 0,0 | 0,3 | 34,0 | 160,6 |
| 2021 | 18,9 | 13,0 | 10,6 | 0,7 | 2,4 | 2,6 | 45,9 | 35,2 | 76,2 | 20,2 | 31,2 | 3,3 | 7,0 | 267,2 |
| Средне-многолетнее | 10,0 | 6,0 | 10,0 | 12,0 | 15,0 | 8,0 | 19,0 | 20,0 | 24,0 | 15,0 | 19,0 | 12,0 | 13,0 | 183,0 |

Сезон 2020 г. по влагообеспеченности характеризовался как засушливый (ГТК был на уровне 0,79). Начиная с самого начала своего развития растения люпина ощущали недостаток влаги. Осадки выпадали локальные и небольшие, хотя сумма их была достаточная для нормального развития растений. Фазы развития культуры бутонизация и цветение проходили еще и при повышенном температурном режиме воздуха. В мае температура воздуха была выше среднемноголетних показателей на 1,1–1,7 °С. В отдельные дни дневная температура превышала 30 °С. Выпавшие осадки во второй и третьей декадах июня существенной роли в формировании урожая не сыграли, так как он был уже полностью сформирован. Исключение составлял лишь люпин узколистный. На растениях *L. angustifolius* отмечали израстание растений – нарастание вегетирующей массы и образование новых цветков.

В 2021 г. погодные условия в целом складывались довольно благоприятно. Достаточное количество осадков на первой стадии развития культуры – 13,0 и 10,6 мм

и умеренная температура (на уровне среднемноголетней) способствовали своевременному получению всходов (через десять дней после посева) и хорошему их развитию. Однако дефицит осадков за период конец апреля – вторая декада мая (всего 16,3 % нормы) отрицательно сказалось на дальнейшем развитии. Растения выживали благодаря влагозапасам почвы и умеренной температуры воздуха. Обильные осадки за период третья декада мая и до конца вегетации люпина (третья декада июля) – 208,7 мм или 215,2 % нормы улучшили состояние посевов. Однако, обильные осадки в период начало созревания (конец июня – начало июля) способствовали израстанию культуры, что повлияло на увеличение продолжительности вегетационного периода и в конечном итоге на урожайность (недобор урожая за счет неравномерного созревания).

## Результаты и их обсуждение

При выращивании любой сельскохозяйственной культуры основным показателем эффективности ее производства является урожайность. При изучении культуры люпин нами отмечено, что урожайность семян зависела как от вида, так и от сорта. Немаловажную роль сыграли и метеорологические условия года. Самая низкая урожайность люпина была в 2020 г. В зависимости от вида и сорта урожайность семян была на уровне 0,10–0,48 т/га (таблица 2).

**Таблица 2 – Урожайность семян сортов и сортообразцов люпина**

| Сорт, сортообразец | Урожайность семян, т/га | | | | Отклонение от стандарта, +/- (среднее) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2019 г. | 2020 г. | 2021 г. | средняя | т/га | % |
| Люпин белый (*Lupinus albus* L.) | | | | | | |
| Мичуринский (St.) | 1,53 | 0,12 | 0,98 | 0,88 | - | - |
| Пилигрим | 1,66 | 0,10 | 1,26 | 1,01 | 0,13 | 14,8 |
| СН-1022-09 | 1,65 | 0,10 | 1,17 | 0,97 | 0,09 | 10,2 |
| СН-1677-10 | 1,73 | 0,18 | 1,07 | 0,99 | 0,11 | 12,5 |
| СН-18-13 | 1,60 | 0,13 | 1,11 | 0,95 | 0,07 | 7,9 |
| СН-78-16 | 1,74 | 0,13 | 1,12 | 1,00 | 0,11 | 12,5 |
| СН-40-15 | 1,61 | 0,13 | 1,20 | 0,98 | 0,10 | 11,4 |
| СН-8-12 | 1,62 | 0,10 | 1,11 | 0,94 | 0,06 | 6,8 |
| СН-54-08 | 1,44 | 0,15 | 1,41 | 1,00 | 0,12 | 13,6 |
| СН-17-14 | 1,64 | 0,13 | 1,48 | 1,08 | 0,20 | 22,7 |
| СН-35-13 | 1,77 | 0,13 | 1,48 | 1,13 | 0,25 | 28,4 |
| Среднесортовая | 1,49 | 0,12 | 1,22 | 0,99 | | |
| $НСР_{05}$ | 0,21 | 0,03 | 0,34 | 0,19 | | |
| Люпин узколистный (*Lupinus angustifolius* L.) | | | | | | |
| Витязь (St.) | 0,83 | 0,20 | 1,16 | 0,73 | - | - |
| Брянский кормовой | 0,95 | 0,28 | 1,48 | 0,90 | 0,17 | 23,3 |
| Белорозовый 144 | 1,64 | 0,40 | 1,12 | 1,05 | 0,32 | 43,8 |
| СН-78-07 | 1,52 | 0,35 | 1,40 | 1,09 | 0,36 | 49,3 |
| Орловский сидерат | 1,13 | 0,48 | 1,32 | 0,98 | 0,25 | 34,2 |
| Орловский | 0,99 | 0,23 | 1,20 | 0,81 | 0,08 | 10,9 |
| Среднесортовая | 1,18 | 0,32 | 1,28 | 0,93 | | |
| $НСР_{05}$ | 0,36 | 0,19 | 0,32 | 0,29 | | |
| Люпин желтый (*Lupinus luteus* L.) | | | | | | |
| Булат | 0,72 | 0,15 | 1,50 | 0,79 | - | - |

Наибольшая урожайность сформировалась в 2019 г., диапазон которой составил 1,18–1,74 т/га. В этот год наблюдали большое преимущество по урожайности люпина белого по сравнению с другими видами (среднесортовая

урожайность выше в 1,26 раза, чем у люпина узколистного и 2,07 раза – люпина желтого).

В среднем за годы исследований урожайность семян сортов и сортообразцов люпина белого варьировала от 0,88 до 1,13 т/га. Максимальную урожайность обеспечил селекционный номер СН-35-13, что в 1,28 раза выше, чем у стандартного сорта Мичуринский. Также высокая урожайность зафиксирована и у селекционного номера СН-17-14 – 1,08 т/га, прибавка к стандарту составила 22,7 %.

Урожайность семян люпина узколистного варьировала от 0,73 до 1,09 т/га. Два образца, сорт Белорозовый 144 и селекционный номер СН-78-07 значительно превысили по урожайности стандартный сорт Витязь (на 43,8–49,3 %). Средняя урожайность семян люпина желтого сорта Булат составила 0,79 т/га. При сравнительной оценке среднесортовой урожайности видов люпина установлено, что сортообразцы белого более урожайные (по сравнению с узколистным в 1,06 раза, желтым – 1,25).

Анализ снопового материала показал, что за годы исследований наибольшая масса семян с одного растения получена у образцов люпина белого СН-40-15 и СН-18-13, что составило 3,65 и 3,69 г соответственно. Среднесортовой показатель был на уровне 3,07 г (таблица 3). У люпина узколистного и желтого величина этого показателя составила 0,22 г и 1,85 г, что на 7,2 % и 60,2 % ниже чем у белого. Масса 1000 семян у *L. albus* находилась на уровне 130–188 г, узколистного – 81–110 г, желтого – 86 г. Семена *L. angustifolius* и *L. luteus* в 1,60 и 1,71 раза мельче семян белого люпина.

**Таблица 3 – Показатели продуктивности и качества зерновой продукции люпина (среднее за 2019–2021 гг.)**

| Сорт, сортономер | Масса семян с растения, г | Масса 1000 семян, г | Урожайность, т/га | Содержание в семенах, % | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | протеина | жира | алкалоидов |
| Люпин белый (*Lupinus albus* L.) | | | | | | |
| Мичуринский (St.) | 2,41 | 168 | 0,88 | 22,2 | 7,13 | 0,061 |
| Пилигрим | 3,04 | 174 | 1,01 | 24,04 | 7,05 | 0,067 |
| СН-1022-09 | 2,81 | 161 | 0,97 | 24,28 | 7,51 | 0,096 |
| СН-1677-10 | 3,10 | 188 | 0,99 | 24,54 | 7,61 | 0,099 |
| СН-18-13 | 3,69 | 164 | 0,95 | 24,68 | 7,58 | 0,089 |
| СН-78-16 | 2,39 | 161 | 1,00 | 23,63 | 7,42 | 0,153 |
| СН-40-15 | 3,65 | 178 | 0,98 | 26,13 | 7,41 | 0,193 |
| СН-8-12 | 3,64 | 176 | 0,94 | 24,17 | 7,22 | 0,081 |
| СН-54-08 | 2,93 | 169 | 1,00 | 24,63 | 7,18 | 0,142 |
| СН-17-14 | 3,12 | 153 | 1,08 | 22,78 | 7,42 | 0,087 |
| СН-35-13 | 2,95 | 130 | 0,81 | 25,91 | 7,37 | 0,266 |
| Среднесортовая | 3,07 | 166 | 0,99 | 24,09 | | |
| $НСР_{05}$ | 0,68 | 2,45 | 0,19 | | | |
| Люпин узколистный (*Lupinus angustifolius* L.) | | | | | | |
| Витязь (St.) | 1,81 | 81 | 0,73 | 29,00 | 2,45 | 0,052 |
| Брянский кормовой | 3,17 | 110 | 0,90 | 29,26 | 2,18 | 0,088 |
| Белорозовый144 | 2,53 | 103 | 1,05 | 25,50 | 2,57 | 0,037 |
| СН-78-07 | 2,83 | 88 | 1,09 | 28,53 | 2,39 | 0,070 |
| Орловский сидерат | 3,13 | 91 | 0,98 | 25,18 | 2,10 | 0,310 |
| Орловский | 3,62 | 102 | 0,81 | 24,35 | 2,38 | 0,214 |
| Среднесортовая | 2,85 | 96 | 0,93 | 26,97 | | |
| $НСР_{05}$ | 0,76 | 2,00 | 0,29 | | | |
| Люпин желтый (*Lupinus luteus* L.) | | | | | | |
| Булат | 1,22 | 86 | 0,80 | 36,27 | - | 0,048 |

При выращивании культуры на кормовые цели большое значение имеет качество получаемых кормов, а именно содержание сырого протеина и жира [17]. Содержание сырого протеина в семенах люпинов варьировало от 22,2 до 36,27 %. Наибольшее его количество отмечено у люпина желтого. Среднесортовой показатель у люпина узколистного находился на уровне 26,97 %, у белого – 24,09 %, что на 2,88 % ниже, чем у узколистного и на 12,18 % чем у желтого. Наибольшее содержание сырого жира выявлено у люпина белого (7,05 % у сорта Пилигрим и 7,61 % у образца СН-1677-10).

Все виды люпина содержат в семенах и зеленой массе физиологически активные вещества – алкалоиды. Предельный уровень алкалоидности для кормовых сортов – до 0,3 % в зерне в расчете на сухое вещество [18]. В наших исследованиях количественное содержание алкалоидов в семенах было на уровне 0,052–0,310 %, и наибольшее количество отмечено у люпина узколистного сорта Орловский сидерат.

**Выводы**

В почвенно-климатических условиях степного Крыма выделены наиболее продуктивные сортообразцы люпина белого — СН-17-14 и СН-35-13, с урожайностью семян 1,08 и 1,13 т/га. Прибавка урожая по отношению к стандартному сорту Мичуринский составила 0,20–0,24 т/га, или 22,7–28,4 %. Из сортов люпина узколистного выделились сорт Белорозовый 144 и сортообразец СН-78-07 с урожайностью 1,05 и 1,09 т/га (прибавка к стандарту сорт Витязь 0,32 и 0,36 т/га). Содержание сырого протеина в семенах люпина варьировало от 22,2 до 36,27 %, сырого жира – 2,10–7,61 %, содержание алкалоидов составило 0,052–0,310 %.

В результате комплексной оценки сортов и сортообразцов люпина белого, узколистного и желтого по параметрам продуктивности выявлено преимущество белого. Его среднесортовая урожайность – 0,99 т/га, что на 15 и 21 % выше по сравнению с узколистным и желтым. Также люпин белый превосходит другие виды люпина по содержанию сырого жира в семенах. Семена сортообразцов СН-1677-10 и СН-18-13 содержали 7,61 и 7,58 % жира. Наибольшее количество сырого протеина отмечено у люпина желтого.

**Литература**

1. Guilengue N., Alves S., Talhinhas P., Neves-Martins J. Genetic and genomic diversity in a Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) germplasm collection and adaptability to Mediterranean climate conditions // Agronomy. 2020. Vol. 10. No.1. Art. No. 21. DOI: 10.3390/agronomy10010021.

2. Дубинкина Е. А., Беляев Н. Н. Люпин белый и люпин узколистный в условиях Тамбовской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 1(25). С. 103–106.

3. Tahmasian A., Broadbent J.A., Juhász A., Nye-Wood M., Le T.T., Bose U., Colgrave M.L. Evaluation of protein extraction methods for in-depth proteome analysis of narrow-leafed lupin (*Lupinus angustifolius*) seeds // Food Chemistry. 2022. Vol. 367. Art. No. 130722. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130722.

4. Arnoldi A., Boschin G., Zanoni C., Lammi C. The health benefits of sweet lupin seed flours and isolated proteins // Journal of Functional Foods. 2015. Vol. 18. P. 550–563. DOI: 1016/j.jff.2015.08.012.

5. Родионова Н. С., Щетилина И. П., Короткова К. Г., Шолин В. А., Черкасова Н. С., Торосян А. О. Перспективы применения зернобобовых в инновационных технологиях функциональных продуктов питания // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 3. С. 153–163. DOI: 10.20914/2310-1202-2020-3-153-163.

6. Niewiadomska A., Sulewska H., Wolna-Maruwka A., Ratajczak K., Waraczewska Z., Budka A. The influence of bio-stimulants and foliar fertilizers on yield, plant features, and the level of soil biochemical activity in white lupine (*Lupinus albus* L.) cultivation // Agronomy. 2020. Vol. 10. Art. No. 150. DOI: 10.3390/agronomy10010150.

7. Kubiś M., Kaczmarek S.A., Nowaczewski S., Adamski M., Hejdysz M., Rutkowski A. Influence of graded inclusion of white lupin (*Lupinus albus*) meal on performance, nutrient digestibility and ileal viscosity of laying hens // British Poultry Science. 2018. Vol. 59(4). P. 477–484. DOI: 10.1080/00071668.2018.1459041.

8. Beyene G., Ameha N., Urge M., Estifanos A. Replacing soybean meal with processed lupin (*Lupinus albus*) meal as poultry layers feed // Livestock Research for Rural Development. 2014. Vol. 26(11). P. 204.

9. Laudadio V., Tufarelli V. Influence of substituting dietary soybean meal for dehulled-micronized lupin (*Lupinus albus* cv. Multitalia) on early phase laying hens production and egg quality // Livestock Science. 2011. Vol. 140(1-3). P. 184–188. DOI: 10.1016/j.livsci.2011.03.029.

10. Пташник О.П. Изучение продуктивности и качества зерна сортов и сортообразцов люпина белого (*Lupinus albus* L.) // Таврический вестник аграрной науки. 2021. №3(27). С. 155–163. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-155-163.

11. Блинник А. С., Демидова А. Г., Наумкина Л. А., Куренская О. Ю., Лукашевич М. И. Результаты испытания новых сортов и образцов люпина белого в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 51–56. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3- 51-56.

12. Половицкий И. Я., Гусев П. Г. Почвы Крыма и повышение их плодородия. Симферополь: Таврия, 1987. 152с.

13. Гусев П. Г., Кизяков Ю. Е., Белоглазова Е. А. Почвенно-климатические ресурсы Крыма // Научно обоснованная система земледелия Республики Крым. Симферополь: Редотдел Крымского комитета по печати, 1994. С. 25–40.

14. Такунов И. П., Слесарева Т. Н., Лукашевич М. И., Агеева П. А., Руцкая В. И., Пимохова Л. И., Мисникова Н. В., Новиков М. Н. Перспективная ресурсосберегающая технология возделывания люпина: научно-практические рекомендации. Брянск: ВНИИ люпина, 2017.74 с.

15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351с

16. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. М: Колос, 1985. 270 с.

17. Наумкин В. Н., Наумкина Л. А., Куренская О. Ю., Лукашевич М. И., Агеева П. А. Оценка сортов люпина по урожайности и качеству семян, адаптивности и устойчивости растений к засухе // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 1(21). С. 132–140.

18. Андрианова Е. Н., Егорова И. А., Григорьева Е. Н., Шевяков А. Н., Пронин В. В. Люпин в кормлении кур-несушек родительского стада // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 2. С. 326–336. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.2.326rus.

## References

1. Guilengue N., Alves S., Talhinhas P., Neves-Martins J. Genetic and genomic diversity in a Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) germplasm collection and adaptability to Mediterranean climate conditions // Agronomy. 2020. Vol. 10. No.1. Art. No. 21. DOI: 10.3390/agronomy10010021.

2. Dubinkina E. A., Belyaev N. N. White lupine and blue lupine in conditions of Tambov region // Legumes and Groat Crops. 2018. No. 1(25). P. 103–106.

3. Tahmasian A., Broadbent J.A., Juhász A., Nye-Wood M., Le T.T., Bose U., Colgrave M.L. Evaluation of protein extraction methods for in-depth proteome analysis of narrow-leafed lupin (*Lupinus angustifolius*) seeds // Food Chemistry. 2022. Vol. 367. Art. No. 130722. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130722

4. Arnoldi A., Boschin G., Zanoni C., Lammi C. The health benefits of sweet lupin seed flours and isolated proteins // Journal of Functional Foods. 2015. Vol. 18. P. 550–563. DOI: 10.1016/j.jff.2015.08.012.

5. Rodionova N. S., Shchetilina I. P., Korotkova K. G., Sholin V. A., Cherkasova N. S., Torosyan A. O. Prospects for the use of pulses in innovative technologies for functional food products // Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2020. Vol. 82. No. 3. P. 153–163. DOI: 10.20914/2310-1202-2020-3-153-163

6. Niewiadomska A., Sulewska H., Wolna-Maruwka A., Ratajczak K., Waraczewska Z., Budka A. The influence of bio-stimulants and foliar fertilizers on yield, plant features, and the level of soil biochemical activity in white lupine (*Lupinus albus* L.) cultivation // Agronomy. 2020. Vol. 10. Art. No. 150. DOI: 10.3390/agronomy10010150.

7. Kubiś M., Kaczmarek S. A., Nowaczewski S., Adamski M., Hejdysz M., Rutkowski A. Influence of graded inclusion of white lupin (*Lupinus albus*) meal on performance, nutrient digestibility and ileal viscosity of laying hens // British Poultry Science. 2018. Vol. 59(4). P. 477–484. DOI: 10.1080/00071668.2018.1459041.

8. Beyene G., Ameha N., Urge M., Estifanos A. Replacing soybean meal with processed lupin (*Lupinus albus*) meal as poultry layers feed // Livestock Research for Rural Development. 2014. Vol. 26(11). P. 204.

9. Laudadio V., Tufarelli V. Influence of substituting dietary soybean meal for dehulled-micronized lupin (*Lupinus albus* cv. Multitalia) on early phase laying hens production and egg quality // Livestock Science. 2011. Vol. 140(1-3). P. 184-188 DOI: 10.1016/j.livsci.2011.03.029.

10. Ptashnik O. P. Yield and grain quality of varieties and cultivars of white lupine (*Lupinus albus* L.) // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 3(27). P. 155-163. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-155-163.

11. Blinnik A. S., Demidova A. G., Naumkina L. A., Kurenskaya O. Yu., Lukashevich M. I. The testing results of the new white lupine varieties and samples in the forest-steppe conditions of the Central Black Earth Region // Grain Economy of Russia. 2021. No. 3(75). P. 51–56. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-51-56.

12. Polovitsky I. Ya. Gusev P. G. Soils of the Crimea and increasing their fertility. Simferopol: Tauria, 1987. 152 p.

13. Gusev P. G., Kizyakov Yu. E., Beloglazova E. A. Soil-climatic resources of the Crimea // Scientifically substantiated system of agriculture of the Republic of Crimea. Simferopol: Editorial Department of the Crimean Press Committee, 1994. P. 25–40.

14. Takunov I. P., Slesareva T. N., Lukashevich M. I., Ageeva P. A., Rutskaya V.I., Pimokhova L. I., Misnikova N. V., Novikov M. N. Promising resource-saving technology of cultivation of lupin: scientific and practical recommendations. Bryansk: Federal State Budget Scientific Establishment Russian Lupin Research Institute, 2017. 74 p.

15. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

16. Methods of State variety testing of agricultural crops. Vol. 1. Moscow: Kolos, 1985. 270 p.

17. Naumkin V.N., Naumkina L. A., Kurenskaya O. Yu., Lukashevich M. I., Ageeva P.A. Evaluation of lupine varieties for yield and seed quality, adaptability and plant resistance to drought // Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives. 2019. No. 1(21). P. 132-–140.

18. Andrianova E. N., Egorov I. A., Grigoryeva E. N., Shevyakov A. N., Pronin V. V. Lupine is applicable in diets for layer chickens of parental flock // Sel'skokhozyaistvennaya Biologia [Agricultural Biology]. 2019. Vol. 54. No. 2. P. 326–336 DOI: 10.15389/agrobiology.2019.2.326rus.

UDC 633.367: 631.52

Ptashnik O. P., Kulinich R. A., Lukashevich M. I.

## EVALUATION OF LUPINE (*LUPINUS* L.) VARIETIES AND SPECIES UNDER ARID CLIMATE OF THE CRIMEAN PENINSULA

***Summary.*** *Studies of lupine under conditions of the Crimean Peninsula is essential to address the issues of protein deficiency. This research aimed to assess and compare varieties and species of three types of lupine (Lupinus L.) in order to identify the most productive genotypes in contrasting hydrothermal conditions of the Crimean steppe. Field studies were carried out in 2019–2021 on the experimental plot of the Field Crops Department of the Research Institute of Agriculture of Crimea (village of Klepinino Krasnogvardeisky district Republic of Crimea). Soil – chernozem southern calcareous. Field experiments and statistical data processing were carried out in full compliance with B.A. Dospekhov "Methods of Field Research". The highest seed yield was obtained in 2019. It was provided by white lupine breeding numbers 'CH-35-13' (1.77 t/ha) and 'CH-78-16' (1.74 t/ha); they exceeded standard variety by 0.24 and 0.21 t/ha, respectively. The lowest yield was observed in 2020 – the average seed yield of L. albus was 0.12 t/ha; L. angustifolius – 0.19 t/ha; L. luteus – 0.15 t/ha. As a result of a comprehensive assessment of varieties and breeding numbers of white, narrow-leaved and yellow lupine in terms of productivity, the advantage of white lupine was revealed. Its average seed yield was at the level of 0.99 t/ha, which is 15 and 21% higher compared to Lupinus angustifolius and Lupinus luteus, respectively. On average, over three-year study, breeding numbers 'CH-17-14' and 'CH-35-13' were the most productive among the white lupine representatives; yield increase – 0.20–0.25 t/ha. The best ones among L. angustifolius were 'Belorozovy 144' and 'CH-78-07' (1.05 and 1.09 t/ha, respectively); yield increase – 43.8 and 49.3 %. Depending on the species and variety, the content of crude protein varied from 22.2 to 36.27 %. The highest content of crude protein was noted in yellow lupine plants (variety 'Bulat'). The range of alkaloid content in the seeds of the experimental variants was from 0.052 to 0.310 %.*

***Keywords:*** *white lupine (Lupinus albus L.), narrow-leaved lupine (Lupinus angustifolius L.), yellow lupine (Lupinus luteus L.), variety, meteorological conditions, yield, grain products quality.*

Пташник Ольга Павловна, старший научный сотрудник лаборатории семеноводства и изучения новых генотипов отдела интродукций и технологий в полеводстве и животноводстве ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: ptashnik_o@niishk.ru.

Кулинич Роман Алексеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией семеноводства и изучения новых генотипов отдела интродукций и технологий в полеводстве и животноводстве ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: kulinich_r@niishk.ru.

Лукашевич Михаил Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, руководитель направления селекции белого люпина, Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В. Р. Вильямса»; 241524, Россия, Брянская область, Брянский район, п. Мичуринский, Березовая ул, 2; e-mail: lupin_mail@mail.ru.

Ptashnik Olga Pavlovna, senior researcher, Laboratory of seed growing and strain investigation of new genotypes, Department of introductions and technologies in agriculture and livestock farming, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: ptashnik_o@niishk.ru.

Kulinich Roman Alekseevich, Cand. Sc. (Agr.), head of the Laboratory of seed growing and strain investigation of new genotypes, Department of introductions and technologies in agriculture and livestock farming, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: kulinich_r@niishk.ru.

Lukashevich Mikhail Ivanovich, Dr. Sc. (Agr.), head of the white lupine breeding sector, All-Russian Research Institute of Lupine – branch of the FSBSI “Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology”; 2, Berezovaya str., village of Michurinskiy, Bryansky district, Bryansk Oblast, 241524, Russia; e-mail: lupin_mail@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 14.05.2022.*
*Дата принятия к печати – 21.08.2022.*

УДК 633.11«324»:631.895:631.5
EDN RRKFCM

Семенюк О. В., Галушко Н. А.

# ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ «ПОЛИДОН АМИНО» НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО РЕГИОНА

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»

***Реферат.*** *На Юге России применение современных жидких комплексных удобрений (ЖКУ-препаратов) на основе физиологически активных веществ является широко применяемым элементом технологии возделывания озимой пшеницы. Цель исследований – установить влияние ЖКУ «Полидон Амино» (ПА) на урожайность и качество зерна озимой пшеницы. Работа выполнена в 2018–2020 гг. в ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Шпаковский район Ставропольского края. Почва – чернозем обыкновенный среднемощный слабогумусированный среднесуглинистый. Объект исследований – мягкая озимая пшеница сорта Багира. Срок сева и агротехника по паровому предшественнику оптимальные для зоны возделывания. Минеральное питание – нитроаммофоска под предпосевную культивацию общим фоном $N_{60}P_{60}K_{60}$. Площадь учетных делянок 24 м$^2$. Повторность опытов трехкратная. Схема опыта включала варианты: контроль (без применения ЖКУ); предпосевная обработка семян (ПА «Старт», 0,5 л/т); листовые обработки в фазах весеннего кущения (ПА NPK, 0,5 л/га) и молочно-восковой спелости (ПА Ca-B, 0,5 л/га). Установлено, в среднем за годы исследований применение удобрений «Полидон Амино» увеличивало урожайность озимой пшеницы на 10,1 ц/га (13,8 %). Максимальный урожай до 83,2 ц/га получен от применения ПА Ca-B в фазе молочно-восковой спелости. Достоверным увеличением урожайности озимой пшеницы к контролю по итогам 2020 г. отличались варианты с применением ПА «Старт» 0,5 л/т и ПА Ca-B 0,5 л/га – на 8,4 ц/га (11,2 %) и 9,3 ц/га (12,4 %) соответственно. По количеству клейковины и белка в зерне отмечены незначительные изменения между вариантами опыта в пределах 20,4–22,7 % и 11,9–13,2 % соответственно. Установлена тесная связь между фотосинтетической активностью растений и урожайностью зерна (r = 0,87), а также между содержанием хлорофилла в листьях растений и количеством клейковины – r = 0,86, количеством белка в зерне – r = 0,57, значением седиментации – r = 0,68, силой муки – r = 0,50.*

***Ключевые слова:*** *озимая пшеница (Triticum aestivum L.), жидкие комплексные удобрения, хлорофилл, урожайность, качество зерна.*

***Для цитирования:*** *Семенюк О. В., Галушко Н. А. Влияние препаратов «Полидон Амино» на продуктивность и качество озимой пшеницы в условиях Северо-Кавказского региона // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 202–211. EDN: RRKFCM.*

***For citation:*** *Semenyuk O. V., Galushko N. A. Effect of 'Polydon® Amino' preparations on the productivity and quality of winter wheat under conditions of the North Caucasus Region // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 202–211. EDN: RRKFCM.*

## Введение

Существует множество элементов технологий возделывания озимой пшеницы, повышающих ее продуктивность и стабилизирующих качество зерна [1–3]. Несмотря на достаточно высокие урожаи современных сортов и используемые технологические приемы, условия выращивания не всегда позволяют получить зерно высокого качества. Одним из решений этой проблемы является применение жидких

комплексных органоминеральных удобрений с физиологически активными веществами, обладающими рострегулирующими свойствами [4–7]. К таким препаратам относят ЖКУ «Полидон» российской компании «Полидон Агро» на основе аминокислот серии «Амино» с различными минеральными компонентами. Как и большинство современных жидких удобрений, аминокомплексные удобрения «Полидон» с успехом применяют на разных этапах роста и развития растений озимой пшеницы – от предпосевной обработки семян и на протяжении всего периода вегетации культуры, в результате чего появляется возможность регулировать физиологические процессы и целенаправленно воздействовать на продуктивность и качество зерна [8, 9].

**Цель исследований** – установить влияние препаратов «Полидон Амино» с различными минеральными компонентами на продукционный процесс, урожайность и качество зерна озимой пшеницы при обработке семян и вегетирующих растений в фазах кущения и молочно-восковой спелости.

## Материалы и методы исследований

Исследования проводили в ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» в 2018–2020 гг. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднемощный слабогумусированный среднесуглинистый. Содержание в пахотном слое гумуса (по Тюрину) – 3,55 %, подвижных форм $P_2O_5$ и $K_2O$ (по Мачигину) – 18 мг/кг и 214 мг/кг почвы соответственно. Климат зоны умеренно-континентальный, лето жаркое и сухое. Годовая сумма эффективных температур по многолетним данным составляет 3177,2 °С, среднегодовое количество осадков 559,6 мм, ГТК – 1,06. Объект исследований – районированный сорт озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) Багира селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Срок сева и агротехника по паровому предшественнику оптимальные для зоны возделывания [10]. Норма высева – 4,5 млн всхожих семян на 1 га. Под предпосевную культивацию вносили нитроаммофоску общим фоном – $N_{60}P_{60}K_{60}$. Площадь учетных делянок 24 м$^2$. Повторность опытов (полевая и лабораторная) – трехкратная. Схема опыта включала варианты: контроль (без применения ЖКУ), «Полидон Амино Старт», 0,5 л/т (предпосевная обработка семян), «Полидон Амино NPK», 0,5 л/га (листовая обработка в фазе весеннего кущения), «Полидон Амино Ca-B», 0,5 л/га (листовая обработка в фазе молочно-восковой спелости) (таблица 1).

**Таблица 1 – Характеристика ЖКУ «Полидон Амино»**

| Препарат | Описание препарата | Состав (масса/объём) | Оптимальная дозировка |
|---|---|---|---|
| «Полидон Амино Старт» | Макро-, мезо- и микроэлементный комплекс с аминокислотами и низкомолекулярными пептидами для начальных этапов вегетации | L-аминокислоты* и олигопептиды** – 200 г/л, N – 130 г/л, $P_2O_5$ –75 г/л, $K_2O$ – 25 г/л, MgO –15 г/л, Fe – 6 г/л, Mn, Zn, Cu, B – 3 г/л, Mo –1 г/л, Co – 0,05 г/л | 0,5–1,0 л/га при расходе рабочего раствора 100–300 л |
| «Полидон Амино NPK» | Антистрессовый состав азота и фосфита калия с высоким содержанием аминокислот и низкомолекулярных пептидов | L-аминокислоты* и олигопептиды** – 250 г/л, N – 100 г/л, $P_2O_5$ – 200 г/л, $K_2O$ –150 г/л | |
| «Полидон Амино Ca-B» | Состав с высоким содержанием аминокислот и низкомолекулярных пептидов в комплексе с кальцием и бором | L-аминокислоты* и олигопептиды** – 200 г/л, N – 25 г/л, CaO – 80 г/л, B –10 г/л | |

***Примечание.*** ** аланин, аргинин, аспарагин, валин, глутамин, глицин, гистидин, гидрооксипролин, пролин, лейцин, изолейцин, лизин, метионин, серин, треонин, триптофан, тирозин, дийодтирозин, фенилаланин, цистеин; ** олигопептиды – ди/три-пептиды.*

В растительных образцах содержание хлорофиллов определяли в фазе колошения культуры по методике Я. П. Милаевой и И. П. Примак [11]. Выделение навесок для анализа качества зерна проводили по ГОСТ 12036. Количество и качество сырой клейковины определяли по ГОСТ 54478-2011, качество сырой клейковины определяли на приборе ИДК-3, содержание белка – по ГОСТ 10846-91, седиментацию – по методу Пумпянского [12], силу муки на альвеографе Шопена. Статистическую обработку данных проводили методами дисперсионного и корреляционного анализов по Б. А. Доспехову [13] с использованием надстройки AgCStat для Excel.

Метеорологические условия в годы проведения исследований в целом включали все лимитирующие факторы среды (неравномерное выпадение осадков, повышенные температуры воздуха, засухи), распространенные в Северо-Кавказском регионе [14].

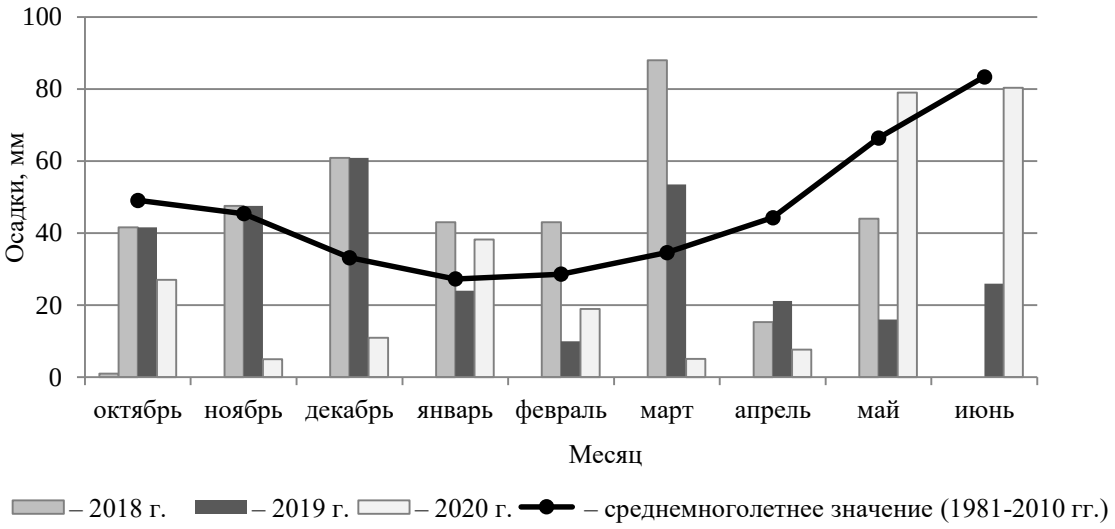



**Рисунок 1 – Влагообеспеченность вегетационных периодов в годы исследований**

Характерной особенностью зоны проведения исследований является дефицит осадков в летнее-осенний период на фоне повышения температур воздуха (рисунок 1, 2). Поздняя осень и ранняя весна, как правило, протекают при достаточном уровне увлажнения и температурном режиме близком к оптимальному. Первый сельскохозяйственный год исследований (2017/2018) характеризовался засушливым летне-осенним периодом и существенным недостатком осадков к началу апреля (65 % от нормы). В мае недобор осадков составил 34 %, а в июне осадки не выпадали. В апреле, мае и июне 2019 г. наблюдалась двухмесячная засуха, от климатической нормы выпало соответственно 47,9 %, 24,1 % и 31,2 % осадков. В 2018 и 2019 гг. суммарное количество осадков за год на 30,2–136,1 мм было соответственно меньше среднемноголетнего уровня. Кроме того, летние месяцы за весь период исследований характеризовались повышением температуры воздуха относительно среднемноголетних значений, что оказывало негативное влияние на фотосинтетические процессы и отразилось на формировании продуктивности и качества зерна озимой пшеницы.

Недостаток влаги отмечен и в 2020 г. в марте и апреле, когда выпало соответственно 14,7 % и 17,4 % от климатической нормы. В 2020 г. среднемесячная температура вегетационного периода была выше на 2,2 °С, при этом осадков выпало

меньше среднемноголетнего значения на 130,4 мм. Скудные и неравномерные осадки приводили к периодическим засухам.

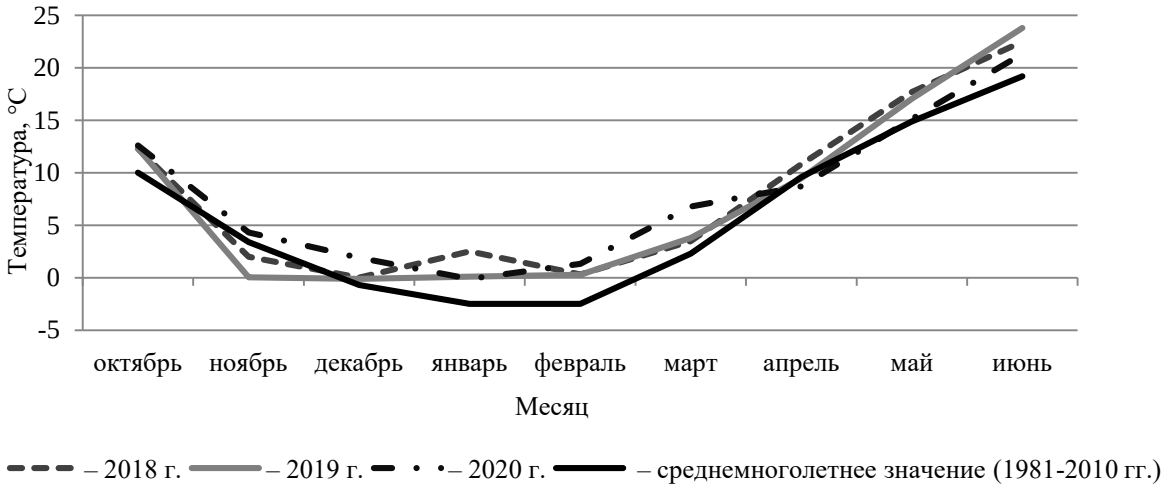



**Рисунок 2 – Температурный режим вегетационных периодов**

## Результаты и их обсуждение

Главным фактором высокой продуктивности озимой пшеницы является величина и продолжительность работы ассимиляционного аппарата. Именно концентрация хлорофиллов в листьях на стадиях колошения и налива влияет на ассимиляцию углерода и синтез пластических веществ для формирования зерновой продуктивности пшеницы [15].

Нами установлено, что эффективно работающий фотосинтетический аппарат является основным инструментом, регулирующим биологическую продуктивность растений в определенных условиях произрастания, что коррелирует с урожаем зерна (таблица 2).

**Таблица 2 – Влияние препаратов на содержание хлорофилла (*a+b*) в листьях озимой пшеницы в фазе колошения**

| Вариант | Количество хлорофилла, мл/г сухой массы | | | | ($C_V$), % |
|---|---|---|---|---|---|
| | 2018 г. | 2019 г. | 2020 г. | среднее | |
| Контроль (без применения ЖКУ) | 6,45 | 5,47 | 6,44 | 6,12 | 9 |
| Предпосевная обработка семян («ПА Старт», 0,5 л/т); | 6,78 | 6,96 | 6,24 | 6,66 | 6 |
| Листовая обработка в фазе весеннего кущения («ПА NPK», 0,5 л/га) | 7,22 | 6,44 | 4,87 | 6,18 | 19 |
| Листовая обработка в фазе молочно-восковая спелость («ПА Ca-B», 0,5 л/га) | 7,52 | 5,89 | 6,92 | 6,78 | 12 |
| Среднее | 7,17 | 6,43 | 6,01 | 6,54 | - |
| $НСР_{05}$ | 0,15 | 0,10 | 0,42 | - | - |

Физиологически активные вещества в составе аминокомплексов «Полидон» способствовали увеличению количества фотопигментов (хлорофиллов *a+b*) в листьях в фазе колошения несмотря на сложные погодные условия летних месяцев за весь период проведения исследований. Это указывает на способность препаратов увеличивать устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды, и в первую очередь к засухе. Так, максимальное значение количества хлорофилла (*a+b*) от применения аминокомплексов «Полидон» зафиксировано в 2018 г. – оно составило в

среднем 7,17 мг/г сухой массы, превысив контроль на 0,72 мг/г сухой массы (см. таблицу 2). В среднем по опытным вариантам количество хлорофиллов превосходило контроль в 2018 и 2019 гг. на 0,72–0,96 мг/г. Жесткая засуха в марте и апреле 2020 г. (см. рисунок 1) негативно повлияла на работу фотосинтетического аппарата растений озимой пшеницы. Применение аминокомплекса в фазе кущения способствовало активации ростовых процессов [7], но привело к снижению количества фотопигментов в листьях до 4,87 мг/г сухого вещества.

Низкое содержание зеленых пигментов (суммы хлорофиллов *a*+*b*) обусловлено периодическими и продолжительными засухами во время исследований. Увеличение количества хлорофилла в листьях пшеницы под влиянием препаратов «Полидон Амино NPK» привело к возрастанию изменчивости признака ($C_V$) до средних значений (12 %).

Применение аминокомплексов «Полидон» способствовало росту урожайности озимой пшеницы по годам от 3,5 ц/га до 6,0 ц/га (таблица 3). Подобное увеличение урожайности отмечено и в исследованиях других авторов [8, 9].

**Таблица 3 – Влияние препаратов на урожайность зерна озимой пшеницы**

| Вариант | Биологическая урожайность, ц/га* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2018 г. | 2019 г. | 2020 г. | среднее | ± к контролю | ($C_V$), % |
| Контроль (без применения ЖКУ) | 71,9 | 72,6 | 74,7 | 73,1 | - | 2 |
| Предпосевная обработка семян («ПА Старт», 0,5 л/т) | 72,9 | 74,4 | 83,1 | 76,8 | +3,7 | 7 |
| Листовая обработка в фазе весеннего кущения («ПА NPK», 0,5 л/га) | 73,9 | 75,3 | 76,0 | 75,1 | +2,0 | 1 |
| Листовая обработка в фазе молочно-восковая спелость («ПА Ca-B», 0,5 л/га) | 80,1 | 85,6 | 84,0 | 83,2 | +10,1 | 5 |
| Среднее | 75,4 | 78,1 | 80,7 | 78,0 | +4,9 | |
| $НСР_{05}$ | 6,1 | 6,6 | 6,4 | | | |

***Примечание.** * биологическую урожайность определяли на корню при наступлении восковой спелости зерна перед началом уборки.*

Максимальное увеличение урожайности по вариантам опыта в среднем за годы исследований зафиксировано при обработке растений препаратом «Полидон Амино Ca-B». Разница к контролю составила 10,1 ц/га (13,8 %). По вариантам «Полидон Амино NPK» и «Полидон Амино Старт» увеличение урожайности было не существенным. В среднем превышение составило 2,0–3,7 ц/га или 2,7–5,1 %. Изменчивость значений урожайности ($C_V$) по вариантам в годы исследований была незначительной (2–7 %).

Из литературных источников известно о влиянии препаратов, содержащих аминокомплексы с различными минеральными компонентами, на продукционный процесс [3, 5, 8, 9]. Нами установлено комплексное действие препарата «Полидон Амино Ca-B», применяемого в фазе молочно-восковой спелости озимой пшеницы на формирование продуктивности. Отмечено увеличение биомассы снопа с учетной площади на 117,7 г/м$^2$ (11,8 %) и массы зерна на 59,6 г/м$^2$ (8,2 %) относительно контроля. Препарат способствовал достоверному увеличению массы зерна с одного колоса на 0,11 г и массы 1000 зерен на 2,43 г относительно контроля (таблица 4).

Листовая обработка в фазе весеннего кущения препаратом «Полидон Амино NPK» приводила к увеличению массы снопа на 93,7 г/м$^2$ (6,2 %), однако условия налива зерна с преобладанием воздушной засухи отрицательно сказались на зерновой продуктивности. Разница в урожае зерна с контролем составила 11,4 г/м$^2$ (1,6 %).

**Таблица 4 – Влияние препаратов «Полидон Амино» на элементы продуктивности озимой пшеницы (среднее за 2018–2020 гг.)**

| Вариант | Продуктивный стеблестой, шт./м$^2$ | Масса снопа с 1 м$^2$ в полную спелость, г | Масса зерна с 1 м$^2$, г | Озернённость колоса, шт. | Масса зерна с 1 колоса, г | Масса 1000 зерен, г |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Контроль (без применения ЖКУ) | 687,0 | 1511,0 | 726,7 | 26,0 | 1,05 | 39,26 |
| Предпосевная обработка семян («ПА Старт», 0,5 л/т) | 692,0 | 1633,3 | 766,2 | 29,0 | 1,05 | 39,68 |
| Листовая обработка в фазе весеннего кущения («ПА NPK», 0,5 л/га) | 693,0 | 1604,7 | 738,1 | 28,0 | 1,07 | 40,62 |
| Листовая обработка в фазе молочно-восковая спелость («ПА Ca-B», 0,5 л/га) | 691,0 | 1688,7 | 786,3 | 26,0 | 1,16 | 41,69 |
| $НСР_{05}$ | 20,1 | 70,2 | 13,3 | 0,8 | 0,03 | 1,50 |

Влияние препаратов на формирование качества зерна пшеницы в годы исследований варьировало. Жесткие погодные условия вегетационных периодов (засухи и повышенные температуры воздуха) не позволили растениям адекватно реагировать на применение органоминеральных аминокомплексов. Важнейший классообразующий показатель качества – количество клейковины в зерне изменялся незначительно (20,4–22,7 %). По количеству белка ситуация аналогичная – (11,9–13,2 %) (таблица 5). Все выращенное зерно в годы исследований относится к IV классу качества.

**Таблица 5 – Влияние препаратов на качество зерна озимой пшеницы (среднее за 2018–2020 гг.)**

| Вариант | Содержание в зерне, % | | Седиментация, мл | Сила муки, W, ед. пр. |
|---|---|---|---|---|
| | клейковина | белок | | |
| Контроль (без применения ЖКУ) | 21,3 | 12,4 | 31,0 | 190,0 |
| Предпосевная обработка семян, («ПА Старт», 0,5 л/т) | 22,7 | 13,2 | 30,0 | 187,0 |
| Листовая обработка в фазе весеннего кущения («ПА NPK», 0,5 л/га) | 20,4 | 11,9 | 28,0 | 144,0 |
| Листовая обработка в фазе молочно-восковая спелость («ПА Ca-B», 0,5 л/га) | 22,3 | 12,4 | 40,0 | 189,0 |
| $НСР_{05}$ | 0,7 | 0,5 | 1,5 | 8,2 |

Показатель седиментации, являясь генетически обусловленным и стабильным, характеризует качество муки из зерна пшеницы. Препарат «Полидон Амино Ca-B», применяемый в фазе молочно-восковой спелости, способствовал росту значения седиментации на 9–12 мл и обеспечил формирование ценной пшеницы высокого качества (седиментация 40 мл).

Сила муки (W) зависит от соотношения белков клейковинного комплекса, обеспечивающих упруго-эластичные свойства теста. Препарат «Полидон Амино NPK» достоверно снижал упруго-эластичный баланс клейковинных белков (W-144 ед. пр.). В других вариантах опыта значения силы муки были практически одинаковы – 187–190 единиц прибора.

Установлены значительные и тесные коэффициенты корреляции между содержанием хлорофилла в листьях и качеством зерна. Содержание фотопигментов в листьях озимой пшеницы в фазе колошения культуры коррелирует с количеством клейковины и белка в зерне – r = 0,86 и r = 0,57 соответственно; со значением седиментации – r = 0,68; с силой муки – r = 0,50. Однако сложные условия вегетации в период налива зерна не позволили препаратам в полной мере реализовать свой физиологический потенциал и в целом существенных улучшений по комплексу показателей, характеризующих качество зерна не отмечено.

Таким образом, использование аминокомплексов для предпосевной обработки семян и листовой подкормки в фазе весеннего кущения не привели к улучшению качества зерна относительно контроля. Применение «Полидон Амино Ca-B» активизировало ассимиляционную деятельность растений озимой мягкой пшеницы в налив и влияло на увеличение зерновой продуктивности, в то время как формирование качества зерна было подвержено изменениям в зависимости от конкретных условий произрастания.

**Выводы**

Жидкие комплексные удобрения на основе аминокислот «Полидон Амино» активизируют ассимиляционную деятельность посевов мягкой озимой пшеницы и способствуют увеличению содержания хлорофиллов *a* и *b* в листьях растений в среднем по годам исследований до 6,54 мл/г сухого вещества.

Установлены значительная и тесная корреляционные связи содержания хлорофилла в листьях растений и урожайностью (r = 0,87), количеством клейковины в зерне (r = 0,86), содержанием белка в зерне (r = 0,57), значением седиментации (r = 0,68), силой муки (r = 0,50).

При различных способах применения аминокомплексов «Полидон» установлено увеличение урожайности озимой пшеницы по вариантам на 2,0–10,1 ц/га (2,7–13,8 %) при максимальной прибавке от применения «Полидон Амино Ca-B».

Важнейший классообразующий показатель качества – количество клейковины в зерне изменялся незначительно (20,4–22,7 %). По количеству белка ситуация аналогичная – (11,9–13,2 %). Все полученное зерно в годы исследований относится к IV классу качества. Препарат «Полидон Амино Ca-B», применяемый в фазе молочно-восковая спелость, способствовал росту значения седиментации на 9–12 мл и обеспечил формирование ценной пшеницы высокого качества (седиментация 40 мл).

Установлено, что для увеличения урожайности зерна в жестких условиях вегетации при засухах и повышенных температурах воздуха целесообразно применение в фазе молочно-восковой спелости физиологически активного препарата «Полидон Амино Ca-B» убрать в дозе 0,5 л/га.

**Литература**

1. Семенюк О. В. Влияние жидких органоминеральных удобрений на активность нитратредуктазы у озимой пшеницы в репродуктивный период // Известия Горского государственного аграрного университета. 2018. Т. 55. Ч. 4. С. 48–54.

2. Eroshenko F. V., Simatin T. V., Godunova E. I., Dridiger V. K., Storchak I. G. Using physiologically active substances into the technology for winter wheat cultivation of in the zone of unstable moistening of the Stavropol region // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. No. 9 (5). P. 2121–2128.

3. Семенюк О. В. Эффективность применения жидких органоминеральных удобрений ПОЛИДОН® и стимулятора роста растений Альфастим® на посевах озимой пшеницы // Земледелие. 2017. № 1. С. 44–46.

4. Simatin T. V., Eroshenko F. V., Storchak I .G. Influence of complex physiologically active substances on the peculiarities of photosynthetic productivity of winter wheat plants // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Vol. 6. No. 7. P. 13599–13606. DOI: 10.5281/zenodo.3345022.

5. Можарова И. П., Коршунов А. А., Вознесенская Т. Ю. Влияние полифункциональных удобрений с включением гуминовых веществ, аминокислот, макро- и микроэлементов на урожайность и качество яровой и озимой пшеницы // Агрохимический вестник. 2018. № 6. С. 39–43. DOI: 10.24411/0235-2516-2018-10058.

6. Кшникаткина А. Н., Русяев И. Г. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки семян комплексными микроудобрениями и бактериальными препаратами // Агрохимический вестник. 2018. № 3. С. 48–50. DOI: 10.24411/0235-2516-2018-10012.

7. Полухин А. А., Зубарева К. Ю., Катальникова М. А. Перспективы использования органоминеральных микроудобрений при выращивании кормовых бобов // Земледелие. 2022. № 2. С. 32–35. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-2-32-35.

8. Пономарева А. С., Коршунов А. А., Вознесенская Т. Ю., Рыжова Д. А. Эффективность применения органоминеральных удобрений с комплексом аминокислот на пшенице // Агрохимический вестник. 2019. № 1. С. 59–62. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10014.

9. Пономарева А. С., Вознесенская Т. Ю., Рыжова Д. А. Эффективность применения органоминеральных удобрений с комплексом аминокислот на пшенице // Плодородие. 2018. № 6. С. 20–23. DOI: 10.25680/S19948603.2018.105.06.

10. Кулинцев В. В., Годунова Е. И., Желнакова Л. И. [и др.]. Система земледелия нового поколения Ставропольского края: монография. Ставрополь: АГРУС, 2013. 520 с.

11. Милаёва Я. П., Примак И. П. Сравнительное определение количества пигментов в листьях кукурузы и табака ускоренным методом // Селекция и семеноводство. 1969. Вып. 12. С. 69–72.

12. Показатель седиментации и его роль в экспертизе качества зерна: методические указания // Сост: А. Т. Казарцева, Н. В. Сокол, Л. Г. Влащик. Краснодар: ФГОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», 2010. 15 с.

13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.

14. Антонов С. А. Тенденции изменения климата и их влияние на земледелие Ставропольского края // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (66). С. 43–46.

15. Ионова Е. В., Газе В. Л., Лиховидова В. А. Фотосинтетическая деятельность и динамика накопления сухой массы растений озимой мягкой пшеницы в зависимости от условий выращивания // Зерновое хозяйство России. 2020. № 1(67). С. 23–27. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-23-27.

## References

1. Semenyuk O. V. Influence of liquid organic and mineral fertilizers on nitrate reductase activity of winter wheat during the reproductive period // Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 2018. Vol. 55. Part 4. P. 48–54.

2. Eroshenko F. V., Simatin T. V., Godunova E. I., Dridiger V. K., Storchak I. G. Using physiologically active substances into the technology for winter wheat cultivation of in the zone of unstable moistening of the Stavropol region // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9 (5). P. 2121–2128.

3. Semenyuk O. V. Effectiveness of liquid organomineral fertilizers ‘Polydon’ and plant growth stimulant ‘Alfastim’ on winter wheat crops // Zemledelie. 2017. No. 1. P. 44–46.

4. Simatin T. V., Eroshenko F. V., Storchak I. G. Influence of complex physiologically active substances on the peculiarities of photosynthetic productivity of winter wheat plants // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Vol. 6. No. 7. P. 13599–13606. DOI: 10.5281/zenodo.3345022.

5. Mozharova I. P., Korshunov A. A., Voznesenskaya T. Yu. Influence of polyfunctional fertilizers containing humic substances, amino acids, macro- and microelements on yield and quality of spring and winter wheat // Agrochemical Herald. 2018. No. 6. P. 39–43. DOI: 10.24411/0235-2516-2018-10058.

6. Kshnikatkina A. N., Rusyaev I. G. Yield wheat cultivation and quality of various wheat depending on seed pregnancy treatment complex microfertilizers and bacterial preparations // Agrochemical Herald. 2018. No. 3. P. 48–50. DOI: 10.24411/0235-2516-2018-10012.

7. Polukhin A. A., Zubareva K. Yu., Katalnikova M. A. Prospects for the use of organic and mineral trace elements fertilizers in the cultivation of broad beans // Zemledelie. 2022. No. 2. P. 32–35. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-2-32-35.

8. Ponomareva A. S., Korshunov A. A., Voznesenskaya T. Yu., Ryzhova D. A. Efficiency of application of organomineral fertilizers with the complex of amino acids on wheat // Agrochemical Herald. 2019. No.1. P. 59–62. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10014.

9. Ponomareva A. S., Voznesenskaya T. Yu., Ryzhova D. A. Efficiency of application of organomineral fertilizers with the complex of amino acids on wheat // Plodorodie. 2018. No. 6. P. 20–23. DOI: 10.25680/S19948603.2018.105.06.

10. Kulintsev V. V., Godunova E. I., Zhelnakova L. I. [et al.]. The new generation farming system of the Stavropol Territory: monograph. Stavropol: AGRUS, 2013. 520 p.

11. Milaeva Ya. P., Primak I. P. Comparative determination of the amount of pigments in the leaves of corn and tobacco by the accelerated method // Breeding and seed production. 1969. No. 12. P. 69–72.

12. Indicator of sedimentation rate and its role in grain quality expert examination: guidelines // Compiled by Kazartseva A. T., Sokol N. V., Vlashchik L. G. Krasnodar: Kuban State Agrarian University, 2010. 15 p.

13. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Kniga po trebovaniyu, 2012. 352 p.

14. Antonov S. A. Climate changes and their impact on crop farming development in Stavropol Region // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2017. No. 4 (66). P. 43–46.

15. Ionova E. V., Gaze V. L., Likhovidova V. A. Photosynthetic activity and dynamics of dry mass of plants accumulation of winter soft wheat, depending on growing conditions // Grain economy of Russia. 2020. No. 1(67). P. 23–27. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-23-27.

UDC 633.11"324":631.895:631.5

Semenyuk O. V., Galushko N. A.

## EFFECT OF POLYDON® AMINO PREPARATIONS ON THE PRODUCTIVITY AND QUALITY OF WINTER WHEAT UNDER CONDITIONS OF THE NORTH CAUCASUS REGION

***Summary.*** *In the South of Russia, the use of modern liquid complex fertilizers (LCF, preparations) based on physiologically active substances is a widely used element of the winter wheat cultivation technology. The purpose of the research was to establish the effect of liquid complex fertilizers "Polydon® Amino" (PA) on the winter wheat grain yield and quality. The work was carried out in 2018–2020 on the experimental fields of FSBSI "North Caucasian Federal Research Agrarian Center" (Stavropol Territory, Shpakovsky district). Soil – ordinary medium-thick low-humus medium-loamy chernozem. The object of the research was soft winter wheat variety 'Bagira'. The sowing time and agricultural technology – optimal for the cultivation zone. Preceding crop – bare fallow. Mineral nutrition – compound NPK fertilizer for presowing cultivation (general background – $N_{60}P_{60}K_{60}$). The accounting area of the experimental plot – 24 $m^2$. Field experiments were replicated thrice. The experimental design included the following options: control (without liquid complex fertilizers); pre-sowing seed treatment ("PA Start"; dosage 0.5 l/t); foliar dressing during spring tillering ("PA NPK"; dosage 0.5 l/ha); foliar dressing in the phase of milky-wax ripeness ("PA Ca-B"; dosage 0.5 l/ha). On average, over the years of research, the use of "Polydon® Amino" fertilizers increased the yield of winter wheat by 10.1 centners per hectare (c/ha) or 13.8%. The maximum yield (up to 83.2 c/ha) was obtained when "PA Ca-B" was used in the phase of milky-wax ripeness. According to the results obtained in 2020, in the variants where "PA Start" (dosage 0.5 l/t) and "PA Ca-B" (dosage 0.5 l/ha) were used, a significant yield increase was noted – by 8.4 c/ha (11.2 %) and 9.3 c/ha (12.4 %), respectively. In terms of the amount of gluten and protein in grain, slight changes in the range of 20.4–22.7% and 11.9–13.2 %, respectively, were noted between the variants of the experiment. A close correlation was established between the photosynthetic activity of plants and grain yield (r = 0.87), as well as between the content of chlorophyll in plant leaves and the amount of gluten – r = 0.86, protein – r = 0.57, sedimentation rate – r = 0.68 and flour strength – r = 0.50.*

***Keywords:*** *winter wheat (Triticum aestivum L.), liquid complex fertilizers, chlorophyll, yield, grain quality.*

Семенюк Ольга Викторовна, кандидат биологических наук, ст. научный сотрудник отдела физиологии растений, ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»; 356241, Россия, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; e-mail: sniish.semenyuk@mail.ru

Галушко Наталья Алексеевна, кандидат биологических наук, вед. научный сотрудник лаборатории качества зерна, ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»; 356241, Россия, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; e-mail: natasotka@mail.ru

Semenyuk Olga Viktorovna, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher, Department of plant physiology, FSBSI “North Caucasian Federal Research Agrarian Center”; 49, Nikonova str., Mikhailovsk, Shpakovsky District, Stavropol Territory, 356241, Russia; e-mail: sniish.semenyuk@mail.ru.

Galushko Natalya Alekseevna, Cand. Sc. (Biol.), leading researcher, Laboratory of grain quality, FSBSI “North Caucasian Federal Research Agrarian Center”; 49, Nikonova str., Mikhailovsk, Shpakovsky District, Stavropol Territory, 356241, Russia; e-mail: natasotka@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 14.06.2022.*
*Дата принятия к печати – 21.09.2022.*

УДК 631.31
EDN VQMTSW

Соболевский И. В.[1], Куклин В. А.[1,2].

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАБОТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕРНЕВОГО КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

[1]ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»;
[2]ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»

***Реферат***. *Актуальными задачами совершенствования существующих технологий возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Республики Крым являются снижение энергоемкости и повышение почвенного плодородия за счет сохранения и накопления влаги в почве. Ключевой особенностью стерневой обработки является создание защитного поверхностного почвенного слоя, содержащего растительные остатки, препятствующего потере влаги путем испарения. Благодаря его рыхлой структуре обеспечивается хороший воздухообмен и проникновение осадков в плодородные слои почвы, что способствует активизации почвенной биоты и повышению содержания питательных веществ. Анализ современного развития рабочих органов культиваторов для поверхностной обработки почвы показывает, что наибольшей крошащей способностью при значительном снижении энергозатрат обладают упругие вибрационные рабочие органы. Цель исследований – определение энергетических показателей поверхностной обработки почв экспериментальным стерневым культиватором КПС-3,8М с комбинированными рабочими органами в сравнении с серийным культиватором КПЭ-3,8, в условиях Крымского региона. Исследования проведены в отделе механизации производства и разработки новых образцов оборудования ФГБУН «НИИСХ Крыма» совместно с отделением полевых культур в 2021–2022 гг. При поверхностной безотвальной обработке стерни зерновых культур на южном мицелярно-карбонатном черноземе с вариацией изменения глубины от 5 до 15 см при влажности 14,85–18,38 %, твердости р – 150,59-226,78 Н/см$^2$, деформационном показателе ν – 1,46·10$^{-7}$–1,87·10$^{-7}$ м$^2$/Н получены зависимости в виде уравнений регрессии тягового сопротивления от глубины обработки и скорости исследуемого стерневого культиватора КПС-3,8М и серийного его аналога КПЭ-3,8. Наибольшее различие по тяговому сопротивлению (20,14%) исследуемые культиваторы имеют при глубине обработки почвы 5 см. В среднем тяговое сопротивление исследуемого стерневого культиватора КПС-3,8М на 18,74 % меньше, чем серийного КПЭ-3,8.*

***Ключевые слова:*** *обработка почвы, стерневой культиватор, глубина обработки, скорость движения, тяговое сопротивление.*

***Для цитирования:*** *Соболевский И. В., Куклин В. А. Исследование процесса работы экспериментального стерневого культиватора для поверхностной обработки почвы // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 212–220. EDN: VQMTSW.*

***For citation:*** *Sobolevsky I. V., Kuklin V. A. Research of the operation process of the experimental stubble cultivator for surface tillage // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 212–220. EDN: VQMTSW.*

## Введение

К основным задачам области механизации обработки почвы относятся: создание рационального фракционного состава, обеспечение оптимального теплового и газо-воздушного баланса с целью обеспечения оптимальных условий для

произрастания культивируемых растений. Особое внимание следует уделить борьбе с проявлениями водной и ветровой эрозии почвы. Выбор рациональной системы почвообработки зависит не только от почвенных и климатических условий региона, но и от достигнутого уровня интенсификации сельхозпроизводства [1, 2].

Актуальными задачами совершенствования существующих технологий возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Республики Крым являются снижение энергоемкости и повышение почвенного плодородия благодаря сохранению и накоплению влаги в почве [3]. В зонах с преобладанием эрозии почвы рекомендованы почвообрабатывающие технологии, где оборот пласта под посев озимых, а также яровых зерновых культур по стерневому фону с глубиной обработки 14–15 см отсутствует. Для таких технологий предпочтительны стерневые культиваторы [4, 5].

Ключевой особенностью стерневой обработки является создание защитного поверхностного почвенного слоя, содержащего растительные остатки, препятствующего потере влаги путем испарения. Благодаря его рыхлой структуре обеспечивается хороший воздухообмен и проникновение осадков в плодородные слои почвы, что способствует активизации почвенной биоты, повышению содержания питательных веществ, необходимых для почвенного плодородия [6–9].

Анализ современного развития рабочих органов культиваторов для поверхностной обработки почвы показывает, что наибольшей крошащей способностью при значительном снижении энергозатрат обладают упругие вибрационные рабочие органы [10]. Установлено, что высокое качество предпосевной обработки определяется формой рабочих органов. При этом анализ существующих исследований в области обоснования рациональных конструктивных параметров рабочих органов культиваторов показал, что первоочередной задачей было снижение тягового сопротивления. Теоретическим вопросам обоснования рациональных параметров геометрических форм с учетом физико-механических свойств почвы уделялось недостаточное внимание.

Перспективным направлением в создании новых конструкций рабочих органов следует считать предлагаемый нами комбинированный рабочий орган культиватора, который сможет исключить недостатки предыдущих серийных рабочих органов, таких как повышенное тяговое сопротивление, значительная неравномерность хода по глубине, высокая гребнистость и глыбистость, а также забиваемость почвой и растительными остатками [11]. Следовательно, данный вопрос в земледельческой механике требует дополнительных исследований.

**Цель исследований** – определение энергетических и эксплуатационных показателей поверхностной обработки почвы экспериментальным стерневым культиватором КПС-3,8М с комбинированными рабочими органами в сравнении с серийным культиватором КПЭ-3,8 в условиях Крымского региона.

## Материалы и методы исследований

Исследования проведены в отделе механизации производства и разработки новых образцов оборудования ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» совместно с отделением полевых культур в 2021–2022 гг. Объект исследования – технологический процесс поверхностной обработки почвы экспериментальным стерневым культиватором. Предмет исследования – энергетические показатели поверхностной обработки почвы экспериментальным стерневым культиватором.

Испытания проводили в соответствии с ГОСТ 33687-2015 «Машины и орудия для поверхностной обработки почвы. Методы испытаний».

Место проведения исследований – опытные поля отделения полевых культур

(с. Клепинино, Красногвардейский район). Работы осуществляли на площади 100 га при поверхностной обработке паров и безотвальной обработке стерни зерновых культур на южном мицелярно-карбонатном черноземе.

Экспериментальный культиватор КПС-3,8М (рисунок 1) включает в себя раму 1 с прицепным устройством 2, опорные колеса 3, механизмы регулирования глубины обработки почвы 4, сменные комбинированные рабочие органы в виде долотьев 5 и боковых крыльев 6, ударников 7, а также туковых сошников 8, которые можно использовать при дооборудовании культиватора устройством для внесения минеральных удобрений (патент RU № 204 796) [12].

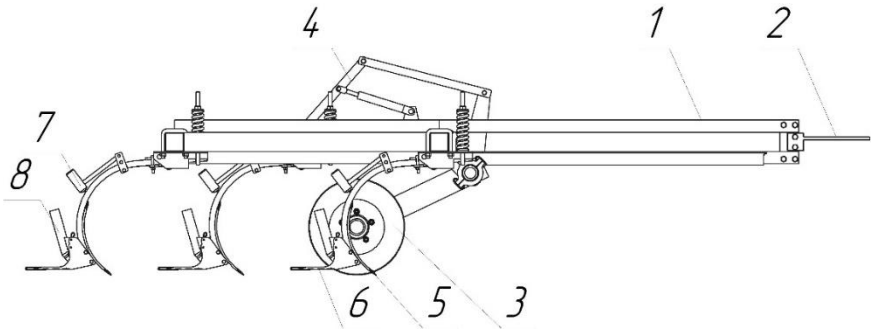



**Рисунок 1 – Общий вид и строение экспериментального культиватора КПС-3,8М**

Основным назначением КПС-3,8М является обработка стерни, которая остается после уборки урожая, обработка почвы перед посевом и уход за парами. В процессе работы экспериментальный культиватор должен выполнять следующие операции: подрезание стерни, одновременное рыхление почвенного пласта на глубину заделки семян. Перед началом каждого эксперимента определяли основные физико-механические свойства почвы. Относительную влажность почвы устанавливали влагомером TR модель 46908 на глубину обработки в диапазоне 5–15 см (рисунок 2 а).

а б

**Рисунок 2 – Измерительное оборудование для исследования физико-механических свойств почвы: а – почвенный влагомер TR модель 46908; б – твердомер Ю.Ю. Ревякина**

Для определения твердости и деформационного показателя использовали твердомер Ю.Ю. Ревякина (рисунок 2 б).

Регистрацию получаемых экспериментальных значений осуществляли с помощью динамометра ДПУ-10-2 ГОСТ 13837-68 (свидетельство о поверке № С-КК/11-10-2021/105975959), съёмной камеры Ultra HD 4K, портативного зарядного устройства CNE-CSPB26GO (рисунок 3). Основным показателем являлось определение значения тягового сопротивления на шкале динамометра ДПУ-10-2, которое фиксировали съёмной камерой с интервалом в одну секунду.

а б

**Рисунок 3 – Приборы для регистрации полученных экспериментальных значений тягового сопротивления: а – общий вид динамометра ДПУ-10-2 – 1, камеры Ultra HD 4K 2, портативного зарядного устройства CNE-CSPB26GO – 3; б – приборы в полевых условиях**

Для определения значений коэффициентов уравнения регрессии проводился двухфакторный эксперимент типа $N = 2^2$. В качестве варьируемых факторов использовали два показателя: глубину обработки и скорость движения. Глубина находилась в диапазоне от 5 до 15 см, а скорость – от 8 до 12 км/ч. Длина гона для определения величин тягового сопротивления составляла не менее 100 м. Скоростной режим движения машинно-тракторного агрегата в составе культиватор и трактор МТЗ-923.3 контролировали при помощи секундомера. В качестве аналога для сравнения использовали серийный культиватор КПЭ-3,8.

Исследования проводили в оптимальные агротехнические сроки после уборки озимого ячменя на сидераты по стерневому фону. Во время проведения экспериментов влажность почвы W в поле находилась в пределах 14,85–18,38 %; твердость р – 150,59–226,78 Н/см$^2$; деформационный показатель почвы ν – $1{,}46 \cdot 10^{-7}$-$1{,}87 \cdot 10^{-7}$ м$^2$/Н.

**Результаты и их обсуждение**

При проведении полевых исследований экспериментального стерневого культиватора КПС-3,8М (рисунок 4) получены сравнительные значения тягового сопротивления *Р*.

Данные значения как для КПС-3,8М, так и для КПЭ-3,8 представлены в таблице1.

После обработки табличных данных с помощью программы Microsoft Excel дополнительно построены графики зависимости тягового сопротивления от глубины обработки и скорости движения агрегатов (рисунки 5–7).

а б

**Рисунок 5 – Общий вид экспериментального стерневого культиватора КПС-3,8М: а – перед началом движения; б – в процессе культивации**

**Таблица 1 – Результаты исследования тягового сопротивления**

| Показатель скорости, V, км/ч | Модель культиватора | | | | Снижение тягового сопротивления, % |
|---|---|---|---|---|---|
| | КПС-3,8М | | КПЭ-3,8 | | |
| | тяговое сопротивление | | | | |
| | культиватора Р, Н | рабочего органа Р, Н | культиватора Р, Н | рабочего органа Р, Н | |
| глубина экспериментального прохода h, 5 см | | | | | |
| 8 | 8145,3 | 740,5 | 9785,8 | 889,6 | 20,14 |
| 10 | 8362,62 | 760,3 | 10039,33 | 912,7 | 20,05 |
| 12 | 9098,9 | 827,14 | 10913,22 | 992,07 | 19,94 |
| глубина экспериментального прохода h, 10 см | | | | | |
| 8 | 9541,87 | 867,44 | 11346,2 | 1031,5 | 18,91 |
| 10 | 10382,8 | 943,9 | 12328,5 | 1120,9 | 18,74 |
| 12 | 11055,0 | 1005,0 | 13084,7 | 1189,5 | 18,36 |
| глубина экспериментального прохода h, 15 см | | | | | |
| 8 | 14756,9 | 1341,5 | 17194,9 | 1563,12 | 16,52 |
| 10 | 15264,0 | 1387,6 | 17764,2 | 1614,9 | 16,38 |
| 12 | 16800,8 | 1527,3 | 19509,1 | 1773,5 | 16,12 |

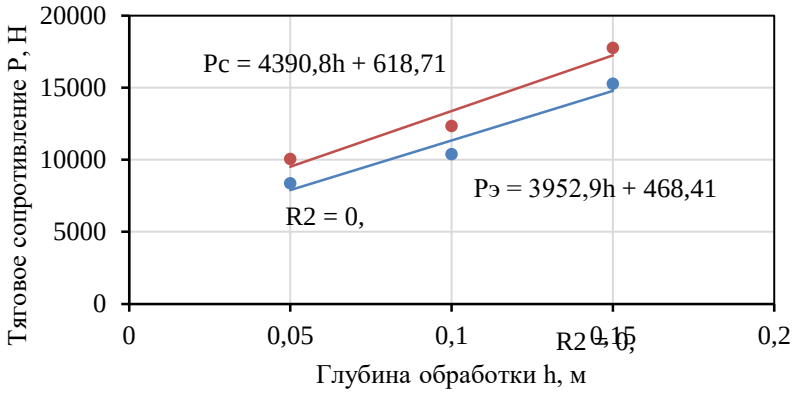



**Рисунок 6 – График зависимости тягового сопротивления Р от глубины обработки h при скорости движения V = 10 км/ч: Рэ – экспериментальный культиватор КПС-3,8М; Рс – серийный культиватор КПЭ-3,8**

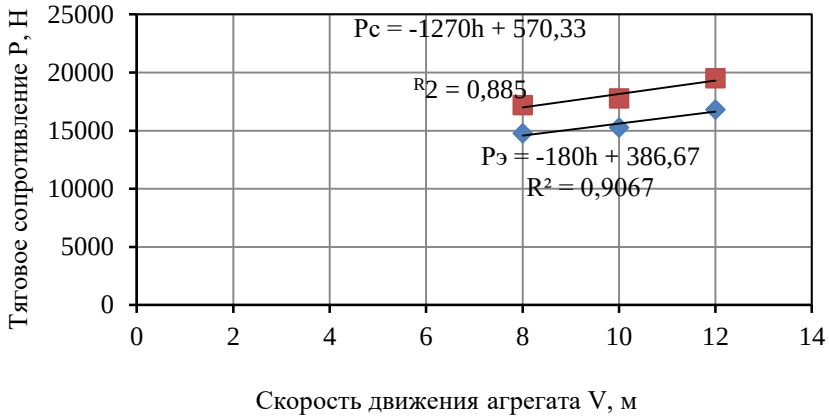



**Рисунок 7 – График зависимости тягового сопротивления Р от скорости движения агрегата V при глубине обработки h = 10 см: $P_Э$ – экспериментальный культиватор КПС-3,8М; $P_C$ – серийный культиватор КПЭ-3,8**

Из таблицы 1 и графиков на рисунках 6 и 7 видно, что исследуемый нами культиватор КПС-3,8М обеспечивает меньшее тяговое сопротивление при обработке почвенного пласта по стерневому фону в среднем на 16,12–20,14 %.

Полученные в процессе проведения экспериментов уравнения регрессии в кодированных переменных имеют вид:

– для экспериментального культиватора КПС-3,8М:

$$Y_Э = 12200{,}46+3578{,}389X_1+749{,}3808X_2+272{,}5808X_1X_2; \quad (1)$$

– для серийного культиватора КПЭ-3,8:

$$Y_C = 14350{,}77+4001{,}225X_1+860{,}4083X_2+296{,}7283X_1X_2. \quad (2)$$

Оценка значимости коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента показала, что для уравнения (1) значимыми являются коэффициенты, удовлетворяющие условию |bi|=>284,0602, а для уравнения (2) – соответственно |bi|=>310,5919.

Проверка полученных математических моделей (1) и (2) по критерию Кохрена, при условии, что его расчетное значение $G_P$ оказалось меньше табличного $G_T$=0,76, в расчетах составило 0,74 и 0,64, а это означает воспроизводимость полученных результатов.

Также проверка математических моделей (1) и (2) по критерию Фишера подтвердила их адекватность, поскольку расчётные значения $F_P$ составили, соответственно, 7,1 и 7,05, что меньше табличного значения $F_T$ = 7,71.

Уравнения регрессии в натуральных значениях переменных, с учётом оценки значимости коэффициентов, имеют вид:

– для экспериментального культиватора КПС-3,8М:

$$P_Э = 1296{,}78+715{,}68h+374{,}69v; \quad (3)$$

– для серийного культиватора КПЭ-3,8:

$$P_C = 2046{,}26+800{,}25h+430{,}21v. \quad (4)$$

Анализ полученных уравнений регрессии и построенных графиков показывает, что с увеличением глубины и скорости обработки почвы тяговое сопротивление экспериментального стерневого культиватора КПС-3,8М растёт менее интенсивно в сравнении с серийным культиватором КПЭ-3,8. Данный процесс объясняется более адаптированными комбинированными элементами рабочих

органов у КПС-3,8М, приводящих к снижению энергоемкости рыхления обрабатываемого почвенного пласта, а также наличием ударников на каждой стойке, обеспечивающих постоянство автоколебательного процесса. Наибольшее различие по тяговому сопротивлению (20,14 %) исследуемые культиваторы имеют при глубине обработки почвы 5 см. В среднем тяговое сопротивление экспериментального стерневого культиватора КПЭ-3,8М на 18,74 % меньше, чем у серийного КПЭ-3,8.

Для определения экономической эффективности разработки экспериментального стерневого культиватора КПС-3,8М и его аналога серийного культиватора КПЭ-3,8 сравнивали эксплуатационные и приведенные затраты на их работу в соответствии с ГОСТ Р 53056-2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки.

Производительность экспериментального стерневого культиватора КПС-3,8М составила 3,42 га/ч, а его аналога серийного культиватора КПЭ-3,8 – 2,56 га/ч, при этом расход топлива на единицу работы у экспериментального культиватора составил 3,59 кг/га, а у серийного – 4,81 кг/га, что на 34 % больше, чем у экспериментального культиватора. Основные результаты экономической эффективности представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Результаты экономической эффективности**

| Показатель | Единицы измерения | Вариант | | Изменение показателя |
|---|---|---|---|---|
| | | КПЭ-3,8 | КПС-3,8М | |
| Стоимость новых конструкционных элементов рабочих органов | тыс. руб. | – | 44,36 | – |
| Производительность культиватора | га/ч | 2,56 | 3,42 | +0,86 |
| Расход топлива | кг/га | 4,81 | 3,59 | +1,22 |
| Годовой экономический эффект | тыс. руб. | – | 72,85 | – |
| Срок окупаемости | год | | 0,61 | – |

## Выводы

При поверхностной безотвальной обработке стерни зерновых культур на южном мицелярно-карбонатном черноземе с вариацией изменения глубины от 5 до 15 см при влажности 14,85–18,38 %, твердости р – 150,59–226,78 Н/см$^2$; деформационном показателе ν – $1{,}46 \cdot 10^{-7}$-$1{,}87 \cdot 10^{-7}$ м$^2$/Н получены зависимости в виде уравнений регрессии тягового сопротивления от глубины обработки и скорости экспериментального стерневого культиватора КПС-3,8М, а также его серийного аналога КПЭ-3,8.

С увеличением глубины и скорости обработки почвы тяговое сопротивление экспериментального стерневого культиватора КПС-3,8М растёт менее интенсивно в сравнении с серийным культиватором КПЭ-3,8, что объясняется более адаптированными комбинированными элементами рабочих органов у КПС-3,8М. Это обуславливает снижение энергоемкости рыхления обрабатываемого почвенного пласта. Наличие ударников на каждой стойке обеспечивает постоянство автоколебательного процесса. Наибольшее различие по тяговому сопротивлению (20,14%) исследуемые культиваторы имели при глубине обработки почвы 5 см. В среднем тяговое сопротивление экспериментального стерневого культиватора КПС-3,8М на 18,74 % меньше, чем серийного КПЭ-3,8.

В результате эксплуатации новых конструкционных элементов рабочих органов экспериментального культиватора КПС-3,8М общей стоимостью 44,36 тыс. руб., годовой экономический эффект составил 72,85 тыс. руб. Расчетный срок окупаемости капитальных вложений равен 0,61 года.

## Литература

1. Кирюшин В. И., Иванов А. Л. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ладшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 784 с.

2. Лачуга Ю. Ф. [и др.]. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 80 с.

3. Несмиян А. Ю. Обзор культиваторов для сплошной обработки почвы и тенденций их производства // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 4. С. 6–9.

4. Guo Z., Zhou Z., Ren L. 2D finite element analysis for the cutting performance of bionic curved cutting tools // J. Mech. Eng. 2003. No. 9. P. 106–109. DOI: 10.3901/JME.2003.09.106.

5. Маслов Г. Г., Журий И. А. Экологически безопасный агрегат для поверхностной обработки почвы под озимую пшеницу с одновременным внесением азотных удобрений // Сборник материалов международной научно-технической конференции «Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК». Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2016. С. 68–71.

6. Калабкина М. А., Шаева Т. И. Анализ ресурсосберегающих технологий в растениеводстве // Системное управление. 2013. №. 3. С. 40–40.

7. Руденко Н. Е., Падальцин К. Д. Как снизить энергозатраты и повысить качественные показатели при сплошной обработке почвы // Вестник АПК Ставрополья. 2014. №. 1. С. 66–68.

8. Горлова Г. П., Дридигер В. К. Сельскохозяйственная техника для успешного земледелия // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2009. №. 2. С. 9–15.

9. Копылов А. Н. Энергосберегающие технологии подготовки паровых полей //Аграрный вестник Урала. 2008. №. 3. С. 64–66.

10. Кушнарёв А. С., Бауков А. В., Найдыш В. М. Проектирование рыхлительных рабочих органов культиваторов. Киев: УСХА, 1979. 198 с.

11. Пикмуллин Г. В., Булгариев Г. Г. Комбинированное почвообрабатывающее орудие для безотвальной обработки почвы // Сельский механизатор. 2009. № 5. С. 11.

12. Патент № 204796 «Рабочий орган стерневого культиватора» // Авторы: Соболевский И.В., Бабицкий Л.Ф., Паштецкий В. С., Анюхин В. С., Макалиш А. М., Калафатов И. И. Патентообладатель: ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма». Бюл. № 17. 9 с.

## References

1. Kiryushin V. I., Ivanov A. L. Agroecological land assessment, design of adaptive-landscape systems of agriculture and agrotechnologies. Methodological guide. Moscow: FSSI “Rosinformagrotekh”, 2005. 784 p.

2. Lachuga Yu. F. [et al.]. Strategy of machine-technological modernization of agriculture in Russia for the period up to 2020. Moscow: FSSI “Rosinformagrotekh’, 2009. 80 p.

3. Nesmiyan A. Yu., Dolzhikov V. V. Review of cultivators for continuous tillage and trends in their production // Tractors and Agricultural Machinery. 2013. No. 4. P. 6–9.

4. Guo Z., Zhou Z., Ren L. 2D finite element analysis for the cutting performance of bionic curved cutting tools // J. Mech. Eng. 2003. No. 9. P. 106–109. DOI: 10.3901/JME.2003.09.106.

5. Maslov G. G., Zhuriy I. A. Ecologically safe unit for surface tillage for winter wheat with simultaneous application of nitrogen fertilizers // Collection of materials of the international scientific and technical conference “Problems of energy supply, automation, informatization and environmental management in agro-industrial complex”. Bryansk: Bryansk State Agrarian University Publ., 2016. P. 68–71.

6. Kalabkina M. A., Shaeva T. I. The analysis of resource-saving technologies in plant production // System management. 2013. No. 3. P. 40–40.

7. Rudenko N. E., Padaltsin K. D. How to reduce energy consumption and improve quality indicators in continuous tillage // Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2014. No. 1. P. 66–68.

8. Gorlova G. P., Dridiger V. K. Agricultural machinery for successful agriculture // Agricultural Machinery and Technologies. 2009. No. 2. P. 9–15.

9. Kopylov A. N. Energy-saving technologies for the preparation of fallow fields // Agrarian Bulletin of the Urals. 2008. No. 3. P. 64–66.

10. Kushnarev A. S., Baukov A. V., Naydysh V. M. Design of cultivators ripping working bodies. Kyiv: Ukrainian Agricultural Academy, 1979. 198 p.

11. Pikmullin G. V., Bulgariev G. G. Combined soil cultivating implement for nonmoldboard cultivation of soil // Selskiy Mechanizator, 2009. No. 5. P. 11.

12. Patent No. 204796 “Working body of a stubble cultivator” // Authors: Sobolevsky I. V., Babitsky L. F., Pashtetskiy V.S., Anyukhin V.S., Makalish A.M., Kalafatov I.I. Patentee: FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”. Bull. No. 17. 9 p.

UDC 631.31

Sobolevsky I. V., Kuklin V. A.

# RESEARCH OF THE OPERATION PROCESS OF THE EXPERIMENTAL STUBBLE CULTIVATOR FOR SURFACE TILLAGE

***Summary.*** *The issues of conservation and accumulation of moisture in the soil, as the most important resource for obtaining a crop while reducing the energy intensity of mechanized processes and crop cultivation technologies, are relevant. In the process of stubble tillage, a loose surface layer is created, which prevents the evaporation of moisture. At the same time, the water and air regimes of the soil are improved, its warming up in the spring is accelerated, microbiological activity is enhanced and favorable conditions are created for the accumulation of nutrients and moisture in the soil layer. An analysis of the modern development of the working bodies of cultivators for surface tillage shows that elastic vibratory working bodies have the greatest crumbling ability with a significant reduction in energy costs. The purpose of the study: determination of the energy indicators of surface tillage of the experimental stubble cultivator KPS-3.8M with combined working bodies in comparison with the serial cultivator KPE-3.8 under conditions of the Crimean region. The studies were carried out in 2021-2022 at the Department of Mechanization of Production and Development of New Types of Equipment of the FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea" together with the Field Crops Department of the same institution. Test conditions: soil type – chernozems southern mycelial-calcareous; soil moisture W – 14.85 ... 18.38%; soil hardness p – 150.59-226.78 N/cm$^2$; deformation index v – 1.46 10$^{-7}$-1.87 10$^{-7}$ m$^2$/N. When surface non-moldboard tillage of grain crops' stubble (variation in depth change – from 5 to 15 cm) was done, dependences in the form of regression equations of traction resistance on the depth of cultivation and speed of the studied stubble cultivator KPS-3.8M and its serial analogue KPE-3.8 were obtained. The studied cultivators have the greatest difference in traction resistance (20.14%) at a tillage depth of 5 cm. On average, the traction resistance of the studied stubble cultivator KPS-3.8M is 18.74% less than that of the serial KPE-3.8.*

***Keywords:*** *soil tillage, stubble cultivator, depth of tillage, speed of movement, traction resistance.*

Соболевский Иван Витальевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий отделом механизации производства и разработки новых образцов техники, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295043, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: sobolevskii-ivan@mail.ru.

Куклин Владимир Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технических систем в агробизнесе ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»; 295007, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, проспект Вернадского, 4; научный сотрудник отдела механизации производства и разработки новых образцов техники, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295043, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: kuklin-va@mail.ru.

Sobolevsky Ivan Vitalievich, Cand. Sc. (Techn.), associate professor, head of the Department of mechanization of production and development of new types of equipment, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295043, Russia; e-mail: sobolevskii-ivan@mail.ru.

Kuklin Vladimir Alekseevich, Cand. Sc. (Techn.), associate professor of the Department of technical systems in agribusiness, V.I. Vernadsky Crimean Federal University; 4, Prospekt Vernadskogo, Simferopol, Republic of Crimea, 295007, Russia; researcher of the Department of mechanization of production and development of new types of equipment, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295043, Russia; e-mail: kuklin-va@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 11.07.2022.*
*Дата принятия к печати – 21.08.2022.*

УДК 633.161:631.52
EDN WFQBII

Филиппов Е. Г., Брагин Р. Н., Донцов Д. П.

# АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АДАПТИВНОСТИ СОРТОВ И ЛИНИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ СОРТОИСПЫТАНИИ

ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»

***Реферат.*** *В современном мире при создании новых сортов необходимо уделять внимание не только высокой продуктивности и качеству, а также учитывать их реакцию на изменяющиеся погодные условия. В перспективе новый сорт должен обладать как экологической пластичностью, так и способностью более эффективно использовать климатические и почвенные ресурсы региона возделывания. Целью исследований являлось изучение сортов и линий ярового ячменя по комплексу параметров, включающих адаптивность, экологическую пластичность и стабильность по признаку «урожайность зерна». Исследования проводили на опытных полях научного севооборота отдела селекции и семеноводства ячменя ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2019–2021 гг. в питомнике экологического сортоиспытания по предшественнику подсолнечник. Изучали 18 сортов и линий ярового ячменя селекции Аграрного научного центра «Донской» в двухфакторном опыте (сорт, год, их взаимодействие) при стандартном сорте Ратник. При анализе показателей адаптивности использовали методики S. A. Eberhart и W. A. Rassel, A. A. Rosielle и J. Hamblin, В. В. Хангильдина и Н. А. Литвиненко, Э. Д. Нettевича, В. А. Зыкина. Проведенный анализ выявил, что более благоприятные условия выращивания сложились в 2019 г. ($I_j$ = +0,48), а неблагоприятные – в 2020 ($I_j$ = –0,13) и 2021 гг. ($I_j$ = –0,35). Наибольшая урожайность по отношению к стандарту отмечена у сортов Формат (5,0 т/га; +0,7), Азимут (5,0 т/га; +0,7), Грис (4,8 т/га; +0,5) и линий Зерноградский 1685 (4,8 т/га; +0,5), Зерноградский 1726 (4,9 т/га; +0,6). По комплексу признаков лучшие показатели отмечены у сортов Азимут ($\sigma^2d$ = 0,4; ($Y_{min}$ + $Y_{max}$)/2 = 5,1; Sc = 4,3; ПУСС = 187,6) и Формат ($\sigma^2d$ = 0,3; ($Y_{min}$ + $Y_{max}$)/2 = 5,0; Sc = 4,3; ПУСС = 214,5) и линий Зерноградский 1685 ($\sigma^2d$ = 0,4; ($Y_{min}$ + $Y_{max}$)/2 = 5,0; Sc = 4,1) и Зерноградский 1726 ($\sigma^2d$ = 0,3; ($Y_{min}$ + $Y_{max}$)/2 = 5,0; Sc = 4,2), достоверно превысившие стандарт Ратник.*

***Ключевые слова:*** *яровой ячмень (Hordeum sativum L.), экологическая пластичность, стабильность, адаптивность, урожайность, сорт.*

***Для цитирования:*** *Филиппов Е. Г., Брагин Р. Н., Донцов Д. П. Анализ показателей адаптивности сортов и линий ярового ячменя в экологическом сортоиспытании // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 221–230. EDN: WFQBII.*

***For citation:*** *Filippov E. G., Bragin R. N., Dontsov D. P. Analysis of adaptability indicators of spring barley varieties and lines in the ecological variety testing // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 221–230. EDN: WFQBII.*

## Введение

Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур, в частности ярового ячменя играет важнейшую роль не только в производстве сельскохозяйственной продукции, но и в обеспечении конкурентоспособности данной культуры [1, 2]. В настоящее время в селекции ярового ячменя наблюдается прогресс в направлении повышения качества зерна и потенциала урожайности. Современные сорта востребованы в производстве, что показывает их высокий уровень приспособленности к изменяющимся факторам среды [3, 4]. Дальнейшее

повышение урожайности возможно благодаря созданию и реализации высокоинтенсивных сортов, выделяющихся способностью обеспечивать значительные прибавки урожая на дополнительные вложения в агротехнику, и пластичных, формирующих высокие и стабильные урожаи зерна в различных климатических условиях. Создание пластичных сортов ориентировано на изменяющиеся климатические условия Ростовской области, характеризующиеся различными типами засух, переувлажнением, разным уровнем плодородия почв и другими факторами, влияющими на формирование урожайности в период вегетации растений [5, 6].

Для полной реализации потенциала, выраженного в получении высокой и стабильной урожайности, сорт должен обладать определенной пластичностью и быть адаптивным в отношении некоторых факторов среды [7]. Наибольшую ценность представляют сорта, которые способны обеспечивать формирование стабильной урожайности из-за лучшей защиты от экологических стрессоров [8]. Поэтому под экологической пластичностью сортов, по мнению В. А. Зыкина, подразумевается способность стабильно формировать высокую в отношении других сортов урожайность при достаточном разнообразии погодных и агротехнических условий. Данная формулировка основывается на методике определения параметров экологической пластичности, предложенной С. А. Эберхартом и У. А. Расселом [9].

**Цель исследований** – изучить сорта и линии ярового ячменя по комплексу параметров, включающих адаптивность, экологическую пластичность и стабильность, по признаку «урожайность зерна» и выделить лучшие для условий региона.

## Материалы и методы исследований

Исследования проводили на опытных полях научного севооборота отдела селекции и семеноводства ячменя ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Ростовская область) в 2019–2021 гг. в питомнике экологического сортоиспытания по предшественнику подсолнечник.

Объектом изучения являлись 18 сортов и линий ярового ячменя отечественной селекции (ФГБНУ «АНЦ «Донской»). Стандарт – сорт Ратник. Учетная площадь делянки 10 м², размещение – систематическое, повторность четырехкратная. Посев выполняли сеялкой Wintersteiger Plotseed нормой высева 500 всхожих семян на 1 м².

Математическую обработку результатов двухфакторного опыта (сорт, год, их взаимодействие) проводили по методике Б. А. Доспехова [10] с помощью программ Excel и Statistica 10.

Оценку экологической пластичности и стабильности, а также расчет теоретической урожайности для определения коэффициента стабильности проводили по методике S. A. Eberhart, W. A. Rassel в редакции В. А. Зыкина [9]. Показатель гомеостатичности (Hom) и селекционной ценности (Sc) – по методике В. В. Хангильдина и Н. А. Литвиненко [11]. Показатели стрессоустойчивости ($Y_{min}$–$Y_{max}$) и генетической гибкости (($Y_{max}$+$Y_{min}$)/2) рассчитывали по уравнениям А. А. Rosielle и J. Hamblin в изложении А. А. Гончаренко [12]. Коэффициент отзывчивости на благоприятные условия выращивания (Кр.) определяли по методу В. А. Зыкина, показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) – по Э. Д. Неттевичу [13], коэффициент вариации – по Б. А. Доспехову [10].

Разнообразие погодных условий за годы исследований, избыточное количество осадков в период «посев–кущение», а также их дефицит в сравнении со средними многолетними данными оказали влияние на величину урожайности, что в целом позволило более точно оценить показатели пластичности и стабильности, а также выделить лучшие адаптивные сорта ярового ячменя.

В 2019 г. наблюдалось чередование от незначительного повышения количества осадков в течение марта 59,0 мм (+21,0 мм к среднемноголетнему), до понижения в период апрель–июнь – 28,0–11,0 мм (-15,0...-61,0 мм к среднемноголетнему). В 2020 г. в период март–апрель осадки отсутствовали, однако отмечено повышение количества осадков в мае 80,0 мм (+28,0 мм к среднемноголетнему). В 2021 г. наблюдали избыточное количество осадков в период с марта по апрель – 83,2–95,7 мм (+45,2…+52,7 мм к среднемноголетнему), что повлияло на развитие растений ярового ячменя (рисунок 1).

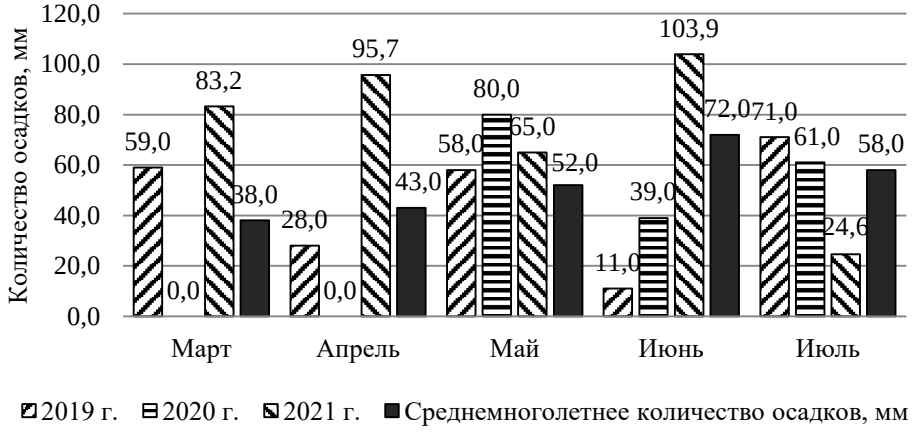



**Рисунок 1 – Среднемесячное количество осадков (метеостанция Зерноград)**

Среднесуточная температура воздуха в 2019 и 2021 гг. незначительно превышала или находилась на уровне среднемноголетних данных (от 0,0 °С до +3,7 °С к среднемноголетней). В марте 2020 г. среднесуточная температура воздуха превышала среднемноголетнюю температуру на 6,0 °С, в остальные месяцы варьировала от -2,0 °С до +3,0 °С по отношению к среднемноголетней (рисунок 2).

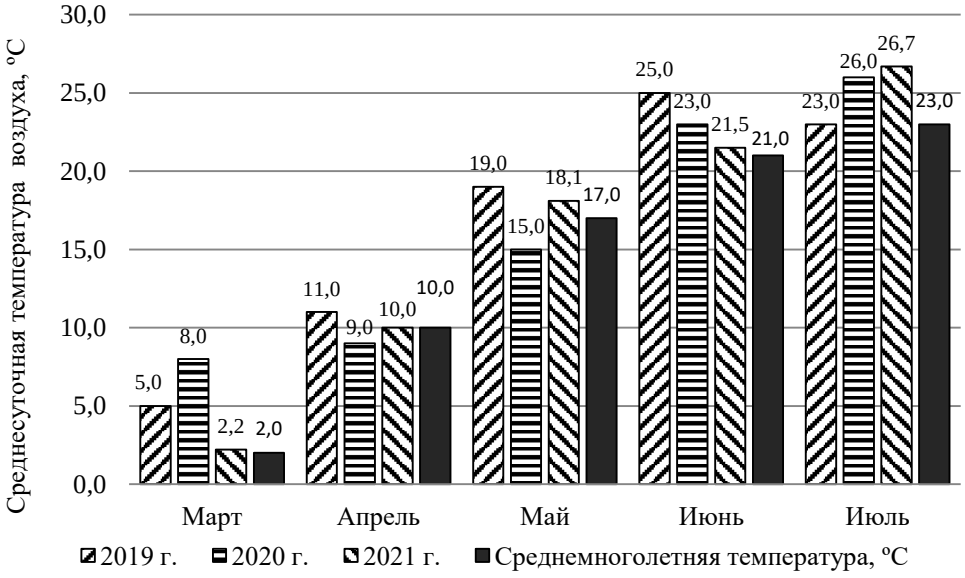



**Рисунок 2 – Среднемесячная температура воздуха (метеостанция Зерноград)**

Согласно гидротермическому коэффициенту увлажнения Селянинова (ГТК) в 2019 г. условия сложились засушливые (ГТК = 0,72), в 2020 г. – очень засушливые (ГТК = 0,64), а в 2021 г. – достаточное увлажнение (ГТК = 1,26).

**Результаты и их обсуждение**

Урожайность сорта – один из главных параметров, определяющий потенциал и ценность сорта для производства.

Согласно результатам двухфакторного дисперсионного анализа, доля фактора «год» составила 93,97 %, что сделало его основным показателем, влияющим на формирование урожайности зерна при данных условиях. Несущественное влияние оказали фактор «сорт» – 4,96 % и их «взаимодействие» – 1,07 % (рисунок 3).

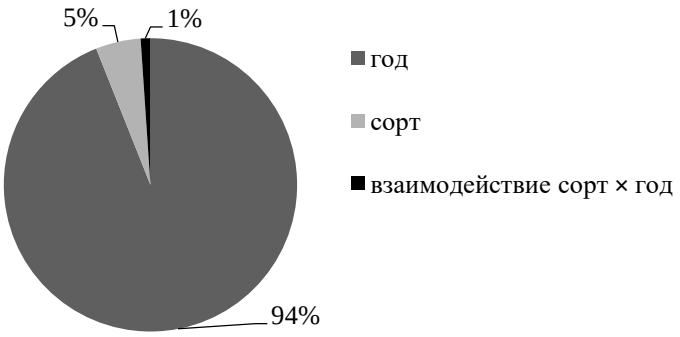



**Рисунок 3 – Влияние факторов (%) на формирование урожайности зерна (2019–2021 гг.)**

В 2019 г. урожайность варьировала от 4,4 т/га до 5,5 т/га при значении у стандартного сорта Ратник 4,9 т/га. Стандарт достоверно превысили девять изучаемых сортов и линий с прибавкой от 0,2 до 0,6 т/га (Щедрый, Формат, Федос, Грис, Азимут, Зерноградский 1685, Зерноградский 1716, Зерноградский 1717, Зерноградский 1726). Наибольшая урожайность отмечена у сорта Азимут – 5,5 т/га.

В 2020 г. минимальная урожайность зафиксирована у сорта Новик – 3,9 т/га, наибольшая – у сорта Формат – 5,1 т/га при урожайности стандарта 4,1 т/га. Все сорта и линии, кроме сортов Щедрый, Леон, Новик достоверно превысили стандарт по урожайности с прибавкой от 0,3 до 1,0 т/га.

В 2021 г. урожайность варьировала от 3,8 т/га у сорта Приазовский 9 до 4,7 т/га у сорта Азимут и линии Зерноградский 1726 при значении стандартного сорта Ратник 3,9 т/га. Достоверно превысили стандарт семь сортов и линий с прибавкой 0,4 до 0,8 т/га. Стоит отметить, что за годы исследований наиболее благоприятные условия выращивания сложились в 2019 г. ($I_j$ = +0,48), а неблагоприятные – в 2020 г. ($I_j$ = -0,13) и 2021 г. ($I_j$ = -0,35).

Для расчета экологической пластичности использовали коэффициент линейной регрессии ($b_i$), согласно которому сорта делятся по категориям: от слабо отзывчивых ($b_i < 1$) до наиболее отзывчивых ($b_i > 1$) на изменение условий среды, а также линейно зависимые ($b_i \approx 1$), урожайность которых напрямую зависит от изменения климатических условий. Высокая отзывчивость на улучшение условий среды отмечена у линий Зерноградский 1716 ($b_i$ = 1,42) и Зерноградский 1719 ($b_i$ = 1,53). Наиболее стабильная высокая урожайность по сравнению со стандартным сортом Ратник при влиянии неблагоприятных условий среды получена у сортов Федос ($b_i$ = 0,90), Формат ($b_i$ = 0,84), Новик ($b_i$ = 0,49) и линии Зерноградский 1717 ($b_i$ = 0,92), Зерноградский 1724 ($b_i$ = 0,72). Стоит также отметить сорта Грис ($b_i$ = 1,00), Азимут

($b_i$ = 1,00) и линий Зерноградский 1685 ($b_i$ = 1,04), Зерноградский 1726 ($b_i$ = 0,96), у которых коэффициент линейной регрессии близок к единице, это показывает динамичное изменение урожайности с учетом изменения влияния природной среды при ее формировании (таблица 1).

**Таблица 1 – Урожайность сортов и линий ярового ячменя и их экологическая адаптивность**

| Сорт | Урожайность, т/га | | | | | $b_i$* | $\sigma^2 d$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2019 г. | 2020 г. | 2021 г. | $\Sigma Y_i$* | $Y_i$* | | |
| Ратник (St.) | 4,9 | 4,1 | 3,9 | 12,9 | 4,3 | 1,23 | 0,6 |
| Новик | 4,4 | 3,9 | 4,0 | 12,3 | 4,1 | 0,49 | 0,1 |
| Приазовский 9 | 5,0 | 4,4 | 3,8 | 13,2 | 4,4 | 1,28 | 0,6 |
| Щедрый | 5,1 | 4,3 | 4,0 | 13,4 | 4,5 | 1,29 | 0,6 |
| Леон | 5,0 | 4,2 | 4,5 | 13,7 | 4,6 | 0,80 | 0,2 |
| Грис | 5,3 | 4,5 | 4,5 | 14,3 | 4,8 | 1,00 | 0,4 |
| Азимут | 5,5 | 4,8 | 4,7 | 15,0 | 5,0 | 1,00 | 0,4 |
| Федос | 5,2 | 4,4 | 4,5 | 14,1 | 4,7 | 0,90 | 0,3 |
| Формат | 5,4 | 5,1 | 4,6 | 15,1 | 5,0 | 0,84 | 0,3 |
| Зерноградский 1628 | 5,0 | 4,5 | 4,3 | 13,8 | 4,6 | 0,85 | 0,3 |
| Зерноградский 1685 | 5,4 | 4,6 | 4,6 | 14,5 | 4,8 | 1,04 | 0,4 |
| Зерноградский 1701 | 5,0 | 4,6 | 4,2 | 13,8 | 4,6 | 0,81 | 0,2 |
| Зерноградский 1726 | 5,4 | 4,6 | 4,7 | 14,7 | 4,9 | 0,96 | 0,3 |
| Зерноградский 1716 | 5,4 | 4,5 | 4,2 | 14,0 | 4,7 | 1,42 | 0,8 |
| Зерноградский 1717 | 5,1 | 4,6 | 4,3 | 14,0 | 4,7 | 0,92 | 0,3 |
| Зерноградский 1719 | 5,0 | 4,5 | 3,5 | 13,0 | 4,3 | 1,53 | 0,9 |
| Зерноградский 1721 | 4,9 | 4,7 | 4,0 | 13,6 | 4,5 | 0,92 | 0,3 |
| Зерноградский 1724 | 5,0 | 4,6 | 4,4 | 14,0 | 4,7 | 0,72 | 0,2 |
| $I_j$* | 0,48 | -0,13 | -0,35 | – | – | – | – |
| $НСР_{05}$ | 0,16 | 0,24 | 0,32 | – | – | – | – |

***Примечание.*** *$\Sigma Y_i$ – сумма урожайности по годам; $Y_i$ – средняя урожайность за годы исследований; $I_j$ – индекс условий среды (характеризует изменчивость погодных условий за данный год исследований); $b_i$ – коэффициент линейной регрессии (отражает реакцию сорта на изменение условий выращивания); $\sigma^2 d$ – среднеквадратическое отклонение (характеризует стабильность сорта).*

Среднеквадратическое отклонение от теоретической урожайности варьировало от ($\sigma^2 d$ = 0,1) до ($\sigma^2 d$ = 0,9), что показало стабильность урожайности изучаемых сортов.

Согласно уравнениям A. A. Rosielle, J. Hamblin, показатель степени устойчивости сортов к неблагоприятным факторам среды определяется по интервалу между минимальной и максимальной урожайностью ($Y_{min} - Y_{max}$). Этот показатель имеет отрицательные значения, поэтому меньшая разница между минимальной и максимальной урожайностью и характеризует стрессоустойчивость сорта для различных условий среды. Наиболее стрессоустойчивыми были сорт Новик (-0,5) и линии Зерноградский 1724 (-0,6), Зерноградский 1628 (-0,7), Зерноградский 1701 (-0,7), Зерноградский 1726 (-0,7).

Для расчета генетической гибкости ($(Y_{min} + Y_{max})/2$) используют компенсаторную способность, представляющую из себя среднюю урожайность в контрастных (стрессовых и не стрессовых) условиях. Данный показатель определяет реакцию сорта на условия выращивания, высокое значение которого определяет степень соответствия между урожайностью сортов и факторами среды. Наиболее высокие показатели отмечены у сортов ярового ячменя Азимут – 5,1, Формат – 5,0 и линий Зерноградский 1685, Зерноградский 1726 – 5,0 (таблица 2).

**Таблица 2 – Урожайность, стрессоустойчивость, генетическая гибкость сортов и линий ярового ячменя (2019–2021 гг.)**

| Сорт | Урожайность, т/га | | Стрессоустойчивость, $Y_{min} - Y_{max}$ | Генетическая гибкость, $(Y_{min} + Y_{max})/2$ |
|---|---|---|---|---|
| | min | max | | |
| Ратник (St.) | 3,9 | 4,9 | –1,0 | 4,4 |
| Новик | 3,9 | 4,4 | –0,5 | 4,2 |
| Приазовский 9 | 3,8 | 5,0 | –1,2 | 4,4 |
| Щедрый | 4,0 | 5,1 | –1,1 | 4,5 |
| Леон | 4,2 | 5,0 | –0,9 | 4,6 |
| Грис | 4,5 | 5,3 | -0,8 | 4,9 |
| Азимут | 4,7 | 5,5 | –0,8 | 5,1 |
| Федос | 4,4 | 5,2 | –0,8 | 4,8 |
| Формат | 4,6 | 5,4 | –0,8 | 5,0 |
| Зерноградский 1628 | 4,3 | 5,0 | –0,7 | 4,7 |
| Зерноградский 1685 | 4,6 | 5,4 | –0,8 | 5,0 |
| Зерноградский 1701 | 4,2 | 5,0 | –0,7 | 4,6 |
| Зерноградский 1726 | 4,7 | 5,4 | –0,7 | 5,0 |
| Зерноградский 1716 | 4,2 | 5,4 | –1,2 | 4,8 |
| Зерноградский 1717 | 4,3 | 5,1 | –0,8 | 4,7 |
| Зерноградский 1719 | 3,5 | 5,0 | –1,5 | 4,2 |
| Зерноградский 1721 | 4,0 | 4,9 | –0,9 | 4,5 |
| Зерноградский 1724 | 4,4 | 5,0 | –0,6 | 4,7 |
| Sx | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 |

Одним из показателей для измерения степени адаптивности сорта является коэффициент отзывчивости на условия окружающей среды (Кр.). Согласно В.А. Зыкину, чем сильнее отличается урожайность сорта, выращенного в благоприятной внешней среде, от урожайности этого же сорта, полученной в неблагоприятных условиях, тем более информативными будут данные. По анализу результатов исследований все сорта и линии хорошо реагируют на улучшение условий возделывания, наибольший коэффициент отзывчивости получен у сорта Приазовский 9 (Кр. = 1,30) и линий Зерноградский 1716 (Кр. = 1,29), Зерноградский 1719 (Кр. = 1,41) (рисунок 4).

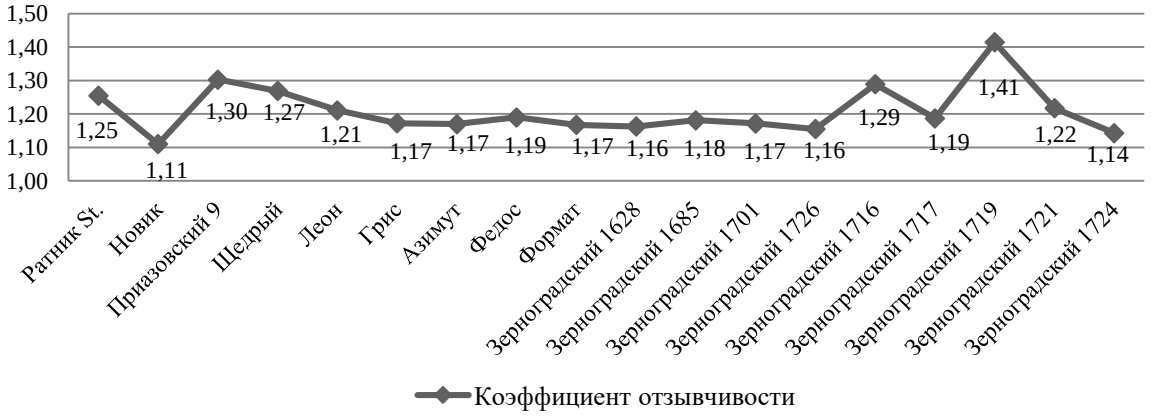



**Рисунок 4 – Коэффициент отзывчивости на улучшение условий выращивания сортов ярового ячменя (2019–2021 гг.)**

Гомеостатичность, выраженная в способности сводить к минимуму последствия неблагоприятных воздействий внешней среды, характеризует устойчивость признака в изменяющихся условиях. Данный показатель варьировал от

12 до 112. Относительно высокое значение гомеостатичности отмечено у сорта Новик (Hom = 112).

Коэффициент вариации (V) – стандартное отклонение, выраженное процентах к средней арифметической данной совокупности. Согласно рекомендованной классификации, при коэффициенте вариации V < 10 % – слабая изменчивость, от 10 % до 20 % – средняя, а при V ≥ 20 % – сильная. Проведенный анализ показал, что сильная изменчивость отмечалась у сорта Зерноградский 1719 (V = 24,40 %), слабая у сорта Новик и линии Зерноградский 1724, остальные сорта выражены средней изменчивостью. Стандартное отклонение (мера изменчивости признака) варьировало в пределах от 0,44 до 1,05 (таблица 3).

**Таблица 3 – Показатели адаптивности, стабильности и отзывчивости сортов и линий ярового ячменя (2019–2021 гг.)**

| Сорт | $X_i$* | S* | V* | Hom* | Sc* | ПУСС* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ратник (St.) | 4,3 | 0,75 | 17,3 | 25 | 3,4 | 100,0 |
| Новик | 4,1 | 0,33 | 8,1 | 112 | 3,7 | 191,9 |
| Приазовский 9 | 4,4 | 0,81 | 18,5 | 21 | 3,4 | 96,2 |
| Щедрый | 4,5 | 0,78 | 17,6 | 24 | 3,5 | 104,5 |
| Леон | 4,6 | 0,62 | 13,7 | 38 | 3,8 | 140,7 |
| Грис | 4,8 | 0,63 | 13,3 | 46 | 4,1 | 157,5 |
| Азимут | 5,0 | 0,62 | 12,3 | 51 | 4,3 | 187,6 |
| Федос | 4,7 | 0,61 | 13,1 | 43 | 3,9 | 154,6 |
| Формат | 5,0 | 0,55 | 11,0 | 59 | 4,3 | 214,5 |
| Зерноградский 1628 | 4,6 | 0,52 | 11,2 | 58 | 3,9 | 173,8 |
| Зерноградский 1685 | 4,8 | 0,66 | 13,7 | 43 | 4,1 | 157,4 |
| Зерноградский 1701 | 4,6 | 0,51 | 11,2 | 57 | 3,9 | 174,6 |
| Зерноградский 1726 | 4,9 | 0,62 | 12,8 | 53 | 4,2 | 173,3 |
| Зерноградский 1716 | 4,7 | 0,87 | 18,6 | 21 | 3,6 | 108,9 |
| Зерноградский 1717 | 4,7 | 0,57 | 12,2 | 48 | 3,9 | 163,5 |
| Зерноградский 1719 | 4,3 | 1,05 | 24,4 | 12 | 3,1 | 71,0 |
| Зерноградский 1721 | 4,5 | 0,64 | 14,1 | 37 | 3,7 | 134,5 |
| Зерноградский 1724 | 4,7 | 0,44 | 9,5 | 78 | 4,1 | 211,3 |

***Примечание.*** *Xi – средняя урожайность за 3 года, т/га; S – стандартное отклонение; V – коэффициент вариации; Hom – показатель гомеостатичности; Sc – показатель селекционной ценности; ПУСС – показатель уровня стабильности сорта.*

Одним из параметров оценки сорта является селекционная ценность генотипа (Sc), сочетающая в себе высокую урожайность с адаптивными возможностями. По этому показателю выделились сорта Формат (Sc = 4,3) и Азимут (Sc = 4,3) и линия Зерноградский 1726 (Sc = 4,2).

Показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) не только учитывает стабильность урожайности, но и в свою очередь характеризует способность сорта отзываться на улучшение условий выращивания, а также при ухудшении поддерживать продуктивность на достаточно высоком уровне. Показатель уровня стабильности урожайности сорта изменялся от 71,0 % (линия Зерноградский 1719) до 214,5 % (сорт Формат). По данному критерию выделились сорта Формат, Новик, Азимут и линия Зерноградский 1724.

## Выводы

Согласно проведенному анализу трехлетних данных (2019–2021 гг.) экологического сортоиспытания, выявлены сорта и перспективные линии, отличающиеся по ряду показателей высокими параметрами экологической пластичности и стабильности в условиях Ростовской области. Сорта Азимут и Формат выделились как наиболее высокоурожайные, экологически стабильные ($\sigma^2d$

от 0,3 до 0,4), генетически гибкие (($Y_{min}$ + $Y_{max}$)/2 от 5,0 до 5,1), с высокой селекционной ценностью (Sc = 4,3; ПУСС от 187,6 до 214,5 %). Среди линий высокие показатели отмечены у Зерноградский 1685 и Зерноградский 1726, выраженные в высокой стабильной урожайности (bi от 0,96 до 1,04; $\sigma^2 d$ от 0,3 до 0,4), генетической гибкости (($Y_{min}$ + $Y_{max}$)/2 = 5,0), высокой селекционной ценности (Sc от 4,1 до 4,2). Таким образом, созданные новые линии Зерноградский 1685 и Зерноградский 1726 по комплексу признаков не уступают по показателям адаптивности перспективным сортам ярового ячменя таким, как Азимут и Формат.

## Литература


1. Николаев П. Н., Юсова О. А. Стрессоустойчивость сортов ярового ячменя омской селекции в условиях Западной Сибири // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 4 (24). С. 135–142. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-4-24-135-142.
2. Железнов А. В., Кукоева Т. В., Железнова Н. Б. Ячмень голозерный: происхождение, распространение и перспективы использования // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17. № 2. С. 286–297.
3. Злотина М. М., Ковалева О. Н., Лоскутов И. Г., Потокина Е. К., Использование аллельспецифичных маркеров генов ppd и vrn для прогнозирования продолжительности вегетационного периода сортов ячменя // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17. № 1. С. 50–62.
4. Юсова О. А., Николаев П. Н., Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Адаптивность сортов ячменя по признаку «масса 1000 зерен» в условиях лесостепи Омской области // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 2. С. 24–28. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10205.
5. Гудзенко В. Н. Статистическая и графическая (GGE biplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 23(1). С. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19.469.
6. Турина Е. Л., Прахова Т. Я., Турин Е. Н., Зубоченко А. А., Прахов В. А. Оценка сортообразцов рыжика озимого (*Camelina sylvestris* Waller ssp. *pilosa* Zing.) по экологической адаптивности // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 3. С. 564–572. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.3.564rus.
7. Солонечный П. Н. AMMI и GGE biplot анализ взаимодействия генотип–среда линий ячменя ярового // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. № 21(6). С. 657–662. DOI: 10.18699/VJ17.283.
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. М.: Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, 1989. 250 с.
9. Зыкин В. А., Белан И. А., Юсов В. С. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. УфА: БашГАУ, 2005. 100 с.
10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2014. 351 с.
11. Хангильдин В. В., Литвиненко Н. А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы // Научно-технический бюллетень ВСГИ. 1981. № 1. С. 8–14.
12. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53.
13. Неттевич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна // Вестник сельскохозяйственной науки. 1985. № 1. С. 66–73.


## References


1. Nikolaev P. N., Yusova O. A. Resistance of spring barley varieties bred by the Omsk Agrarian Scientific Center to stress under conditions of Western Siberia // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2020. No. 4 (24). P. 135–142. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-4-24-135-142.
2. Zhelesnov A.V., Kukoeva T.V., Zheleznova N.B. Naked barley: origin, distribution, and prospects of utilization // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2013. No. 17(2). P. 286– 297.
3. Zlotina M.M., Kovaleva O.N., Loskutov I.G., Potokina E.K. Use of allele-specific markers of the *ppd* and *vrn* genes for predicting growing season duration in barley cultivars // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2013. No. 17(1). P. 50– 62.
4. Yusova O. A., Nikolaev P. N., Aniskov N. I., Safonova I. V. Adaptability of barley varieties by the weight of 1000 grains under forest-steppe conditions of the Omsk region // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2020. Vol. 34. No. 2. P. 24–28. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10205.
5. Gudzenko V. N. Statistical and graphical (GGE biplot) evaluation of the adaptive ability and stability of winter barley breeding lines // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. No. 23(1). P. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19.469.

6. Turina E. L., Prakhova T. Ya., Turin E. N., Zubochenko A. A., Prakhov V. A. Evaluation of winter camelina (*Camelina sylvestris* Waller ssp. *pilosa* Zing.) cultivars for environmental adaptability // Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2020. Vol. (55). No. 3. P. 564–572. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.3.564rus.

7. Solonechnyi P. N. AMMI and GGE biplot analyses of genotype-environment interaction in spring barley lines // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017. Vol. 21(6). P. 657–662. DOI: 10.18699/VJ17.283.

8. Methodology of the State variety testing of agricultural crops. Iss. 2. Moscow: State Commission for variety testing of agricultural crops, 1989. 250 p.

9. Zykin V. A., Belan I. A., Yusov V. S. Methodology for calculating and estimation parameters of ecological plasticity of agricultural plants. UfA: BashSAU, 2005. 100 p.

10. Dospekhov B. A. Methods of fields research. Moscow: Alyans, 2014. 351 p.

11. Khangildin V. V., Litvinenko N. A. Homeostaticity and adaptability of winter wheat varieties // Nauchno-tekhnicheskii Byulleten Vsesoyuznogo selektsionno-geneticheskogo instituta. 1981. No. 1. P. 8–14.

12. Goncharenko A. A. On adaptivity and ecological resistence of grain crop varieties // Vestnik of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2005. No. 6. P. 49–53.

13. Nettevich E. D., Morgunov A. I., Maksimenko M. I. Improving the efficiency of spring wheat selection for stability, yield and grain quality // Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki. 1985. No. 1. P. 66–73.

UDC 633.161:631.52

Filippov E. G., Bragin R. N., Dontsov D. P.

## ANALYSIS OF ADAPTABILITY INDICATORS OF SPRING BARLEY VARIETIES AND LINES IN THE ECOLOGICAL VARIETY TESTING

***Summary.*** *In today's world, when developing new varieties, attention must be paid not only to high grain productivity and quality, but also to their (varieties) response to changing weather conditions. Looking ahead, new variety should be ecologically plastic and able to make the best use of differing climactic and soil resources of the region of cultivation. The purpose of the current research was to study some spring barley varieties and lines according to a set of parameters including adaptability, ecological plasticity and stability in terms of "grain yield". The studies were carried out in 2019-2021 at the experimental fields of the Department of Barley Breeding and Seed Production, SSE "Agricultural research center «Donskoy»". For this purpose, the ecological variety-testing nursery plot was laid; preceding crop – sunflower. In a two-factor experiment (variety, year, their interaction), we studied 18 spring H. sativum varieties and lines developed in the Agricultural research center «Donskoy». Standard – variety 'Ratnik'. Analyzing adaptability indicators, we used methods, guidelines and methodologies developed by S.A. Eberhart, W.A. Rassel, A.A. Rosielle, J. Hamblin, V.V. Khangildin, N.A. Litvinenko, E.D. Nettevich, V.A. Zykin. The analysis revealed that more favorable growing conditions were in 2019 (Ij = +0.48); while in 2020 (Ij = -0.13) and 2021 (Ij = –0.35) they were unfavorable. The highest yield, compared to standard, was recorded for varieties 'Format' (5.0 t/ha; +0.7), 'Azimut' (5.0 t/ha; +0.7), 'Gris' (4.8 t/ha; +0.5) and lines 'Zernogradsky 1685' (4.8 t/ha; +0.5), 'Zernogradsky 1726' (4.9 t/ha; +0.6). In terms of the complex of traits, the best results demonstrated varieties 'Azimut' ($\sigma^2d$ = 0.4; ($Y_{min}$ + $Y_{max}$)/2 = 5.1; Sc = 4.3; indicator of cultivar level and stability (PUSS) = 187.6) and 'Format' ($\sigma^2d$ = 0.3; (Ymin + Ymax)/2 = 5.0; Sc = 4.3; PUSS = 214.5), as well as lines 'Zernogradsky 1685' ($\sigma^2d$ = 0.4; (Ymin + Ymax)/2 = 5.0; Sc = 4.1) and 'Zernogradsky 1726' ($\sigma^2d$ = 0.3; (Ymin + Ymax)/2 = 5.0; Sc = 4.2), which significantly exceeded standard variety 'Ratnik'.*

***Keywords:*** *spring barley (Hordeum sativum L.), ecological plasticity, stability, adaptivity, yield, variety.*

Филиппов Евгений Григорьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий отделом селекции и семеноводства ячменя ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: filippov.vniizk@mail.ru.

Брагин Роман Николаевич, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: braginroman@ya.ru.

Донцов Дмитрий Петрович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: doncova601@mail.ru.

Filippov Evgeny Grigoryevich, Cand. Sc. (Agr.), associate professor, head of the Department of barley breeding and seed production, SSE “Agricultural research center «Donskoy»”; 3, Nauchny gorodok, Zernograd, 347740, Russia; e-mail: filippov.vniizk@mail.ru.

Bragin Roman Nikolayevich., junior researcher of the Department of barley breeding and seed production, SSE “Agricultural research center «Donskoy»”; 3, Nauchny gorodok, Zernograd, 347740, Russia; e-mail: braginroman@ya.ru.

Dontsov Dmitry Petrovich, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher of the Department of barley breeding and seed production, SSE “Agricultural research center «Donskoy»”; 3, Nauchny gorodok, Zernograd, 347740, Russia; e-mail: doncova601@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 21.06.2022.*
*Дата принятия к печати – 11.10.2022.*

***ДЛЯ ЗАМЕТОК***

Уважаемые авторы!

Информируем Вас о том, что правила и образец оформления статей для публикации в научном журнале «Таврический вестник аграрной науки» представлены на сайте:http://tvan.niishk.ru/

***ДЛЯ ЗАМЕТОК***

Уважаемые авторы!

Информируем Вас о том, что правила и образец оформления статей для публикации в научном журнале «Таврический вестник аграрной науки» представлены на сайте:http://tvan.niishk.ru/