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

ТАВРИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК АГРАРНОЙ НАУКИ

научный журнал

ISSN 2542-0720

№2 (30)
2022

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

ТАВРИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК АГРАРНОЙ НАУКИ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

TAURIDA HERALD OF THE AGRARIAN SCIENCES

№2 (30)

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. 10.00
Заказ №
Тираж 500 экз.
Подписано к печати 12.07.2022.
Отпечатано с оригинал-макета

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

№2 (30), 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., д.б.н., ФГБУН «НБС–ННЦ», профессор ФГБОУ ВПО «Уральский ГАУ»; 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

Амунова О. С., Волкова Л. В., Мамаева А. В.
РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР ПО АДАПТИВНО ЗНАЧИМЫМ И ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ 8

Гулянов Ю. А.
ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО УРАЛА 22

Ковалев Н. И., Морозов А. И.
ВЫВЕДЕНИЕ НОВЫХ СОРТОВ ШИПОВНИКА (*ROSA SPP*.) В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 36

Коротких И. Н., Невкрытая Н. В., Грунина Е. Н.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОРФОТИПОВ ШАЛФЕЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО *SALVIA OFFICINALIS* L. С РАЗНОЙ ОКРАСКОЙ ЦВЕТКА 45

Куклина А. Г., Каштанова О. А., Ткаченко О. Б.
ВЛИЯНИЕ БИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ИРГУ (*AMELANCHIER* MEDIK.) И НЕКОТОРЫЕ АГРОКУЛЬТУРЫ СЕМЕЙСТВА ROSACEAE 54

Лыжин А. С., Лукъянчук И. В.
МОЛЕКУЛЯРНЫЙ СКРИНИНГ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОТБОРНЫХ ФОРМ ЗЕМЛЯНИКИ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К АНТРАКНОЗУ (ГЕН *RCA2*) 66

Морозов А. Н., Дубовик Д. В., Ильин Б. С.
ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА СОИ 74

Некрасов Е. И., Марченко Д. М., Иванисов М. М., Некрасова О. А.
ОЦЕНКА АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВУ ЗЕРНА 86

Пархоменко Г. Г., Божко И. В., Камбулов С. И., Бабенко О. С.
КАЧЕСТВО МИНИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПЛОСКОРЕЗНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ 94

Popov R. A., Krupnov A. V.
RESEARCH IMPACT OF CUTTING TOOTH SHAPES ON ENERGY CONSUMPTION WHEN CUTTING TECHNICAL HEMP STEMS 103

Приходько А. В., Черкашина А. В.
ВЛИЯНИЕ СИДЕРАЛЬНЫХ КУЛЬТУР НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ 111

Сухановский Ю. П., Нитченко Л. Б., Хлюпина С. В., Прущик И. А.
ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ БЕССМЕННЫХ КУЛЬТУР ПО ДАННЫМ МНОГОЛЕТНЕГО ОПЫТА ФБГНУ «КУРСКИЙ ФАНЦ» 121

Тевфик А. Ш., Егорова Н. А., Коваленко М. С.
ОСОБЕННОСТИ КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ МОНАРДЫ ДВОЙЧАТОЙ НА ЭТАПЕ ВВЕДЕНИЯ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO* 132

Тулякова М. В., Баталова Г. А., Пермякова С. В.
АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ОВСА ПЛЕНЧАТОГО В УСЛОВИЯХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ 143

Хакимова Л. Р., Чубукова О. В., Мурясова А. Р., Симороз Е. В., Чумакова А. К., Вершинина З. Р.
ВЛИЯНИЕ *PSEUDOMONAS SPP.* НА РАСТЕНИЯ ЛЮЦЕРНЫ *MEDICAGO SATIVA* L. ПРИ ИНГИБИРУЮЩЕМ ДЕЙСТВИИ СОЛЕЙ КАДМИЯ 155

Щеклеина Л. М.
АДАПТИВНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ К ГРИБНЫМ БОЛЕЗНЯМ 164

CONTENTS

Amunova O. S., Volkova L. V., Mamaeva A. V.
RESULTS OF THE STUDY OF SPRING SOFT WHEAT SAMPLES FROM THE VIR COLLECTION ACCORDING TO ADAPTIVELY SIGNIFICANT AND ECONOMICALLY VALUABLE CHARACTERISTICS 8

Gulyanov Yu. A.
FEATURES OF WINTER WHEAT GRAIN PRODUCTION IN CLIMATIC CONDITIONS OF THE SOUTHERN URALS 22

Kovalev N. I., Morozov A. I.
PLANT BREEDING OF *ROSA SPP*. UNDER CONDITIONS OF THE NON–CHERNOZEM ZONE OF RUSSIA 36

Korotkikh I. N., Nevkrytaya N. V., Grunina E. N.
COMPARATIVE ANALYSIS OF *SALVIA OFFICINALIS* L. MORPHOTYPES WITH DIFFERENT FLOWER COLOURS 45

Kuklina A. G., Kashtanova O. A., Tkachenko O. B.
INFLUENCE OF BIOTIC FACTORS ON *AMELANCHIER* MEDIK. AND SOME PLANTS FROM THE ROSACEAE FAMILY 54

Lyzhin A. S., Luk'yanchuk I. V.
MOLECULAR SCREENING OF PROMISING STRAWBERRY SELECTED FORMS BY ANTHRACNOSE RESISTANCE (*RCA2* GENE) 66

Morozov A. N., Dubovik D. V., Ilyin B. S.
INFLUENCE OF PRIMARY TILLAGE METHODS ON SOYBEAN WEED INFESTATION, YIELD AND GRAIN QUALITY 74

Nekrasov E. I., Marchenko D. M., Ivanisov M. M., Nekrasova O. A.
ESTIMATION OF ADAPTIVE POTENTIAL OF WINTER BREAD WHEAT VARIETIES ACCORDING TO PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY 86

Parkhomenko G. G., Bozhko I. V., Kambulov S. I., Babenko O. S.
QUALITY OF MINIMUM TILLAGE WITH A FLAT-CUTTING WORKING BODY 94

Popov R. A., Krupnov A. V.
RESEARCH IMPACT OF CUTTING TOOTH SHAPES ON ENERGY CONSUMPTION WHEN CUTTING TECHNICAL HEMP STEMS 103

Prikhodko A. V., Cherkashyna A. V.
INFLUENCE OF GREEN MANURE CROPS ON WINTER WHEAT GRAIN PRODUCTIVITY AND QUALITY 111

Sukhanovskii Yu. P., Nitchenko L. B., Khlupina S. V., Prushchik I. A.
EVALUATION OF YIELDS OF PERMANENT CROPS ACCORDING TO THE LONG-TERM STUDIES CARRIED OUT IN THE FEDERAL AGRICULTURAL KURSK RESEARCH CENTER 121

Tevfik A. Sh., Yegorova N. A., Kovalenko M. S.
FEATURES OF *MONARDA DIDYMA* CLONAL MICROPROPAGATION AT THE STAGE OF INTRODUCTION INTO CULTURE IN VITRO 132

Tulyakova M. V., Batalova G. A., Permyakova S. V.
ADAPTIVE POTENTIAL OF FILMY *AVENA SATIVA* L. SAMPLES UNDER CONDITIONS OF THE KIROV REGION 143

Khakimova L. R., Chubukova O. V., Muryasova A. R., Simoroz E. V., Chumakova A. K., Vershinina Z. R.
IMPACT OF *PSEUDOMONAS SPP*. ON *MEDICAGO SATIVA* L. PLANTS UNDER THE INHIBITORY EFFECT OF CADMIUM SALTS 155

Shchekleina L. M.
ADAPTABILITY AND RESISTANCE OF WINTER RYE VARIETIES TO FUNGI DISEASES 164

УДК 633.111:631.529
EDN CDEMKR

Амунова О. С., Волкова Л. В., Мамаева А. В.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР ПО АДАПТИВНО ЗНАЧИМЫМ И ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»

Реферат. *Направления селекции пшеницы в Волго-Вятском регионе определены агроклиматическими особенностями и потребностями товаропроизводителей. Основное внимание уделяется созданию сортов, сочетающих высокую потенциальную продуктивность с экологической устойчивостью. Цель исследования − оценка образцов мягкой яровой пшеницы из коллекции ВИР и выявление генетических источников продуктивности, качества зерна, экологической стабильности и других ценных агрономических показателей. Объектом трехлетнего полевого изучения стали 73 образца различного эколого-географического происхождения, проанализированные по комплексу признаков с учетом их связи с урожайностью. Анализ генотипических корреляций средних значений признаков показал значимую положительную связь урожайности с высотой растения (r_g = 0,35), длиной верхнего междоузлия (r_g = 0,34), элементами продуктивности главного колоса (r_g = 0,40−0,51) и растения (r_g = 0,47). Урожайность пшеницы отрицательно коррелировала с содержанием в зерне белка (r_g = −0,54) и не имела связи с раннеспелостью, продуктивной кустистостью и крупностью зерна, что осложняет селекцию на совмещение этих признаков. Выявлено четыре раннеспелых (79−82 суток) урожайных (283,7−414,9 г/м^2) сорта, 23 высокоурожайных образца (322,4−494,9 г/м^2), сочетающих оптимальную высоту растения (57,7–86,4 см) и устойчивость к полеганию (7−9 баллов), 12 образцов с продуктивным главным колосом (1,33−1,92 г) и шесть образцов с высокой продуктивностью растения (2,43−2,60 г). У двух сортов высокие значения массы 1000 зерен (47,9−49,6 г) сочетались с высоким содержанием белка в зерне (11,9−12,7 %). Выделено 10 сортов с высоким показателем уровня стабильности (ПУСС = 119−321 %) и низкой вариабельностью урожайности по годам (V = 8,3−23,2 %). Кластерный анализ источников хозяйственно полезных признаков разделил набор выделившихся образцов (n = 47) на три кластера. Выбор для скрещивания сортов из удаленных кластеров позволит ожидать в новом генотипе сочетание наиболее ценных признаков.*

Ключевые слова: *пшеница мягкая яровая (Triticum aestivum L.), сорт, агрономический показатель, коэффициент корреляции, экологическая устойчивость, кластерный анализ.*

Для цитирования: *Амунова О. С., Волкова Л. В., Мамаева А. В.Результаты изучения образцов мягкой яровой пшеницы из коллекции ВИР по адаптивно значимым и хозяйственно ценным признакам // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 2(30). С. 8–21. EDN: CDEMKR.*

For citation: *Amunova O. S., Volkova L. V., Mamaeva A. V. Results of the study of spring soft wheat samples from the VIR collection according to adaptively significant and economically valuable characteristics // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 2(30). P. 8–21. EDN: CDEMKR.*

Введение

Яровая пшеница является ценной продовольственной культурой, которую возделывают в России, США, Аргентине, Бразилии, Канаде, Австралии, ЕС и многих других странах мира. Российская Федерация уже несколько лет удерживает

лидерские позиции по объемам производства и экспорту пшеницы, поэтому возделывание культуры можно рассматривать как основу национальной продовольственной безопасности [1]. В структуре посевных площадей России пшеница занимает первое место (около 39 %) среди основных сельскохозяйственных культур. Для обеспечения потребности в зерне пшеницы на фоне глобального изменения климата и увеличивающейся численности населения необходимо постоянное совершенствование сортов, добиться которого можно путем использования огромного потенциала генетического разнообразия [2]. Генетические ресурсы культурных растений и их диких сородичей являются одним из базовых компонентов в создании уникальных генотипов, адаптированных ко всему разнообразию почвенно-климатических и погодных условий России [3].

Направления селекции пшеницы в Волго-Вятском регионе, частью которого является Кировская область, определены агроклиматическими особенностями (коротким сроком вегетации, недостаточной тепло- и влагообеспеченностью, большой долей кислых или малоплодородных почв, видовым и расовым составом патогенов), а также потребностями товаропроизводителей. Яровая пшеница, высоко адаптированная к условиям региона, способна давать высокие и экономически оправданные урожаи (до 6,0 т/га). Поэтому основное внимание уделяется целенаправленной селекции на сочетание высокой потенциальной продуктивности с экологической устойчивостью.

Пригодность сорта пшеницы к возделыванию в той или иной климатической зоне определяется длительностью вегетационного периода [4]. Создание раннеспелых сортов яровой пшеницы актуально для многих регионов РФ [5], в том числе для Волго-Вятского. Резкая смена погоды, заморозки, засуха и другие природные явления почти ежегодно наблюдаются в Кировской области. Быстрое прохождение фаз органогенеза, формирование и созревание семян в максимально короткий срок позволяют стабилизировать валовые сборы зерна [6]. Затяжные и ливневые дожди в предуборочный и уборочный периоды приводят к полеганию посевов, влекут прорастание зерна на корню и снижают хлебопекарные качества [7]. Создание устойчивых к полеганию короткостебельных сортов позволило бы решить эту проблему, однако собственные многолетние исследования [8] свидетельствуют о значительной роли высоты растений пшеницы в формировании биологического урожая. Признак контролируется множеством генов, наибольшая эффективность которых проявляется в условиях достаточного увлажнения, внесения удобрений, защиты растений от сорняков и паразитов [4]. В неблагоприятных условиях повышается чувствительность верхнего междоузлия [9], а его длина в разной степени прямо или косвенно влияет на устойчивость к полеганию [10], засухоустойчивость [11] и урожайность [12–14].

Получение высоких урожаев зерна является конечной целью производства пшеницы. Урожайность – полигенный признак, на его формирование влияет множество факторов, но основными слагаемыми являются число продуктивных стеблей на 1 м^2 и масса зерна с колоса [15, 16]. Первое слагаемое зависит от норм высева, второе – от длины колоса, числа зерен и массы 1000 зерен. Успехи в селекции во многом связаны с повышением и стабилизацией этих признаков. Кроме того, современные сорта должны удовлетворять потребности рынка в увеличении содержания белка и массы теста [17]. В селекционных программах под постоянным контролем находится сочетание высокой урожайности, качества зерна, устойчивости к абиотическим и биотическим факторам с высокой сортовой пластичностью и адаптивностью, что обеспечивает наиболее полную реализацию генетического потенциала [18].

Для получения новых сортов проводят различные типы скрещивания, подбор родительских форм осуществляют как по эколого-географическому принципу, так и по элементам структуры урожая [19]. Для того, чтобы коллекция пшеницы имела научную и практическую ценность, необходима систематизация образцов, способных в полной мере реализовать потенциал адаптивно значимых и хозяйственно ценных признаков в конкретном регионе. Кластерный анализ позволит структурировать изучаемые образцы по функциональным группам, которые можно назвать носителями коадаптированных блоков генов, и использовать данные группы в селекции для удачного сочетания необходимых признаков.

Цель исследований – изучение образцов мягкой яровой пшеницы из коллекции ВИР и выявление генетических источников продуктивности, качества зерна, экологической стабильности и других ценных агрономических показателей.

Материал и методы исследований

Исследования проводили в 2019–2021 гг. на опытном поле ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого» (г. Киров). Объектом изучения стали 73 образца мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) из Австралии, Германии, Китая, Беларуси, Франции, Великобритании, Непала, а также 21 субъекта Российской Федерации, поступившие из Федерального исследовательского центра «Всероссийский институт растениеводства имени Н.И. Вавилова» в 2017 г. Почва опытного поля – дерново-подзолистая среднесуглинистая, сформирована на элювии пермских глин. Агрохимические показатели: содержание P_2O_5 – 175 мг/кг, K_2O – 166 мг/кг почвы (по Кирсанову, ГОСТ Р 54650-2011), содержание гумуса – 2,02 % (по Тюрину, ГОСТ 26213-91).

В полевых опытах использовали общепринятые для северо-восточной зоны агротехнологические мероприятия. Посев образцов проводили по чистому пару в оптимальные сроки на делянках площадью 0,9 м^2 в двукратной повторности, норма высева – 300 зерен/м^2. Стандартами служили раннеспелый сорт Баженка (к-64870, Кировская обл., РФ) и среднеспелый сорт Маргарита (к-64851, Ульяновская обл., РФ). Стандарты размещали через каждые 30 экспериментальных образцов. Анализ структуры продуктивности и учет урожая проводили по методическим указаниям ВИР [20, 21]. Содержание белка в зерне определяли с помощью прибора «Inframatic 8620». Математическую обработку данных проводили методами корреляционного, дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [22] и вариационной статистики с использованием пакетов программ Agros 2.07 и Microsoft Excel 2016. Комплексный показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) определяли по методике Э. Д. Неттевича [23]. На основе параметров, характеризующих продуктивность растений (высота, длина верхнего междоузлия, продуктивная кустистость, длина колоса, число колосков, число зерен с колоса, масса зерна с колоса и растения, масса 1000 зерен), а также урожайности и содержания в зерне белка строили дендрограммы распределения сортов (кластерный анализ по методу Варда (Ward’s method)) с использованием программы Statistica version 10 (StatSoft).

Климат Кировской области умеренно-континентальный с умеренно холодной зимой и теплым, но коротким летом. Период активного роста зерновых культур составляет в среднем 110–120 дней. Сумма активных температур данного периода варьирует от 1600 до 2198 градусов, месячные нормы летних осадков превышают 60 мм, однако распределение агроклиматических ресурсов крайне неравномерно как по годам, так и в течение вегетационного периода. Условия вегетации в период изучения сортов пшеницы значительно отличались по тепло- и влагообеспеченности (таблица 1).

Погодные условия 2019 г. в целом были благоприятными для роста и развития растений пшеницы. Обилие осадков в период, предшествующий колошению, оказал

положительное влияние на продуктивность колоса, зерновую и биологическую урожайность. Усиленный прирост вегетативной массы привел к частичному полеганию посевов. Низкие значения среднесуточных температур воздуха во второй половине вегетации задержали созревание зерна. Вегетационный период в среднем составил 103 суток, что на 10–15 суток больше среднемноголетнего показателя.

Таблица 1 – Метеорологические условия межфазных периодов вегетации растений пшеницы

Период	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее многолетнее
температура воздуха, °С				
Посев – всходы	14,5	11,0	21,7	11,3
Всходы – колошение	14,8	14,3	16,8	17,7
Колошение – восковая спелость	15,3	18,1	20,4	17,3
Всходы – созревание	15,0	16,4	18,9	17,4
осадки, мм				
Посев – всходы	6,0	36,0	2,0	12,3
Всходы – колошение	124,7	87,0	67,5	86,6
Колошение – восковая спелость	102,1	151,0	145,1	145,4
Всходы − созревание	226,8	238,0	212,6	214,0

В 2020 г. теплая погода в мае и хорошая увлажненность почвы благоприятно сказались на полевой всхожести семян и общей кустистости растений. Недостаток осадков в период от выхода в трубку до начала колошения стал причиной снижения продуктивности раннеспелых сортов. Избыточное количество осадков и сильные ливневые дожди в период созревания зерна спровоцировали полегание посевов. Вегетационный период яровой пшеницы в среднем составил 80 суток.

Вегетация растений в 2021 г. проходила в условиях повышенных температур, что значительно сократило сроки созревания яровой пшеницы. В результате вегетационный период составил в среднем 70 суток. Аномально теплая и сухая погода мая явилась причиной снижения полевой всхожести семян. Дефицит осадков в период «выход в трубку – колошение» негативно сказался на зерновой продуктивности растений.

Результаты и их обсуждение

Как известно, при создании сорта необходимо стремиться к сочетанию хозяйственно полезных признаков на оптимальном и высоком уровне, принимая во внимание корреляционные связи между ними. Знание характера соотношений между урожайностью, как целевого признака, и его структурными компонентами в отдельные годы позволяет весьма эффективно прогнозировать последствия отбора в схожих условиях. Генотипические корреляции свидетельствуют о возможности сочетания необходимых признаков в одном генотипе. В 2019 г. урожайность была лимитирована двумя показателями: длиной главного колоса ($r = 0,40$) и высоким числом колосков в колосе ($r = 0,25$). Остальные структурные элементы не показали значимых (при $p \leq 0,05$) корреляций с урожайностью, так как в благоприятных для роста и развития условиях был реализован потенциал признаков, свойственных каждому сорту. В 2020 г. преимущество получили средне- и позднеспелые образцы с потенциально высокой кустистостью ($r = 0,27$), продуктивным главным колосом ($r = 0,51$) и высоким значением массы зерна с растения ($r = 0,54$). В 2021 г. на урожайность повлияли такие морфогенетические признаки, как высота растений ($r = 0,62$), длина верхнего междоузлия ($r = 0,56$) и длина колоса ($r = 0,34$). Значимый вклад в урожайность сортов внесли также продуктивность главного колоса ($r = 0,41$), растения ($r = 0,40$) и крупность зерна ($r = 0,44$) (таблица 2).

Анализ генотипических корреляций между средними значениями признаков показал значимую положительную связь урожайности с высотой растения (r = 0,35), длиной верхнего междоузлия (r = 0,34), продуктивностью главного колоса (r = 0,41) и растения (r = 0,47). Урожайность пшеницы отрицательно коррелировала с содержанием белка в зерне (r = −0,54) и была не связана с раннеспелостью, продуктивной кустистостью и крупностью зерна, что осложняет селекцию на совмещение этих признаков. Задачей данного исследования являлось выделение источников именно тех признаков, которые имеют тесную связь с урожайностью.

Таблица 2 – Парные коэффициенты фенотипической (r) и генотипической (r_g) корреляции между урожайностью и хозяйственно ценными признаками

Признак	r			r_g (2019–2021)
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	
Продолжительность вегетационного периода	0,05	0,54**	0,12	0,43**
Продолжительность периода «всходы−колошение»	−0,01	0,44**	0,18	0,42**
Продолжительность периода «колошение−восковая спелость»	0,08	0,21	−0,08	0,07
Продуктивная кустистость	−0,10	0,27*	0,15	0,09
Высота растений	0,17	0,32**	0,62**	0,35**
Длина верхнего междоузлия	0,19	0,17	0,56**	0,34**
Длина главного колоса	0,40**	0,37**	0,34**	0,51**
Число колосков в колосе	0,25*	0,44**	0,23	0,41**
Число зерен с колоса	0,04	0,54**	0,24*	0,40**
Масса зерна с колоса	0,06	0,51**	0,41**	0,41**
Масса зерна с растения	0,09	0,54**	0,40**	0,47**
Масса 1000 зерен	0,06	0,14	0,44**	0,14
Содержание белка	−0,20	−0,37**	−0,44**	−0,54**

Примечание. **, ** – значимо при $p \leq 0,05$ и 0,01 соответственно, n = 73.*

Длительность вегетационного периода является показателем адаптивности пшеницы и играет важную рольв формировании урожая [24–26]. В нашем исследовании выделилось 10 образцов с непродолжительным периодом «всходы – созревание», шесть из которых созданы в Китае –Dai Chun 2 (к-65 848), Dian 662-525-2 (к-65 849), Shen 68-71 (к-65 863), Hong Mai 5 (к-65 883), Liao Chun 6 (к-65 850) и Da 742 (к-65 866) и четыре в Российской Федерации − Злата (к-66 414, Московская обл.), Памяти Юдина (к-65 243, Иркутская обл.), Тепсей (к-65 847, Хакасия) и Уральская кукушка (к-66 267, Челябинская обл.). Вегетационный период данных образцов в среднем составил 79–82 суток, в то время как у раннеспелого стандарта – 83 суток.

Увеличение продолжительности периода от всходов до колошения благоприятно сказывается на продуктивности растений. У изучаемых образцов длительность этого периода зависела как от года, так и от генотипа, варьируя с 30 до 55 суток. В 2021 г. отмечали наименьший по продолжительности период «всходы – колошение», среднее значение по анализируемым сортам составило 34 суток с пределами от 30 до 41 суток. Длительный период был отмечен в 2019 г. и составил 47 суток с пределами 40–50 суток. Наиболее продолжительным периодом от всходов до колошения (43−46 суток) характеризовались отечественные сорта пшеницы Альмата (к-65 241, Краснодарский край), Курская 2038 (к-64 641, Курская обл.), Тобольская (к-65 846, Алтайский край) и Рима (к-66 259, Рязанская обл.), а также образцы из Китая Mao Ying AFu (к-65 882), Yun Mai 35 (к-65 885) и Qing Chun 25 (к-65 886).

У раннеспелых генотипов продолжительность периода «всходы – колошение» варьировала от 35 до 40 суток. Наибольшая продолжительность периода – 38–40 суток

отмечена у отечественных образцов, у сортов китайской селекции она составила 35–36 суток. Более длительный межфазный период сортов Злата, Памяти Юдина, Тепсей и Уральская кукушка позволил увеличить период формирования вегетативных органов, что в конечном итоге отразилось на урожайности, которая в среднем составила 329,7 г/м^2, в то время как у китайских образцов – 206,5 г/м^2.

Высота растений – важный показатель архитектоники растений, уборочного индекса зерна и урожая [27, 28]. За годы исследований высота стебля изучаемых генотипов варьировала в пределах 37,1–112,6 см. Наибольший средний по выборке показатель (89,4 см) отмечен в 2019 г. в условиях достаточной влагообеспеченности в фазу колошения растений. Минимальную среднюю высоту (58,9 см) растения сформировали в 2021 г. в условиях жаркой и сухой погоды.

При выборе исходного материала необходимо ориентироваться на сорта, гармонично сочетающие оптимальную высоту, устойчивость к полеганию и высокую урожайность. Среди изученных образцов выделено 23 таких генотипа, включая стандарты (таблица 3).

Таблица 3 – Высокоурожайные образцы мягкой яровой пшеницы, обладающие оптимальной высотой и устойчивостью к полеганию (среднее за 2019–2021 гг.)

Номер в каталоге ВИР, название, происхождение	Урожайность, г/м^2	Высота растений, см	Устойчивость к полеганию, балл
64 870, ст. Баженка, Кировская обл., РФ	322,4	73,4	7
64 851, ст. Маргарита, Ульяновская обл., РФ	385,5	84,6	7
66 011, Ульяновская 105, Ульяновская обл., РФ	494,9	83,6	7
64 253, Амир, Московская обл., РФ	439,3	72,2	7
Чайка, Беларусь	432,2	62,4	7
64 547, Экада 70, Ульяновская обл., РФ	432,0	83,0	7
Веста, Беларусь	431,7	67,7	7
65 244, Уралосибирская, Омская обл., РФ	431,2	85,6	7
65 247, Тюменская 29, Тюменская обл., РФ	420,7	76,7	7
65 256, Bonpain, Франция	418,9	62,8	9
65 846, Тобольская, Алтайский край, РФ	418,8	86,4	7
66 239, Экада 109, Татарстан, РФ	418,8	86,4	7
66 420, Ингала, Тюменская обл., РФ	413,8	83,3	7
65 477, Екатерина, Свердловская обл., РФ	407,8	84,7	7
65 261, Melissos, Германия	402,2	61,8	9
Мона, Беларусь	400,0	67,0	7
65 989, Eminent, Германия	371,2	71,4	7
66 259, Рима, Рязанская обл., РФ	370,5	84,8	7
66 273, KWS Torridon, Великобритания	370,8	57,7	9
64 640, Красноуфимская 100, Свердловская обл., РФ	367,4	81,4	7
66 426, Канюк, Франция	354,7	63,4	7
63 714, Тулайковская 10, Самарская обл., РФ	349,6	82,6	7
65 262, Naxos, Германия	344,2	60,0	9
Среднее в опыте	342,9	76,2	-
$НСР_{05}$	138,1	9,4	-

Длина верхнего междоузлия определяет высоту растений (в нашем исследовании коэффициенты корреляции между признаками составили 0,88–0,90) и характеризуется достаточной чувствительностью к условиям среды. Так, средняя длина верхнего междоузлия в 2019 г. составила 42,9 см, в 2020 – 34,9 см, в 2021 – 24,9 см. В засушливых условиях 2021 г. наибольшую урожайность (279,0–380,9 г/м^2) сформировали образцы пшеницы с относительно длинным (23,7–33,5 см) верхним междоузлием: Ульяновская 105 (к-66 011), Экада 70 (к-64 547) и Экада 109 (к-66 239) из Ульяновской области, Сибирский Альянс (к-65 242) и Тобольская (к-65 846) из Алтайского края, Тюменская 29 (к-65 247) и Тюменская 30 (к-65 248) из Тюменской области, Бурятская 551 (к-65 249) из Бурятии, Воронежская 20 (к-65 257) из

Воронежской области и Курагинская 2 (к-65 563) из Красноярского края РФ. Эти образцы могут быть охарактеризованы как засухоустойчивые.

Длина главного колоса – важный показатель продуктивности пшеницы, поскольку хорошо коррелирует с урожайностью и обладает высокой генетической обусловленностью [29]. Изменчивость данного признака у образцов в годы изучения составила 5,6–10,7 см с максимальным значением у сорта Сигма (к-65 565, Омская обл., РФ) и минимальным у сорта Yanzhan N1 (к-65 890, Китай). Необходимо принимать во внимание, что высокие линейные параметры колоса должны сочетаться с высокими значениями числа колосков и озерненностью колоса.

Число зерен с колоса варьировало от 10,9 до 52,5 шт., причем наименьший и наибольший показатели были отмечены в 2020 г. у сортов Dian 662-525-2 (к-65 849, Китай) и Амир (к-64 253, Московская обл., РФ) соответственно. Высокими значениями параметра (40,3–44,5 шт.) характеризовались также образцы: Курская 2038 (к-64 641, Курская обл., РФ), Ингала (к-66 420, Тюменская обл., РФ) и KWS Torridon (к-66 273, Великобритания).

Масса зерна с колоса – один из наиболее значимых элементов структуры урожая пшеницы на ранних этапах селекционного процесса, поскольку индивидуальный отбор нового селекционного материала часто осуществляется по колосу [4]. Масса зерна с колоса в годы изучения изменялась от 0,49 г у сорта Dian 662-525-2 (к-65 849, Китай) до 2,10 г у сорта QingChun 25 (к-65 886, Китай). Наибольшее среднее групповое значение признака у образцов пшеницы (1,50 г) выявлено в 2019 г., а наименьшее (1,20 г) – в 2021 г. Среди сортов выделились отечественные образцы Ингала (к-66 420, Тюменская обл.), Курская 2038 (к-64 641, Курская обл.), Маргарита (к-64 851, Ульяновская обл.) и Сибирский Альянс (к-64 242, Алтайский край), зарубежные сорта Канюк (к-66 426, Франция) и KWS Torridon (к-66 273, Великобритания). Масса зерна с колоса у них составила 1,53–1,92 г. Данные сорта также характеризовались высокой урожайностью (354,7–413,8 г/м^2).

В результате анализа элементов продуктивности главного колоса было выделено 12 образцов с комплексом указанных признаков (таблица 4).

Таблица 4 – Образцы мягкой яровой пшеницы, характеризующиеся высокой продуктивностью колоса (2019–2021 гг.)

Номер в каталоге ВИР, название, происхождение	Длина колоса, см	Число зерен с колоса, шт.	Масса зерна с колоса, г
64 870, ст. Баженка, Кировская обл., РФ	8,4	34,0	1,42
64 851, ст. Маргарита, Ульяновская обл., РФ	8,4	31,0	1,51
64 253, Амир, Московская обл., РФ	8,6	44,5	1,76
64 414, Курская 2038, Курская обл., РФ	8,1	41,2	1,70
66 273, KWSTorridon, Великобритания	7,4	41,1	1,65
66 420, Ингала, Тюменская обл., РФ	9,9	40,3	1,92
59 389, Лада, Беларусь	8,3	38,2	1,49
65 261, Melissos, Германия	8,4	36,8	1,49
65 242, Сибирский Альянс, Алтайский кр., РФ	8,4	35,7	1,53
66 259, Рима, Рязанская обл., РФ	8,2	35,5	1,57
66 009, Зауралочка, Курганская обл., РФ	8,2	35,3	1,33
66 010, Ульяновская 101, Ульяновская обл., РФ	9,2	35,3	1,65
65 255, Korinta, Польша	8,5	34,5	1,37
65 886, Qing Chun 25, Китай	7,7	32,7	1,70
Среднее в опыте (n=73)	7,7	31,4	1,32
$НСР_{05}$	0,8	6,2	0,32

Масса зерна с растения варьировала с 0,61 г у сорта Dian 662-525-2 (к-65 849, Китай) в 2020 г. до 3,80 г у образца Красноуфимская 100 (к-64 640, Свердловская обл.,

РФ) в 2019 г. Наибольшее среднее значение признака (2,25 г) анализируемые сорта показали в 2019 г., наименьшее – в 2020 г. (1,62 г). За годы исследования высокими средними значениями массы зерна с растения (2,43–2,60 г) характеризовались отечественные образцы Ингала (к-66 420, Тюменская обл.), Ульяновская 101 (к-66 010, Ульяновская обл.), Сибирский Альянс (к-65 242, Алтайский край), Красноуфимская 100 (к-64 640, Свердловская обл.), Амир (64253, Московская обл.) и сорт из Германии Naxos (к-65 262).

Масса 1000 зерен – это показатель выполненности и крупности семян, на его величину существенно влияют активность ассимиляционного аппарата верхней части растения, продолжительность периода формирования зерновки, а также условия питания растений. Масса 1000 зерен у образцов пшеницы в годы изучения изменялась от 29,2 г у сорта BL 1530 (к-65 889, Непал) до 57,4 г у сорта DaiChun 2 (к-65 848, Китай). Наиболее крупное зерно образцы сформировали в 2019 г.: среднее значение признака составило 44,2 г с интервалом 32,0–57,4 г. Источниками крупнозерности могут служить российские сорта Маргарита (к-64 851), Ульяновская 101 (к-66 010) и Экада 70 (к-64 547) из Ульяновской области, Черноземоуральская 2 (к-65 246) из Воронежской области, Сигма (к-65 565) из Омской области, Ингала (к-66 420) из Тюменской области и Курагинская 2 (к-65 563) из Красноярского края, а также китайские сорта Dai Chun 2 (к-65 848), Dian 662-525-2 (к-65 849), Qing Chun 25 (к-65 886) и Hua Mai 10 (к-65 865) со значениями массы 1000 зерен 45,6–51,5 г.

Содержание белка в значительной степени обуславливает качество зерна пшеницы, с ним связана пищевая и кормовая ценность, выход конечной продукции после переработки, конкурентоспособность продукции и цена на рынке. Количество белка в зерне – признак генетический, в то же время очень сильно изменяющийся под влиянием условий выращивания. Среднее групповое значение (n = 73) в зависимости от года изучения изменялось от 9,8 до 14,4 %, у отдельных генотипов показатели варьировали от 6,7 до 17,5 %. Выделены высокобелковые сорта из Китая, России, Франции, Австралии (таблица 5), которые могут быть привлечены в селекцию для повышения качества урожая.

Таблица 5 – Образцы мягкой яровой пшеницы с высоким содержанием белка в зерне

Название сорта, происхождение	Содержание белка в зерне, %			
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее
к-64 870, ст. Баженка	9,8	12,3	15,5	12,5
к-64 851, ст. Маргарита	8,3	10,9	14,0	11,8
к-65 848, DaiChun 2, Китай	12,7	15,0	17,8	15,2
к-65 866, Da 742, Китай	12,4	15,7	16,4	14,8
к-65 890, Yanzhan №1, Китай	11,6	13,5	18,3	14,5
к- 65 991, W 3534, Австралия	11,6	13,7	17,2	14,1
к-65 849, Dian 662-525-2, Китай	11,9	14,3	15,9	14,0
к-65 883, Hong Mai 5, Китай	10,7	13,6	17,5	13,9
к-65 241, Альмата, Краснодарский край, РФ	12,9	13,3	15,0	13,7
к-65 990, Combination X, Австралия	12,3	10,6	18,0	13,6
к-65 850, LiaoChun 6, Китай	10,3	14,4	16,0	13,6
к-65 256, Bonpain, Франция	10,0	12,9	17,8	13,6
к-65 242, Сибирский Альянс, Алтайский край, РФ	10,5	13,1	16,9	13,5
Среднее по опыту	9,8	11,7	14,4	12,0
$НСР_{05}$	1,6	2,0	3,1	2,0

Изучение сортов в контрастных погодных условиях позволило достаточно точно ранжировать генотипы по экологической устойчивости. Для ее характеристики использовали показатель уровня стабильности сорта (ПУСС, %), который

одновременно оценивает уровень и стабильность урожайности по отношению к стандарту Маргарита, а также коэффициент вариации урожайности (V, %), вычисленные для каждого сорта по данным за три года. В результате из 73 образцов коллекции выделено 10 сортов с высоким ПУСС и низкой вариабельностью урожайности (таблица 6).

Таблица 6 – Образцы с высокой экологической устойчивостью по урожайности

Номер в каталоге ВИР, название, происхождение	ПУСС, %	V, %
64 870, ст. Баженка, Кировская обл., РФ	70,1	34,3
64 851, ст. Маргарита, Ульяновская обл., РФ	100,0	34,4
65 846, Тобольская, Алтайский край, РФ	321,2	16,2
65 248, Тюменская 30, Тюменская обл., РФ	282,8	13,0
65 563, Курагинская 2, Красноярский край, РФ	236,1	16,5
65 249, Бурятская 551, Бурятия	203,5	15,1
65 845, Хуторянка, Тамбовская обл., РФ	202,7	13,4
66 257, Воронежская 20, Воронежская обл., РФ	195,1	18,3
65 562, Красноярская 12, Красноярский край, РФ	177,1	8,3
65 247, Тюменская 29, Тюменская обл., РФ	177,0	23,2
65 242, Сибирский Альянс, Алтайский край, РФ	165,6	21,9
66 010, Ульяновская 101, Ульяновская обл., РФ	119,2	23,2

Особый интерес для селекции представляют сорта Тобольская и Тюменская 29, выделенные ранее по урожайности и устойчивости к полеганию.

Для оценки хозяйственной полезности коллекционных образцов пшеницы и вовлечения их в гибридизацию был проведен кластерный анализ выделившихся источников ценных признаков (n = 47). Его элементами стали морфологические (высота растения и длина верхнего междоузлия), продуктивные (продуктивная кустистость, длина колоса, число зерен с колоса, масса зерна с колоса и растения, масса 1000 зерен), качественные (содержание белка в зерне) признаки и урожайность сортов. Анализ позволил разделить набор образцов на три кластера по линии linkage distance = 500 (рисунок).

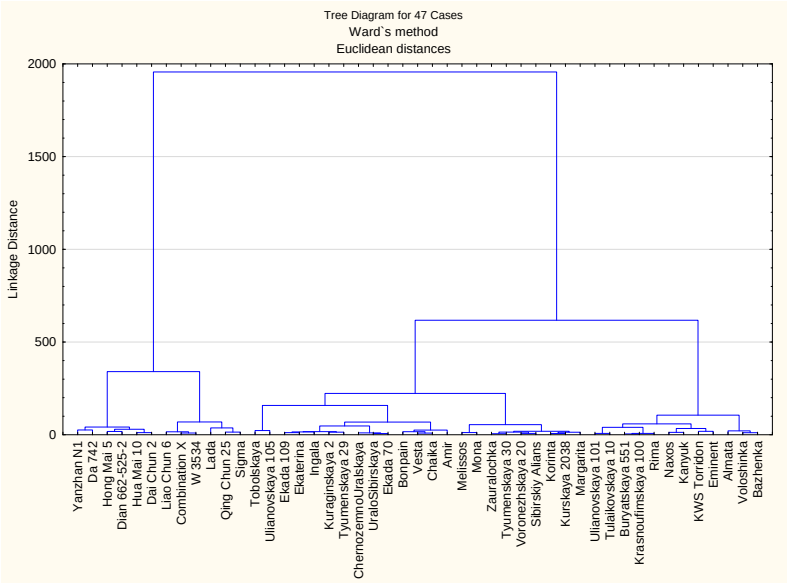


Рисунок – Дендрограмма распределения 47 образцов мягкой яровой пшеницы по комплексу хозяйственно ценных признаков

В первый кластер вошло 12 образцов пшеницы, восемь из которых китайской селекции. Особенностью сортов этого кластера является высокое содержание в зерне

белка, низкая продуктивность колоса, растения и невысокая урожайность. Второй кластер стал самой обширной группой и включил 23 образца, большая часть из которых создана российскими селекционерами (74 %). Кластер объединил высокоурожайные сорта с высоким стеблем, длинным колосом и крупным зерном. В третий кластер вошло 12 образцов пшеницы. Отличительной чертой сортов данного кластера стали высокие значения показателя «число зерен с главного колоса». Образцы, попавшие в отдаленные кластеры, характеризуются наименьшим генетическим сходством и представляют наибольший интерес с селекционной точки зрения. Выбор для скрещивания сортов из удаленных кластеров позволит ожидать в новом генотипе пшеницы сочетания наиболее ценных признаков.

Выводы

В результате скрининга генетически разнообразного коллекционного материала мягкой яровой пшеницы выделены образцы, которые могут служить источниками для создания новых высокопродуктивных конкурентных сортов. Для Волго-Вятского региона России в связи с климатическими особенностями это должны быть сорта с укороченным периодом от всходов до созревания (85−95 суток), формирующие при этом гарантированный урожай (32−36 ц/га).

Коротким периодом вегетации характеризовались 10 образцов из Китая и России, у четырех отечественных сортов период от всходов до колошения был более продолжительным, что положительно сказалось на урожайности. Исследование позволило выделить 23 высокоурожайных образца, сочетающих оптимальную высоту (58−86 см) и устойчивость к полеганию. Большинство этих образцов созданы в России (62%), остальные – в Беларуси, Германии, Франции и Великобритании. Сочетание линейных параметров колоса и его высоких продуктивных показателей было выявлено у 12 образцов пшеницы. Отечественный сорт Ингала по показателям главного колоса достоверно (на 17,9 % по длине, на 30,0 % по числу зерен, на 27,2 % по массе зерна) превысил среднеспелый стандарт и рекомендуется как наиболее ценный источник для селекции пшеницы в Волго-Вятском регионе. Для улучшения качества урожая в селекцию могут быть привлечены 11 сортов отечественной и зарубежной (Китай, Австралия, Франция) селекции, содержащих в зерне 13,5–15,2 % белка. Образцы Dai Chun 2 и Dian 662-525-2 качественные характеристики зерна сочетали с высокими значениями массы 1000 зерен (47,9–49,6 г). Выделено 10 генотипов, обладающих высокой экологической устойчивостью, а сорта Тобольская и Тюменская 29 характеризовались высокой стабильной урожайностью в контрастных условиях среды. Для ускорения селекционного процесса по созданию высокопродуктивных сортов пшеницы с оптимальным сочетанием признаков для условий Волго-Вятского региона рекомендуется использовать образцы пшеницы, попавшие в отдаленные кластеры дендрограммы.

Литература

1. Петрушина О. В. Экспортно-ориентированная стратегия зернового производства // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 90–97.

2. Чесноков Ю. В., Косолапов В. М. Генетические ресурсы растений и ускорение селекционного процесса: монография. М.: Изд-во «Угрешская типография», 2016. 172 с.

3. Дзюбенко Н. И. Генетические ресурсы культурных растений – основа продовольственной и экологической безопасности России // Вестник Российской академии наук. 2015. Т. 85. № 1. С. 3–8. DOI: 10.7868/S0869587315010041.

4. 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. Т. 22. № 7. С. 784−794. DOI: 10.18699/VJ18.422.

5. Ворончихина И. Н., Рубец В. С., Ворончихин В. В., Пыльнев В. В. Сравнительная оценка сортообразцов мягкой пшеницы по комплексу признаков в условиях Центрального района

Нечерноземной зоны России // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 10. С. 32–38. DOI: 10.53859/02352451_2021_35_10_32.

6. Жаркова С. В., Шуллер И. А. Вегетационный период сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Восточного Казахстана // InternationalJournalofHumanitiesandNaturalScience. 2020. Vol. 5-1 (44). P. 38–40. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10445.

7. Агеева Е. В., Леонова И. Н., Лихенко Е. И. Полегание пшеницы: генетические и экологические факторы и способы преодоления // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. Т. 24. № 4. С. 356−362. DOI: 10.18699/VJ20.628.

8. Амунова О. С., Волкова Л. В., Зуев Е. В., Харина А. В. Исходный материал для селекции мягкой яровой пшеницы в условиях Кировской области // Агарная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т.22. № 5. С. 661−675. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.5.661-675.

9. Капко Т. Н. Пискарев В. В., Бойко Н. И., Тимофеев А. А. Изучение изменчивости и наследования длины верхнего междоузлия мягкой яровой пшеницы в условиях лесостепи Приобья // Вестник Омского ГАУ. 2015. № 4(20). С. 3–9.

10. Андреева З. В. Изменчивость и характер наследования длины стебля у мягкой яровой пшеницы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 1997. № 1–2. С. 42–47.

11. Лепехов С. Б., Коробейников Н. И. Длина верхнего междоузлия и высота растений как способ оценки засухоустойчивости сортов мягкой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 10. С. 22–25.

12. Цильке Р.А. Генетические основы селекции мягкой яровой пшеницы на продуктивность в Западной Сибири. Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2005. 321 с.

13. Тимошенкова Т. А. Самуилов Ф. Д. Зависимость продуктивности современных сортов яровой пшеницы от их морфологических особенностей в условиях степи Оренбургского Предуралья // Вестник Казанского ГАУ. 2011. Т. 6. № 3(21). С. 154–158.

14. Мухитов Л. А., Самуилов Ф. Д. Величина подколосового междоузлия и продуктивность сортов яровой мягкой пшеницы разных экологических групп в лесостепи Оренбургского Предуралья // Вестник Казанского ГАУ. 2014. Т. 9. № 3(33). С. 135–138. DOI: 10.12737/6546.

15. Гончаров Н. П. Сравнительная генетика пшениц и их сородичей: монография. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео». 2012. 523 с.

16. Ворончихин В. В., Пыльнев В. В., Рубец В. С., Ворончихина И. Н. Урожайность и элементы структуры урожая коллекции озимой тетраплоидной тритикале в центральном районе Нечерноземной зоны // Известия ТСХА. 2018. № 1. С. 69–81. DOI: 10.26897/0021-342X-2018-1-69-81.

17. Vitale J., Adam B., Vitale P. Economics of wheat breeding strategies: focusing on Oklahoma hard red winter wheat // Agronomy. 2020. Vol. 10. No. 2. P. 238. DOI: 10.3390/agronomy10020238.

18. ХлесткинаЕ. К., ЖуравлеваЕ. В., ПшеничниковаТ. А., УсенкоН. И., МорозоваЕ. В., ОсиповаС. В., ПермяковаМ. Д., АфонниковД. А., Отмахова Ю. С. Реализация генетического потенциала сортов мягкой пшеницы под влиянием условий внешней среды: современные возможности улучшения качества зерна и хлебопекарной продукции (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 3. С. 501–514. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.501rus.

19. Сандухадзе Б. И., Мамедов Р. З., Крахмалева М. С., Бугрова В. В. Научная селекция озимой мягкой пшеницы в Нечерноземной зоне России: история, методы и результаты // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 4. С. 367−373. DOI: 10.18699/VJ21.53o.

20. Изучение коллекции пшеницы: методические указания // Сост. Градчанинова О. Д., Филатенко А. А., Руденко М. И. Л.: ВИР, 1985. 27 с.

21. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале: методические указания // Сост. Мережко А. Ф., Удачин Р. А., Зуев Е. В. [и др.]. Санкт-Петербург: ВИР, 1999. 82 с.

22. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат,1985. 351 с.

23. Неттевич Э. Д., Моргунов А. И., Максименко М. И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность урожайности и качества зерна // Вестник сельскохозяйственной науки. 1985. № 1. С. 66–73.

24. Ведров Н. Г., Халипский А. Н. Сравнительная оценка сортов яровой пшеницы Западно-Сибирской и Восточно-Сибирской селекции // Вестник КрасГАУ. 2009. № 7(34). С. 95–102.

25. Мных С. В., Бугрей И. В., Рыжов В. А. Влияние длины вегетационного периода на урожайность риса // Сборник трудов международной научно-практической конференции «Современные технологии сельскохозяйственного производства и приоритетные направления развития аграрной науки». Т 2. пос. Персиановский, ФГБОУ ВО «Донской ГАУ», 2014. С. 124–126.

26. Мальчиков П. Н., Мясникова М. Г. Возможности создания сортов яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) с широкой изменчивостью параметров вегетационного периода // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2015. Т. 19. № 2. С. 26–34.

27. Maccaferri M., Sanguineti M. C., Corneti S., Ortega J.L., Salem M.B., Bort J., Ambrogio E., Moral L.F., Demontis A., El-Ahmed A., Maalouf F., Machlab H., Martos V., Moragues M., Motawaj J., Nachit M., Nserallah N., Ouabbou H., Royo C., Slama A., Tuberosa R. Quantitative trait loci for grain yield and adaptation of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) across a wide range of water availability // Genetics. 2008. No. 178. P. 489–511. DOI: 10.1534/genetics.107.077297.

28. Sadeque A., Turner M. A. QTL analysis of plant height in hexaploid wheat doubled haploid population // Thai Journal of Agricultural Science. 2010. No. 43. P. 91–96.

29. Волкова Л. В., Лисицын Е. М., Амунова О. С. Роль генотипа и погодно-климатических условий в формировании морфобиологических и хозяйственно ценных признаков яровой мягкой пшеницы // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 3(23). С. 43–58. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-3-23-43-58.

References

1. Petrushina O.V. Export-oriented strategy of grain production // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2021. No. 2. P. 90–97.

2. Chesnokov Yu. V., Kosolapov V. M. Plant genetic resources and acceleration of the breeding process: monography. Moscow: “Ugreshskaya tipografiya” Publ., 2016. 172 p.

3. Dzyubenko N. I. Genetic resources of cultivated plants as the basic for Russia’s food and environmental security // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2015. Vol. 85. No. 1. P. 15–19.DOI: 10.1134/S1019331615010013.

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

5. Voronchikhina I. N., Rubets V. S. Voronchikhin V. V., Pyl’nev V. V. Comparative assessment of spring common wheat varieties for a complex of traits in the Central Region of the Non-Chernozem zone of Russia // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2021. Vol. 35. No. 10. P. 32–38. DOI: 10.53859/02352451_2021_35_10_32.

6. Zharkova S. V., Schuller I. A. Growing season of spring soft wheat varieties in the conditions of East Kazakhstan // International Journal of Humanities and Natural Science. 2020. Vol. 5-1 (44). P. 38–40. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10445.

7. Ageeva E. V., Leonova I. N., Likhenko I. E. Lodging in wheat: genetic and environmental factors and ways of overcoming // Vavilov Journal of Genetics and Breeding.2020. Vol. 24. No. 4. P. 356–362. DOI: 10.18699/VJ20.628.

8. Amunova O. S., VolkovaL. V., Zuev E. V., KharinaA. V. Source for the breeding of soft spring wheat in the conditions of Kirov region // Agricultural Science Euro-North-East. 2021. Vol. 22 No. 5. P. 661–675. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.5.661-675.

9. Kapko T. N., Piskarev V. V., Boyko N. I., Timopheev A. A. The study of variability and inheritance of length of upper internode of soft spring wheat under conditions of the Forrest-Steppe of Priobje // Vestnik of Omsk State Agrarian University. 2015. No. 4(20). P. 3–9.

10. Andreeva Z. V. Variability and nature of stem length inheritance in soft spring wheat // Siberian Herald of Agricultural Science. 1997. No. 1–2. P. 42–47.

11. Lepekhov S. B., Korobeynikov N. I. The length of upper internode and height of the plants as method of assessment of drought resistance varieties of soft wheat // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2013. No. 10. P. 22–24.

12. Tsilke R. A. Genetic bases of breeding of soft spring wheat for productivity in Western Siberia. Novosibirsk: Novosibirsk State Agrarian University, 2005. 321 p.

13. Timoshenkova T. A., Samuilov F. D. Dependence of the productivity of modern spring wheat varieties on their morphological features in the steppe of the Orenburg Ural // Vestnik of the Kazan State Agrarian University. 2011. Vol. 6. No. 3(21). P. 154–158.

14. Mukhitov L. A., Samuilov F. D. The size of under-ear interstice and productivity of spring soft wheat varieties of different ecological groups in the Forrest-Steppe of Orenburg region // Vestnik of the Kazan State Agrarian University. 2014. Vol. 9. P. 135–138. DOI: 10.12737/6546.

15. Goncharov N. P. Comparative genetics of wheat and their related species: monography. Novosibirsk: Acad. Publ. House “Geo”, 2012. 523 p.

16. Voronchikhin V. V., Pyl’nev V. V., Rubets V. S., Voronchikhina I. N. Yield and elements of its structure of the winter hexaploid triticale collection in the Central Region of the Non-Chernozem zone // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2018. No. 1. P. 69−81. DOI: 10.26897/0021-342X-2018-1-69-81.

17. Vitale J., Adam B., Vitale P. Economics of wheat breeding strategies: focusing on Oklahoma hard red winter wheat // Agronomy. 2020. Vol. 10. No. 2. P. 238. DOI: 10.3390/agronomy10020238.

18. Khlestkina E. K., Zhuravleva E. V., Pshenichnikova T. A., Usenko N. I., Morozova E. V., Osipova S. V., Permyakova M. D., Afonnikov D. A., Otmakhova Yu. S. Modern opportunities for improving

quality of bakery products via realizing the bread wheat genetic potential by environment interactions (review). // Sel'skokhozyaistvennaya Biologia [Agricultural Biology]. 2017. Vol. 52. No. 3. P. 501–514. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.501rus.

19. Sandukhadze B. I., Mamedov R. Z., Krakhmalyova M. S., Bugrova V. V. Scientific breeding of winter bread wheat in the Non-Chernozem zone of Russia: the history, methods and results // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2021. Vol. 25. No. 4. P. 367−373. DOI: 10.18699/VJ21.53o.

20. Study of the wheat collection: Methodological guidelines // Ed. by Gradchaninova O. D., Filatenko A. A., Rudenko M. I. Leningrad: VIR, 1985. 27 p.

21. Replenishment, preservation in a live form and study of the world collection of wheat, aegilops and triticale: methodical instructions // Ed. by Merezhko A.F., Udachin R.A., Zuev E.V. [et al.] Saint-Petersburg: VIR, 1999. 82 p.

22. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

23. Nettevich E. D., Morgunov A. I., Maksimenko M. I. Improving the efficiency of spring wheat selection for the stability of yield and grain quality // Vestnik selskokhozyaystvennoy nauki. 1985. No. 1. P. 66–73.

24. Vedrov N. G., Khalipskiy A. N. Comparative assessment of spring wheat varieties bred in West and East Siberia // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2009. No. 7. P. 95–102.

25. Mnykh S. V., Bugrey I. V., Ryzhov V. A. Influence of growing season duration on rice yield // Proceedings of international scientific-practical conference "Modern technologies in agriculture and frontiers in the agrarian science". Vol. 2. Persianovski vill.: Don State Agrarian University, 2014. P. 124−126.

26. Malchikov P. N., Myasnikova M.G. Approaches to the development of durum wheat cultivars (*Triticum durum* Desf.) with wide variability of the growing season // Vavilov Journal of Genetics and Breeding.2015. Vol. 19 No. 2. P. 176–184.

27. Maccaferri M., Sanguineti M. C., Corneti S., Ortega J. L., Salem M. B., Bort J., Ambrogio E., Moral L. F., Demontis A., El-Ahmed A., Maalouf F., Machlab H., Martos V., Moragues M., Motawaj J., Nachit M., Nserallah N., Ouabbou H., Royo C., Slama A., Tuberosa R. Quantitative trait loci for grain yield and adaptation of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) across a wide range of water availability // Genetics. 2008. No. 178. P. 489–511. DOI: 10.1534/genetics.107.077297.

28. Sadeque A., Turner M. A. QTL analysis of plant height in hexaploid wheat doubled haploid population // Thai Journal of Agricultural Science. 2010. No. 43. P. 91–96.

29. Volkova L. V., Lisitsyn E. M., Amunova O. S. Role of genotype and weather conditions in the formation morphobiological and economically valuable traits of spring soft wheat // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2020. No. 3(23). P. 43–58. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-3-23-43-58.

UDC 633.111:631.529

Amunova O. S., Volkova L. V., Mamaeva A. V.

RESULTS OF THE STUDY OF SPRING SOFT WHEAT SAMPLES FROM THE VIR COLLECTION ACCORDING TO ADAPTIVELY SIGNIFICANT AND ECONOMICALLY VALUABLE CHARACTERISTICS

Summary. *The directions of wheat breeding in the Volga-Vyatka region are determined by agro-climatic features and the needs of commodity producers. The main attention was paid to the creation of varieties that combine high potential productivity with environmental sustainability. The purpose of the study is to estimate samples of spring soft wheatfrom the VIR collection and identify genetic sources of productivity, grain quality, environmental stability and other valuable agronomic traits. Seventy-three samples of various ecological and geographical origin were the object of the three-year field study. They were analyzed according to a set of characteristics, taking into account their relationship with the yield. Analysis of genotypic correlations of average values of traits showed a significant positive relationship of yield with plant height (r_g = 0.35), length of the upper internode (r_g = 0.34), productivity elements of the main ear (r_g = 0.40−0.51) and plant (r_g = 0.47). Wheat yield negatively correlated with the grain protein content (r_g = –0.54) and had no connection with early ripening, productive tilling capacity and grain size, which complicates breeding to combine these indicators. The study revealed four early-ripening (79–82 days) yielding (283.7−414.9 g/m^2) varieties; 23 high–yielding samples (322.4−494.9 g/m^2) combining optimal plant height (57.7–86.4 cm) and lodging resistance*

(7–9 points); 12 samples with a productive main ear (1.33–1.92 g); six samples with high plant productivity (2.43–2.60 g). Two varieties combined high values of the mass of 1000 grains (47.9–49.6 g) with high protein content in the grain (11.9–12.7 %). Ten varieties with a high level of stability (PUSS (in Russian) = 119–321 %) and low yield variability over the years (V = 8.3–23.2 %) were identified. Cluster analysis of the sources of economically useful traits divided the set of isolated samples (n = 47) into three clusters. The choice of varieties from remote clusters for crossing will allow us to expect a combination of the most valuable traits in the new genotype.

Keywords: *spring soft wheat* ***(****Triticum aestivum L.), variety, agronomic indicator, correlation coefficient, environmental sustainability, cluster analysis.*

Амунова Оксана Сергеевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории мягкой яровой пшеницы ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого»; 610007, Россия, г. Киров, ул. Ленина, 166-а; e-mail: yuzhnoe5@mail.ru.

Волкова Людмила Владиславовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории мягкой яровой пшеницы ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого»; 610007, Россия, г. Киров, ул. Ленина, 166-а; e-mail: volkovkirov@mail.ru.

Мамаева Анастасия Владимировна, магистрант, лаборант-исследователь лаборатории мягкой яровой пшеницы ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого»; 610007, Россия, г. Киров, ул. Ленина, 166-а; e-mail: nastya.mamaeva.1998@mail.ru

Amunova Oksana Sergeyevna, Cand. Sc. (Biol.), researcher of the Laboratory of spring soft wheat, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky; 166-a, Lenina str., Kirov, 610007, Russia; e-mail: yuzhnoe5@mail.ru.

Volkova Lyudmila Vladislavovna, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher of the Laboratory of spring soft wheat, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky; 166-a, Lenina str., Kirov, 610007, Russia; e-mail: volkovkirov@mail.ru.

Mamaeva Anastasiya Vladimirovna, Master’s Degree student, research assistant of the Laboratory of spring soft wheat, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky; 166-a, Lenina str., Kirov, 610007, Russia; e-mail: nastya.mamaeva.1998@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 18.02.2022.
Дата принятия к печати – 10.04.2022.

УДК 633.11:551.5
EDN CHLVUT

Гулянов Ю. А.

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО УРАЛА

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук (ИС УрО РАН) – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (ОФИЦ РАН)

Реферат. *Анализ особенностей производства зерна озимой пшеницы в климатических условиях Южного Урала необходим для выработки стратегии адекватного технологического ответа на природные и антропогенные вызовы. Цель исследований – оценка результативности производства зерна озимой пшеницы и определение связи валовых урожаев с метеорологическими параметрами в условиях меняющегося климата. Исследования проводили в различных почвенно-климатических зонах (Северной, Западной и Центральной) Оренбургской области в 2008–2021 г. При обработке цифрового материала пользовались методами статистического анализа. Выявлена устойчивая тенденция расширения посевного клина озимой пшеницы за счёт увеличения её доли в структуре посевов и заметная динамика уборочных площадей, связанная с их убылью к уборке относительно засеянной площади. Подтверждено негативное влияние аномальных климатических проявлений на сохранность посевов, стабильность урожайности и валовых сборов зерна. Самый высокий дополнительный сбор зерна с каждого добавленного гектара посевной площади (2,45–2,57 т/га) отмечен в Северной и Западной зонах, а наиболее ощутимая убыль уборочных площадей относительно площадей посева (8349 га, или 10,5 %) – в Центральной. Самая выраженная средняя связь убыли уборочных площадей с температурным режимом и условиями увлажнения, с преимущественным прямым влиянием сумм активных температур всего периода вегетации (r = 0,46–0,49) отмечена в Северной и Западной зонах. Связь урожайности зерна с суммой активных температур от посева до уборки во всех зонах обратная сильная (r = - 0,70–0,76), а с суммой всех осадков от посева до уборки, включая осадки холодного периода – прямая средняя (r = 0,58–0,63). Коренная перестройка всего технологического процесса, направленная на максимальную реализацию биологического потенциала жаростойких и засухоустойчивых сортов, выступающих в качестве ключевого звена, может стать перспективным направлением стабилизации валовых сборов в сложившихся климатических условиях.*

Ключевые слова*: Оренбургская область, почвенно-климатические зоны, Triticum aestivum L., озимая пшеница, климатические изменения, перестройка технологического процесса.*

Для цитирования: *Гулянов Ю. А. Особенности производства зерна озимой пшеницы в климатических условиях Южного Урала // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 2(30). С. 22 –35. EDN: CHLVUT.*

For citation: *Gulyanov Yu. A. Features of winter wheat grain production in climatic conditions of the Southern Urals // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 2(30). P. 22–35. EDN: CHLVUT.*

Введение

Озимая пшеница является важной для обеспечения продовольственной безопасности населения полевой хлебной культурой России. В истекшее десятилетие (2012–2021 гг.) её в среднем за год выращивали на площади более 14,0 млн га или

18,0 % всей посевной площади. При урожайности зерна около 3,5 т/га валовой сбор составил более 48 млн т с изменчивостью по годам на уровне 24,3 % [1].

Основные посевные площади озимой пшеницы в России сосредоточены в европейской части страны, более подходящей по климатическим условиям. В Заволжье и Предуралье озимую пшеницу возделывают также на больших площадях, но более весомое участие в структуре посевов занимает пшеница яровая. Ещё восточнее, в Зауралье и Западной Сибири, ввиду мало приемлемых условий зимнего периода, озимая пшеница в сравнении с яровой занимает значительно меньшие площади [2].

Из регионов Южного Урала наибольшие площади озимой пшеницы сосредоточены в Республике Башкортостан и Оренбургской области, а в Челябинской и Курганской областях её возделывают значительно меньше [3]. Валовой сбор озимой пшеницы в стране сильно связан с оренбургскими урожаями, с коэффициентом корреляции Пирсона (r) 0,76. Со средней площади посева более 350 тыс. га и при урожайности около 1,7 т/га в хлебные закрома страны с оренбургских полей поступает около 600 тыс. т зерна в год [1].

Оренбургская область, среди других регионов широкого возделывания озимой пшеницы, отличается относительно невысокой урожайностью, составившей за 2012–2021 гг. около 50,0 % от средней урожайности по стране.

Более высокую реализацию биологического потенциала возделываемых здесь сортов сдерживают резко-континентальные климатические условия, выражающиеся в скудности атмосферных осадков, повышенной солнечной радиации летом и критически низких температурах зимой, с абсолютной амплитудой годовых температур на уровне 85–90 °С [4]. Континентальность климата Оренбургской области определяется её географическим положением, связанным со значительным удалением от морей и океанов, исключающим смягчающее воздействие морских воздушных масс. В силу этого в тёплое время года происходит сильное нагревание поверхности земли, сопровождающееся сильной жарой, с засухами и суховеями. Быстрое и сильное охлаждение поверхности в холодное время сказывается на жёстком характере зимы – морозном, с сильными вьюгами и метелями [5].

Наблюдающееся на протяжении нескольких последних десятилетий глобальное изменение климата в Оренбургской области характеризуется дополнительным повышением засушливости благодаря росту радиационных ресурсов при заметном снижении количества атмосферных осадков, что ставит урожаи в ещё большую зависимость от метеорологических параметров [6]. В особо засушливые годы на больших площадях наблюдается гибель растений на корню (2010, 2012, 2015, 2019 и 2021 гг.), а урожайность выживших пшеничных полей снижается на 50 % и более.

Современные засушливые условия, отмечаемые во многих зернопроизводящих регионах страны и мира, наряду с прямым отрицательным эффектом в виде снижения продуктивности сельскохозяйственных культур, обладают ещё и более долговременным отрицательным эффектом [7]. Он выражается в уменьшении потенциального плодородия обрабатываемых угодий ввиду меньшего поступления в почву органики, снижения микробиологической активности и физических свойств почвы, понижающих её водопоглотительную и водоудерживающую способность [8]. В итоге в период засух в почвах сельскохозяйственных угодий ограничивается потенциал секвестрации атмосферного углерода (CO_2) [9], актуальной в настоящее время меры по компенсации промышленных выбросов парниковых газов [10, 11].

Со стороны мирового и отечественного агрономических сообществ предпринимаются активные действия в направлении нивелирования отрицательного влияния изменяющегося климата на урожайность пшеничных полей, разрабатываются адаптивные технологические приёмы, активизируется селекция засухоустойчивых и

жаростойких сортов [12, 13]. Благодаря внедрению ресурсосберегающих агротехнологий в РФ последних десятилетий наблюдается заметный рост производства зерновых культур. Стремление к его поддержанию на максимально высоком уровне актуализирует адаптацию приёмов возделывания к современным климатическим и антропогенным изменениям [14].

При общих позитивных результатах научного поиска российских учёных в указанном направлении в условиях степного Оренбуржья таких исследований проведено ещё недостаточно. Не выработана стратегия адекватного технологического ответа на природные и антропогенные вызовы, дестабилизирующие зерновое производство.

Цель исследований – анализ результативности производства зерна озимой пшеницы и определение связи валовых урожаев с метеорологическими параметрами в условиях меняющегося климата по почвенно-климатическим зонам Оренбургской области.

Для выполнения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

− провести ретроспективный анализ временной и пространственной динамики площадей посева и валовых сборов зерна озимой пшеницы по природно-климатическим зонам Оренбургской области;

− оценить размеры убыли уборочных площадей относительно площадей посева, определить их вариабельность и пространственные особенности;

− определить связь валовых урожаев со структурными параметрами посевов, оценить их долевое участие и установить корреляцию с метеорологическими факторами;

− систематизировать результаты полевых наблюдений и обосновать перспективные направления адаптации агротехнологий к условиям современного климата.

Материалы и методы исследований

Предметом исследований выступали сведения о площадях посева, уборки, урожайности и валовых сборах зерна озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в муниципальных образованиях Оренбургской области за 2008–2021 гг., размещённые в свободном доступе (ЕМИСС) [1] и предоставленные Министерством сельского хозяйства, пищевой и перерабатывающей промышленности Оренбургской области. Источником данных служили и материалы экспедиционных и полевых исследований за 2008–2021 гг.

Группировку административных районов по почвенно-климатическим зонам (Северная, Западная, Центральная) осуществляли на основе природно-сельскохозяйственного районирования Оренбургской области [15].

Метеорологические условия анализируемых четырнадцатилетнего (2008–2021 гг.) и более длительного – тридцатидвухлетнего (1990–2021 гг.) периодов, оценивали на основе специализированных массивов для климатических исследований Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных (ВНИИГМИ-МЦД) [16].

Территория области значительно различается по обеспеченности ресурсами тепла и влаги. В направлении с севера на юг и с запада на восток отмечается увеличение ресурсов тепла при одновременном снижении количества атмосферных осадков. Характерной чертой современного климата Оренбуржья является устойчивая тенденция повышения засушливости климата благодаря росту сумм активных температур и снижения количества атмосферных осадков, приводящих к значительному снижению благоприятности климата для сельскохозяйственного производства.

Нормализованный разностный вегетационный индекс посевов (NDVI) определяли портативным ручным сенсором Green Seeker, Model HCS-100 с активным оптическим датчиком. Дополнительно использовали базу общедоступных космических снимков Landsat 8 и Sentinel, размещённых на on-line ресурсах OneSoil.ai и Sentinel-hub.com.

При обработке цифрового материала применяли корреляционный и регрессионный методы статистического анализа [17].

Результаты и их обсуждение

В результате анализа посевных площадей озимой пшеницы по почвенно-климатическим зонам Оренбургской области выявлена их значительная временная и пространственная динамика. Наибольшая изменчивость по годам с коэффициентом вариации 48,3 %, превысившим среднеобластной показатель на 7,7 п.п. (процентных пункта), отмечена в Северной почвенно-климатической зоне. В Западной и Центральной почвенно-климатических зонах площади посева по годам также сильно изменялись, но на меньшую величину, с коэффициентом вариации 44,9–39,9 %.

При значительном межгодовом варьировании динамика посевных площадей на протяжении анализируемого периода (2008–2021гг.) в целом имела положительную направленность. Так, на фоне практически двукратного увеличения областного посевного клина, в Северной почвенно-климатической зоне его изменение (тренд) составило 122,0 % от средней за весь период, в Западной и Центральной – 84,4–86,9 % соответственно (таблица 1).

Таблица 1 – Изменение площадей посева и урожаев озимой пшеницы по почвенно-климатическим зонам Оренбургской области (2008–2021 гг.)

Почвенно-климатическая зона	Площадь посева			Валовой сбор			
	средняя, га	изменение (тренд)		средний, га	изменение (тренд)		дополнительный, т/га
		га	% от средней		т	% от среднего	
Северная	56319	68735	122,0	99097	169000	170,5	2,45
Западная	138000	116510	84,4	235196	299500	127,3	2,57
Центральная	79858	69447	86,9	117540	122020	103,8	1,75
Итого по зонам	274177	254692	92,9	451840	590520	130,6	2.31
В целом по области	319644	315105	98,6	511612	670000	130,9	2,12

В Северной почвенно-климатической зоне самое заметное изменение (тренд) посевных площадей (18700 га или 217,2 %) отмечено в Шарлыкском районе, а из территорий Западной зоны – в Новосергиевском районе (27380 га или 213,6 %). В Сакмарском районе, входящем в Центральную почвенно-климатическую зону, изменение (тренд) посевных площадей составило 17812 га, или 148,8 %. В итоге указанных преобразований к завершению исследуемого периода наибольшие посевные площади озимой пшеницы оказались сосредоточенными в Западной зоне (44,9 % от областных), а участие Центральной и Северной в среднем составило 26,0–18,3 %.

Анализ валовых сборов зерна подтвердил наибольший вклад исследуемых территорий в формирование регионального урожая озимой пшеницы. Хозяйства Западной почвенно-климатической зоны обеспечили 52,5 % от среднеобластного валового сбора. В Центральной и Северной почвенно-климатических зонах среднегодовой сбор составил 26,0–21,9 % от общего. Примечательно, что в располагающих 85,8 % областных посевных площадей территориях в среднем было выращено 88,3 % суммарного урожая озимой пшеницы, то есть её продуктивность здесь заметно выше.

Выявлена значительно превышающая межгодовую вариабельность посевных площадей динамика валовых сборов, с коэффициентом вариации 65,4 % в целом по области и 63,8 % – в среднем по исследуемым зонам, с максимальными значениями в Центральной почвенно-климатической зоне (71,2 %). Это обстоятельство указывает на существенное влияние на величину валовых сборов ещё и внешних биотических и абиотических факторов, изменяющих урожайность как в положительную, так и в отрицательную сторону. В числе первых можно выделить адаптацию агротехнологий к биологическим потребностям озимой пшеницы, их ресурсосберегающую направленность, а в числе вторых – неуправляемое и очень контрастное изменение метеорологических параметров, ограничивающих реализацию биологической продуктивности выращиваемых сортов [18].

Более весомая прибавка валовых сборов зерна озимой пшеницы относительно увеличения площади посева, составившая 130,9 % в целом по области и 130,6 % в сумме по исследуемым зонам, свидетельствует о опережающем росте продуктивности пшеничных полей над ростом их площади. Наиболее высокий дополнительный сбор зерна на каждый добавленный гектар посевной площади (2,45–2,57 т/га) отмечен в Северной и Западной почвенно-климатических зонах, а самый низкий – в Центральной (1,75 т/га), при областном показателе 2,12 т/га.

Общеизвестно, что резко-континентальный климат степного Оренбуржья выступает в роли одного из главных законодателей богарного земледелия, особенно при выращивании озимой пшеницы, имеющей почти годовой период вегетации. Аномальные проявления климата могут существенно влиять на формирование её продуктивности в течение трёх длительных временных отрезков, включающих летне-осенний, зимний и весенне-летний периоды, каждому из которых свойственна метеорологическая нестабильность. Чаще всего она выражается в скудности атмосферных осадков, как тёплого, так и холодного периодов года и чрезмерно высоких температурах летнего периода, вызывающих проявления засушливости. Следствием указанных проявлений является значительное сокращение уборочных площадей относительно площадей посева, снижение урожайности и валовых сборов зерна (таблица 2).

Таблица 2 – Изменение уборочных площадей озимой пшеницы по почвенно-климатическим зонам Оренбургской области (2008–2021 гг.)

Почвенно-климатическая зона	Уборочная площадь						
	средняя, га	изменение (тренд)		убыль от посева до уборки			
		га	% от средней	средняя, га	от площади посева, %		
					средняя	мах (год)	min (год)
Северная	54064	71100	131,5	2225	4,0	21,4 (2010)	0,0 (2017)
Западная	131488	107300	81,6	6515	4,7	16,0 (2021)	0,0 (2020)
Центральная	72033	68100	94,5	8349	10,5	52,5 (2010)	0,1(2009)
Итого по зонам	257585	246500	95,7	17210	6,3	27,7 (2010)	0,2 (2009)
В целом по области	297026	298000	100,3	22617	7,1	31,5 (2010)	0,2 (2017)

Анализ величин уборочных площадей подтвердил их высокую вариабельность по годам – от 33,1 % в Западной почвенно-климатической зоне до 49,7 % в Северной, связанную в основном с расширением посевных площадей, и достаточно ощутимую убыль относительно площадей посева. Наибольший прирост уборочных площадей относительного средней за 2008–2021 гг. величины этого показателя (131,5%) отмечен в Северной почвенно-климатической зоне, а в абсолютном выражении – в Западной (на 107300 га).

Наиболее ощутимая убыль уборочных площадей относительно площади посева, составившая в целом по области 7,1 % (22617 га) и 6,3% (17210 га) в сумме по исследуемым зонам, отмечена в Центральной почвенно-климатической зоне. Она оказалась равной 8349 га или 10,5 % от площади посева. В Западной и Северной почвенно-климатических зонах абсолютная убыль уборочных площадей составила 6515–2225 га при практически равных относительных показателях – 4,7–4,0 %. Из административных районов Северной почвенно-климатической зоны наибольшая убыль площадей уборки относительно площадей посева наблюдалась в Бугурусланском районе (6,8 %), в Западной почвенно-климатической зоне – в Александровском районе (8,1 %) и в Центральной – в Оренбургском районе (17,2 %). Самыми неблагоприятными для высокой сохранности посевов практически на всей территории области оказались 2010 и 2021 гг., когда из уборки выбыли от 15,7 % до 52,1% (2010 г.) и от 16,0 % до 23,7 % (2021 г.) засеянных площадей в Западной и Центральной почвенно-климатических зонах соответственно.

Корреляционно-регрессионный анализ подтвердил зависимость валовых урожаев от площадей посева, уборки и урожайности озимой пшеницы, характеризующуюся определёнными пространственными особенностями (таблица 3).

Таблица 3 – Связь валовых урожаев зерна с площадями посева, уборки и урожайностью озимой пшеницы по почвенно-климатическим зонам Оренбургской области (2008–2021 гг.)

Почвенно-климатическая зона	Корреляция валовых сборов зерна (r) с факторными признаками				Уравнение множественной регрессии в стандартизованной форме
	x_1	x_2	x_3	x_4	
Северная	0,80	0,84	0,73	0,74	$t_y = 0{,}8798t_{x_1} - 0{,}2184t_{x_2} + 0{,}6455t_{x_3} - 0{,}0473t_{x_4}$
Западная	0,64	0,75	0,82	0,84	$t_y = -1{,}6144t_{x_1} + 2{,}0709t_{x_2} - 2{,}4772t_{x_3} + 2{,}9444t_{x_4}$
Центральная	0,61	0,80	0,80	0,81	$t_y = -0{,}5552t_{x_1} + 1{,}2140t_{x_2} - 1{,}8144t_{x_3} + 2{,}2176t_{x_4}$

Примечание. *x_1 – площадь посева, га; x_2 – площадь уборки, га; x_3 – урожайность с посевной площади, т/га; x_4– урожайность с уборочной площади, т/га.*

В Северной почвенно-климатической зоне, при наименьшей среди исследуемых территорий убыли уборочных площадей относительно площадей посева, валовой сбор зерна в большей степени зависел от площади посева (коэффициент $\beta_1 =$ 0,8798) и урожайности с посевной площади (коэффициент $\beta_3 =$ 0,6455). Здесь самое меньшее среди территорий области изменение метеорологических параметров ещё позволяет для наращивания производства зерна полагаться на экстенсивные методы. В Западной и Центральной почвенно-климатических зонах связь валовых урожаев с площадями посева оказалась значительно ниже, с коэффициентом корреляции Пирсона (r) 0,64–0,61.

В этих зонах, характеризующихся большей убылью уборочных площадей относительно площадей посева, преимущественное прямое влияние на валовой сбор зерна оказывали факторы интенсификации – величины убранных площадей (коэффициент β_2 =2,0709–1,2140) и их урожайность (коэффициент β_2 =2,9444–2,2176).

Сильной зависимости убыли уборочных площадей относительно площадей посева от метеорологических условий не выявлено. Во всех исследуемых территориях связь этих факторов оказалась средней, с преимущественным прямым влиянием сумм активных температур всего периода вегетации – от посева до уборки. Наиболее связанными они оказались в Северной и Западной почвенно-климатических зонах, с коэффициентом корреляции Пирсона (r) 0,46–0,49.

Вполне очевидно, что увеличение площадей «потерянных» к уборке посевов озимой пшеницы в особенно аномальные по температурному режиму и условиям увлажнения годы связан преимущественно с усиливающим губительным воздействием метеорологических параметров на слабые посевы. Такие посевы, как правило, формируются при игнорировании интенсивных технологических приёмов (посев засухоустойчивых и жаростойких сортов, внедрение влагосберегающих приёмов обработки почвы, регулирование условий минерального питания, защита посевов от вредных объектов и др.), низком качестве их выполнения и адаптивности технологий в целом, особенно при отсутствии квалифицированного агрономического сопровождения.

Связь урожайности с суммой активных температур от посева до уборки озимой пшеницы во всех исследуемых почвенно-климатических зонах оказалась обратной сильной (r = –0,70–0,76), а с суммой всех осадков от посева до уборки, включая осадки холодного периода – прямой средней (r = 0,58–0,63). Наиболее выраженная обратная зависимость урожайности зерна от термических ресурсов (коэффициент $\beta_1 = –0{,}7376$) отмечена в Северной почвенно-климатической зоне, а прямая зависимость от количества атмосферных осадков (коэффициент $\beta_2 = 0{,}3911$) – в Центральной почвенно-климатической зоне (таблица 4).

Таблица 4 – Связь урожайности зерна с убранной площади с метеорологическими параметрами по почвенно-климатическим зонам Оренбургской области (2008–2021 гг.)

Почвенно-климатическая зона	Урожайность зерна, т/га			Уравнение множественной регрессии в стандартизованной форме
	средняя	min (год)	max (год)	
Северная	1,75	0,90 (2012)	2,98 (2020)	$t_y = -0{,}7376t_{x_1} + 0{,}2668t_{x_2}$
Западная	1,73	0,91 (2012)	3,02 (2020)	$t_y = -0{,}3954t_{x_1} + 0{,}1760t_{x_2}$
Центральная	1,55	0,87 (2010)	2,59 (2020)	$t_y = -0{,}5101t_{x_1} + 0{,}3911t_{x_2}$

Примечание. *x_1 – Сумма активных температур воздуха, от посева до уборки, °С; x_2 – сумма всех осадков от посева до уборки, включая холодный период, мм.*

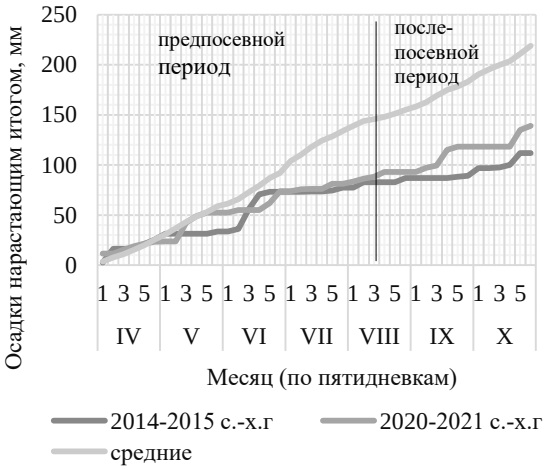
Таким образом, приведённые результаты исследований достаточно убедительно свидетельствуют о существенной связи валовых сборов зерна озимой пшеницы с метеорологическими параметрами. В условиях богарного земледелия данное обстоятельство следует рассматривать в качестве ключевого звена при разработке адаптационных мероприятий, направленных на сбережение и рачительное расходование влаги, особенно в условиях меняющегося климата [19].

Ретроспективный анализ метеорологических параметров истекшего тридцатидвухлетнего периода (1990–2021 гг.) выявил устойчивую тенденцию повышения засушливости климата на всей территории Оренбургской области. Связанное с ростом термических ресурсов на фоне уменьшающегося количества осадков она выражается в ощутимом ухудшении условий влагообеспеченности, что подтверждается отрицательной динамикой ГТК Селянинова, наиболее отчётливо выраженной в Центральной почвенно-климатической зоне. Здесь ГТК всего тёплого периода года снизился за указанный период на 0,23 единицы и оказался равен 0,62 единицам, характеризуя условия увлажнения как очень засушливые. Отрицательный тренд ГТК отмечен и по отдельным периодам вегетации – за период парования он составил 59,2 % от среднего, за период осенней вегетации – 30,5 % и 43,2 % – в весенне-летнюю вегетацию.

Жесткий режим увлажнения в целом за анализируемый период (1990–2021 гг.) сложился как в предпосевной период (период парования, с начала апреля до середины августа), так и период осенней вегетации (с середины августа до конца октября) (ГТК

0,54–0,59), который характеризовался еще и длительными бездождевыми периодами на фоне 25,0–30,0 °С среднесуточной температуры воздуха, дополнительно усугубляющими ситуацию. Наиболее выраженное проявление указанных климатических аномалий, особенно длительных периодов без агрономически эффективных дождей (менее 10 мм), наблюдается в последнее время. Продолжительность таких периодов в отдельные годы достигает 30–50 дней, а за вычетом агрономически неэффективных осадков – более двух месяцев.

В этом отношении показателен пример 2014–2015 сельскохозяйственного года в Центральной почвенно-климатической зоне, когда за период парования и осенней вегетации (с апреля по октябрь) было отмечено 112 мм осадков или 51,1 % от средних за 2008–2021 гг. (рисунок 1а).



а

б

Рисунок 1 – Накопление осадков в предпосевной и послепосевной периоды вегетации в особо аномальные годы (а) и изреженные, слабые всходы озимой пшеницы (б, 2021 г.) при традиционных технологических подходах, Центральная почвенно-климатическая зона

Осадки характеризовались крайней неравномерностью и скудностью, а засушливые условия установились сразу же после схода снега. Так, первый длительный практически без дождевой период отмечен с 10 апреля по 10 июня, когда сумма выпавших в течении пяти разрозненных дней по 2,2–5,6 мм осадков составила только 19,7 мм, а в период с 6 мая по 11 июня осадков не было вообще. Второй, ещё более длительный период, начавшийся 25 июня, длился практически до завершения осенней вегетации – к 20 октября отмечено только 26,7 мм осадков, сложившихся из десяти незначительных дождей (по 0,9–7,6 мм).

Особенно напряжённый режим выпадения осадков стал характерным для периода посева и формирования всходов (август–сентябрь). К примеру, в анализируемый 2014–2015 сельскохозяйственный год их отмечено только 11,8 мм – четыре незначительных дождя по 1,0–5,5 мм.

Аналогичные условия увлажнения отмечали и в другие годы, а самым близким к ним оказался 2020/21 сельскохозяйственный год, когда за все время парования и осенней вегетации выпало 139 мм осадков, а периоды без дождей или со скудными осадками были такими же длительными.

Как показали результаты полевых исследований, на фоне влагорасточительной основной обработки почвы (как правило, глубокая вспашка с заделкой пожнивных остатков), некачественной предпосевной подготовки почвы (использование

разрегулированных, невыдерживающих оптимальную глубину, устаревших культиваторов для сплошной обработки), использования семян с невысокими посевными кондициями и других технологических нарушений (несоблюдение сроков посева, норм высева семян, игнорирование химической защиты семян и растений и др.) происходит формирование недружных, изреженных, слабых всходов, с низкой вероятностью сохранения жизнеспособности в период зимовки и весенне-летней вегетации (рисунок 1б).

Наблюдения показали, что самой неблагоприятной особенностью неактивного периода вегетации озимой пшеницы в Оренбургской области является его продолжительность, составляющая обычно пять-пять с половиной месяцев, из которых более четырёх месяцев составляет зимний период. В это время растения подвергаются воздействию большого числа внешних факторов, снижающих иммунитет и ослабляющих общую устойчивость. Среди них отмечаются активные факторы как живой (вредители и возбудители болезней различной этиологии и др.), так и неживой природы. В числе последних наиболее ощутимое воздействие оказывают метеорологические условия. Еще до наступления устойчивого снежного покрова часто отмечаются критические понижения температуры, до 22,9–29,0 °С мороза, как это было в ноябре–декабре 2009, 2011, 2016 и 2018 гг. Нередкими стали и оттепели, с дождём, скоплением воды под неглубоким снегом и последующим образованием притёртой ледяной корки с вмороженными в неё растениями (декабрь 2020 г.). Успешность перезимовки при наступлении таких метеорологических проявлений значительно снижается, надземная вегетативная масса растений большей частью отмирает, в лучшем случае сохраняется 1–2 самых крепких побега кущения, NDVI (нормализованный разностный вегетационный индекс) от осенних значений снижается вдвое-втрое (с 0,70–0,80 до 0,20–0,30 единиц) (рисунок 2).

а б

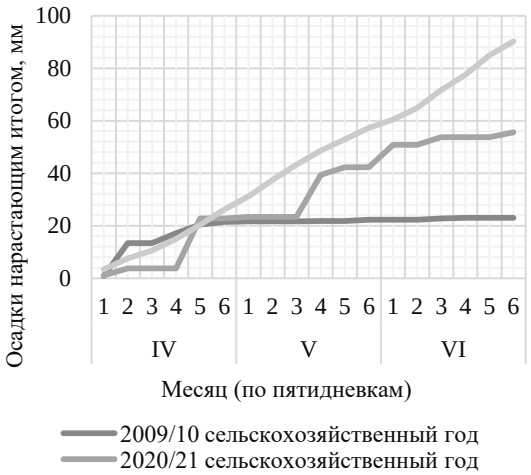
Рисунок 2 – Изменение внешнего вида пшеничного поля при благоприятном осеннем развитии (а) и критических условиях перезимовки (б), Центральная почвенно-климатическая зона (2018/19 сельскохозяйственный год)

По результатам наших многолетних наблюдений сохраняют жизнеспособность в таких условиях только хорошо развившиеся с осени, сформировавшие мощную корневую систему и три–четыре крепких побега кущения, прошедшие закалку растения при соответствующем уходе с самых ранних весенних дней. Чрезвычайно положительное влияние на быстрое восстановление ослабленного перезимовкой

агроценоза в условиях Оренбуржья оказывает весеннее боронование, способствующее улучшению воздушного режима почвы, «закрытию» влаги, вычёсыванию отмерших растений, в том числе пораженных болезнями. В годы с затяжной, холодной весной, когда микробиологические процессы в почве протекают неактивно и наблюдается дефицит подвижных форм элементов минерального питания, для быстрого весеннего старта целесообразна подкормка комплексными минеральными удобрениями, путем поверхностного разбрасывания по мёрзло-талой почве или врезания в корнеобитаемый слой по физически спелой почве.

Термические ресурсы весенне-летнего периода вегетации в исследуемый период характеризовались устойчивой тенденцией нарастания сумм активных температур. Их положительный тренд составил 105 °С (8,4 %) с Северной и 185 °С (14,3 %) – в Центральной почвенно-климатических зонах. На фоне уменьшившегося на 12,0 мм (11,1 %) – 25,0 (29,7 %) количества атмосферных осадков, длительных без дождевых периодов, условия влагообеспеченности растений значительно ухудшились.

Самые скудные атмосферные осадки в весенне-летнюю вегетацию наблюдали в 2010 г., одном из самых низкоурожайных, когда с апреля по июнь в Центральной почвенно-климатической зоне их количество составило 23 мм (25,5 % от средних). После прошедшего в первой пятидневке апреля ощутимого для растений дождя (12,6 мм) за всё остальное время до завершения вегетации озимой пшеницы отмечено только 10,4 мм, выпавших в виде разрозненных по дням осадков от 0,1 до 3,7 мм (рисунок 3).



а

б

Рисунок 3 – Накопление осадков весенне-летнего периода вегетации в особо аномальные годы (а) и погибшие от обезвоживания посевы озимой пшеницы (б, 2021 г.), Центральная почвенно-климатическая зона

В менее засушливом (56 мм или 62,2 % от средних), но более жарком 2021 г., с абсолютным за 32-хлетний период наблюдений (1990–2021 гг.) максимумом среднесуточной температуры воздуха в мае (21,2 °С), июне (24,7 °С), июле (24,4 °С) и августе (25,9 °С), превысившим на 5,2–4,0–2,0–4,9 °С средние за этот период значения, отмечена массовая гибель пшеничных агроценозов ещё до формирования репродуктивных органов. Площадь неподлежащих уборке полей, ввиду отсутствия экономической целесообразности, в целом по области составила 109029 га, или 18,4 % от засеянных площадей. В 2010 г. таких полей было ещё больше – 113114 га или 31,5 % от площади посева.

Таким образом, результаты проведённых исследований свидетельствуют о тесной связи эффективности производства зерна озимой пшеницы в Оренбургской области с метеорологическими параметрами, претерпевающими на протяжении уже нескольких десятилетий существенные изменения.

Стабилизация валовых урожаев в условиях снижающейся благоприятности климата предполагает разработку комплекса адаптационных мероприятий, направленных на нивелирование влияния чрезмерной солнечной радиации и сокращения количества атмосферных осадков. В этом отношении целесообразна коренная перестройка всего технологического процесса, направленная на максимальную реализацию биологического потенциала жаростойких и засухоустойчивых сортов, выступающих в качестве ключевого звена. Особое внимание должно быть направлено и на качественное проведение технологических приёмов, обеспечивающих сохранение почвенной влаги на всех этапах вегетации, а также технологическую дисциплину, невозможные без грамотного агрономического сопровождения.

Выводы

Посевные площади озимой пшеницы в Оренбургской области имеют устойчивую тенденцию роста. При почти двукратном увеличении областного посевного клина в Северной почвенно-климатической зоне дополнительно засеянная площадь составила 122,0 % и 84,4–86,9 % – в Западной и Центральной зонах. Динамика уборочных площадей во всех почвенно-климатических зонах связана с расширением площадей посева и убылью уборочных площадей относительно засеянной площади. Наибольший прирост уборочных площадей относительного средней за 2008–2021 гг. величины (131,5 %) наблюдается в Северной почвенно-климатической зоне, а в абсолютном выражении – в Западной (на 107300 га). Наиболее ощутимая убыль уборочных площадей относительно площади посева, составившая 8349 га, или 10,5%, отмечена в Центральной почвенно-климатической зоне.

Валовые урожаи зерна озимой пшеницы имеют сильную связь с площадями уборки и урожайностью зерна, наиболее выраженную в Центральной и Западной почвенно-климатических зонах. Связь убыли уборочных площадей с метеорологическими параметрами средняя, с преимущественным прямым влиянием сумм активных температур всего периода вегетации. Наиболее сильная их связь наблюдается в Северной и Западной почвенно-климатических зонах, с коэффициентом корреляции Пирсона (r) 0,46–0,49. Связь урожайности зерна с суммой активных температур от посева до уборки обратная сильная (r = –0,70–0,76), а с суммой всех осадков от посева до уборки, включая осадки холодного периода – прямая средняя (r = 0,58–0,63).

Для поддержания высокого уровня и стабильности валовых сборов в сложившихся метеорологических условиях целесообразно проведение комплекса технологических мероприятий адаптационного характера, предполагающих снижение климатического прессинга на растения и способствующих более высокой реализации их биологического потенциала.

Исследование выполнено в рамках НИР ОФИЦ УрО РАН (ИС УрО РАН) «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем», № ГР АААА-А21-121011190016 -1.

Литература

1. ЕМИСС. Государственная статистика. Урожайность сельскохозяйственных культур (в расчёте на убранную площадь). [Электронный ресурс] Режим доступа: http:// https://www.fedstat.ru/indicator/31533 (дата обращения 22.03.2022).

2. Кумратова А. М., Алещенко В. В. Продуктивность зернового производства в России: тенденции и перспективы // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3(63). С. 142–146. DOI: 10.12737/2073-0462-2021-142-146

3. Гулянов Ю. А. Совершенствование приёмов формирования высокопродуктивных агроценозов озимой пшеницы в степной зоне Южного Урала. Дисс. … д. с.-х. н. Оренбург: ФГОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет», 2007. 434 с.

4. Соболин Г. В., Гулянов Ю. А., Коровин Ю. В., Сатункин И. В., Хилько Л. Н. Экология и мониторинг окружающей среды // Повышение устойчивости биоресурсов на адаптивно-ландшафтной основе: материалы международной научно-практической конференции. Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет, 2003. С. 166–169.

5. Попова О. Б. Климатические особенности холодного периода года Оренбургской области // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Университетский комплекс, как региональный центр образования, науки и культуры». Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2021. С. 1027–1032.

6. Гулянов Ю. А. Предпосылки и перспективы реализации природоподобных приёмов обработки почвы в агротехнологиях степной зоны Оренбургского Предуралья // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 2(22). С. 37–49. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-2-22-37-49

7. Хрипунов А. И., Федотов А. А., Лиходиевская С. А. Влияние засух на урожайность озимой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 11. С. 19–21.

8. Schierhorn F., Hofmann M., Adrian I., Bobojonov I., Muller D. Spatially varying impacts of climate change on wheat and barley yields in Kazakhstan // Journal of Arid Environments. 2020. Vol. 178. P. 104–164. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2020.104164.

9. Verge X. P. S., De Kimpe C., Desjardins R. L. Agricultural production, greenhouse gas emissions and mitigation potential // Agricultural and Forest Meteorology. 2007. No. 142. P. 255–269. DOI: 10.1016/j.agrformet.2006.06.011.

10. Raffa D. W., Bogdanski A., Tittonell P. How does crop residue removal affect soil organic carbon and yield? A hierarchical analysis of management and environmental factors // Biomass and Bioenergy. 2015. No. 81. P. 345-–355. DOI: 10.1016/j.biombioe.2015.07.022.

11. O'Leary G. J., Liu D. L., Ma Y., Li F. J., McCaskill M., Conyers M., Dalal R., Reeves S., Page K., Dang Y. P., Robertson F. Modelling soil organic carbon 1. Performance of APSIM crop and pasture modules against long-term experimental data // Geoderma. 2016. No. 264. P. 227–237. DOI: 10.1016/j.geoderma.2015.11.004.

12. Muhu-Din Ahmed G. H., Salam khan A., Li Ming-ju., Habibullah K., Kashif M. Early selection of bread wheat genotypes using morphological and photosynthetic attributes conferring drought tolerance // Journal of Integrative Agriculture. 2019. Vol. 18. P. 2483–2491. DOI: 10.1016/S2095-3119(18)62083-0.

13. Сухоруков А. Ф., Сухоруков А. А. Селекция озимой пшеницы на засухоустойчивость в Среднем Поволжье // Аграрная наука. 2017. № 5. С. 15–18.

14. Лукьянов В. А., Нитченко Л. Б. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы при безотвальной обработке почвы в зависимости от доз минеральных удобрений в севооборотах ЦЧР // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 3 (27). С. 107–116. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-107-116.

15. Система устойчивого ведения сельского хозяйства Оренбургской области // Под ред. Еременко В. К., Крючкова А. Г., Тихонова В. Е., Часовских Н. П., Белькова Г. И. Оренбург: Оренбургское книжное издательство, 1999. С. 6–117.

16. Осадки и температура. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://aisori-m.meteo.ru/aisori/select.xhtml (дата обращения 15.03.2022).

17. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

18. Гулянов Ю. А. Пути повышения зимостойкости и сохранности к уборке озимой пшеницы в степи Южного Урала // Земледелие. 2005. № 6. С. 24–25.

19. Гулянов Ю. А., Левыкин С. В., Казачков Г. В. Оптимизация сельскохозяйственного землепользования на основе природоподобных технологий // Вопросы степеведения. 2018. № XIV. С. 57–61. DOI: 10.2441/9999-006A-2018-00004.

References

1. EMISS. State statistics. Crop yields (per harvested area). [Electronic resource]. Access point: http:// https://www.fedstat.ru/indicator/31533 (reference's date 22.03.2022).

2. Kumratova A. M., Aleshchenko V. V. Productivity of grain production in Russia: trends and prospects // Vestnik of Kazan State Agrarian University. 2021. Vol. 16. No. 3(63). P. 142–146. DOI: 10.12737/2073-0462-2021-142-146.

3. Gulyanov Yu. A. Improving the methods of formation of highly productive agrocenoses of winter wheat in the steppe zone of the Southern Urals. Diss. … Dr. Sc. (Agr.). Orenburg: Orenburg State Agrarian University, 2007. 434 p.

4. Sobolin G. V., Gulyanov Yu. A., Korovin Yu. V., Satunkin I. V., Khilko L. N. Ecology and monitoring of the environment // Materials of the international scientific and practical conference "Improving the sustainability of bioresources on an adaptive landscape basis". Orenburg: Orenburg State Agrarian University, 2003. P. 166–169.

5. Popova O. B. Climatic features of the cold period of the year in the Orenburg region // Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference "University complex as a regional center of education, science and culture". Orenburg: Orenburg State University, 2021. P. 1027–1032.

6. Gulyanov Yu. A. Background and prospects for the implementation of nature-lice cultivation techniques in the agrotechnologies of the steppe zone of Orenburg Urals // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2020. No. 2(22). P. 37–49. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-2-22-37-49.

7. Khripunov A. I., Fedotov A. A., Likhodievskaya S. A. Influence of drought on winter wheat productivity // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2014. No. 11. P. 19–21.

8. Schierhorn F., Hofmann M., Adrian I., Bobojonov I., Muller D. Spatially varying impacts of climate change on wheat and barley yields in Kazakhstan // Journal of Arid Environments. 2020. Vol. 178. P. 104–164. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2020.104164.

9. Verge X. P. S., De Kimpe C., Desjardins R. L. Agricultural production, greenhouse gas emissions and mitigation potential // Agricultural and Forest Meteorology. 2007 No. 142. P. 255–269. DOI: 10.1016/j.agrformet.2006.06.011.

10. Raffa D. W., Bogdanski A., Tittonell P. How does crop residue removal affect soil organic carbon and yield? A hierarchical analysis of management and environmental factors // Biomass and Bioenergy. 2015. No. 81. P. 345-–355. DOI: 10.1016/j.biombioe.2015.07.022.

11. O'Leary G. J., Liu D. L., Ma Y., Li F. J., McCaskill M., Conyers M., Dalal R., Reeves S., Page K., Dang Y. P., Robertson F. Modelling soil organic carbon 1. Performance of APSIM crop and pasture modules against long-term experimental data // Geoderma. 2016. No. 264. P. 227–237. DOI: 10.1016/j.geoderma.2015.11.004.

12. Muhu-Din Ahmed G. H., Salam khan A., Li Ming-ju., Habibullah K., Kashif M. Early selection of bread wheat genotypes using morphological and photosynthetic attributes conferring drought tolerance // Journal of Integrative Agriculture. 2019. Vol. 18. P. 2483–2491. DOI: 10.1016/S2095-3119(18)62083-0.

13. Sukhorukov A.F., Sukhorukov A.A. Selection of winter wheat for drought tolerance in the Middle Volga region // Agrarian Science. 2017. No. 5. P. 15–18.

14. Lukyanov V. F., Nitchenko L. B. Yield and quality of winter wheat grain under non-moldboard soil tillage depending on doses of mineral fertilizers in the crop rotations of the Central Chernozem Region // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 3(27). P. 107–116. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-107-116.

15. System of sustainable agriculture in the Orenburg region // Ed. by Eremenko V. K., Kryuchkova A. G., Tikhonova V. E., Chasovskikh N. P., Belkova G. I. Orenburg: Orenburgskoe knizhnoe izdatelstvo, 1999. P. 6–117.

16. Precipitation and temperature. [Electronic resource]. Access point: http://aisori-m.meteo.ru/aisori/select .xhtml (reference's date 15.03.2022).

17. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

18. Gulyanov Yu. A. Ways to increase winter hardiness and safety for harvesting winter wheat in the steppe of the Southern Urals // Zemledelie. 2005. No. 6. P. 24–25.

19. Gulyanov Yu. A., Levykin S. V., Kazachkov G. V. Optimization of agricultural land use on the basis of nature-like technologies // Steppe Science. 2018. No. XIV. P. 57–61. DOI: 10.2441/9999-006A-2018-00004.

UDC 633.11: 551.5

Gulyanov Yu. A.

FEATURES OF WINTER WHEAT GRAIN PRODUCTION IN CLIMATIC CONDITIONS OF THE SOUTHERN URALS

Summary. *An analysis of the characteristics of winter wheat grain production in the climatic conditions of the Southern Urals is necessary to develop a strategy for an adequate technological response to natural and anthropogenic challenges. The purpose of the research was to evaluate the effectiveness of winter wheat grain production and to determine the relationship between gross yields and meteorological parameters under climate changing conditions. The studies were carried out in various soil and climatic zones (Northern, Western, and Central) of the Orenburg region in 2008–2021. To process digital*

material, methods of statistical analysis were used. A steady trend of expanding the sowing area of winter wheat due to increase in its share in the crop structure was identified; noticeable dynamics of harvested areas associated with their decrease by the time of harvesting relative to the sown area were revealed. The negative impact of abnormal climatic events on the crops safety, yields stability and gross grain yields was confirmed. The highest additional grain harvest from each added hectare of sown area (2.45–2.57 t/ha) was noted in the Northern and Western zones; the most significant decrease in harvested area relative to the sown area (8349 ha, or 10.5 %) – in the Central. The most pronounced average relationship between the decrease in harvested areas and the temperature regime as well as moisture conditions, with the predominant direct influence of the sums of active temperatures of the entire growing season (r = 0.46–0.49), was noted in the Northern and Western zones. The relationship of grain yield with the sum of active temperatures from sowing to harvest in all zones is inversely strong (r = -0.70–0.76), and with the sum of all precipitation from sowing to harvest, including precipitation of the cold period, it is direct average (r = 0.58–0.63). A radical restructuring of the entire technological process, aimed at maximizing the biological potential of heat-resistant and drought-tolerant varieties, which act as a key link, can become a promising direction for stabilizing gross yields in the current climatic conditions.

Keywords: *Orenburg region, soil-climatic zones, Triticum aestivum L., winter wheat, climate change, restructuring of the technological process.*

Гулянов Юрий Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела степеведения и природопользования, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук (ИС УрО РАН) – обособленное структурное подразделение ФГБУН Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (ОФИЦ РАН); 460000, Россия, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11; e-mail: iury.gulynov@yandex.ru.

Gulyanov Yuriy Aleksandrovich, Dr. Sc. (Agr.), professor, leading researcher of the Department of steppe studying and environmental management, Institute of the Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences – a separate unit of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Orenburg Federal Research Center” of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 11, Pionerskaya str., Orenburg, 460000, Russia; e-mail: iury.gulynov@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 29.03.2022
Дата принятия к печати – 15.05.2022

УДК 630*165.6
EDN CZMZOJ

Ковалев Н. И., Морозов А. И.

ВЫВЕДЕНИЕ НОВЫХ СОРТОВ ШИПОВНИКА (*ROSA SPP.*) В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт ароматических и лекарственных растений»

Реферат. *Не все существующие сорта шиповника (Rosa spp.) приспособлены к условиям Нечерноземной зоны и имеют тенденцию к снижению плодоношения при промышленном возделывании культуры. Поэтому актуально создание сортов шиповника, сочетающих высокую потенциальную продуктивность и устойчивость к факторам внешней среды. Цель исследований – оценка гибридного материала шиповника и выделение лучших форм для создания новых высокопродуктивных сортов. Полевые опыты проводили в 2018–2021 гг. на участке первичного сортоизучения лаборатории агробиологии, заложенном в 2011 г. корневыми отпрысками шиповника. Сорт-стандарт – Витаминный ВНИВИ (гибрид шиповника коричного (R. cinnamomea L.) с шиповником Уэбба (R. webbiana Wall). Проведены учеты фенологии растений, определение зимостойкости, поражаемости болезнями (бурой и черной пятнистостями) и повреждаемости вредителем (шиповниковой пестрокрылкой), оценка урожайности. Выявлена гибридная форма шиповника 2-2-7 с ранним сроком созревания плодов (102 сут) и гибрид 2-1-11 с поздним сроком (120 сут). Максимальная урожайность плодов получена у гибридов 1–25–6 (5,01 т/га), 1–3–17 (4,89 т/га), 1–8–24 (4,76 т/га), что в три–пять раз больше, чем у стандарта. По крупноплодности выделились гибридные формы 1–3–17 (2,18 г), 1–8–24 (1,98 г) и 2–21–21 (2,71 г) (больше на 48–-63 %), по количеству плодов на кусте – 1–25–6 (1220 шт./куст), 2–2–7 (1102 шт./куст) и 2–1–11 (942 шт./куст) (больше в 2,9-3 раза). Наибольшее содержание аскорбиновой кислоты отмечено у плодов гибридов 1–3–17 (0,85 %), 2–2–7 (1,08 %). По устойчивости к болезням и повреждению вредителями все гибриды превзошли сорт–стандарт. По комплексу хозяйственно ценных признаков для дальнейшего изучения выделены гибридные формы 1-25-6, 1-3-17, 1-8-24 и 2-2-7.*

Ключевые слова: *шиповник (Rosa spp.), гибриды, урожайность, крупноплодность, аскорбиновая кислота, устойчивость к болезням, устойчивость к вредителям.*

Для цитирования: *Ковалев Н. И., Морозов А. И. Выведение новых сортов шиповника (Rosa spp.) в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 2(30). С. 36–44. EDN: CZMZOJ.*

For citation: *Kovalev N. I., Morozov A. I. Plant breeding of Rosa spp. under conditions of the Non-Chernozem zone of Russia // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 2(30). P. 36–44. EDN: CZMZOJ.*

Введение

Род *Rosa* L. (Rosaceae) насчитывает около 200 видов, широко распространенных в северном полушарии и обладает большой ценностью как декоративная, плодовая и лекарственная культура во многих странах мира. Таксономию шиповников затрудняет гетерозиготный геном с различным уровнем плоидности. Так, около половины видов характеризуются полиплоидией и повторяющимися гибридизациями, что размывает границы видов. Растения рода шиповник (*Rosa spp*.) имеют давнюю историю применения в качестве лекарственного средства: в западноевропейских странах с XVI в., а в России – с XVII в. Цветки

«свороборины» перегоняли с водой и затем пропитывали повязки, налагаемые на рану, отваром плодов обмывали ее края, чтобы избежать гангрены («антонова огня»), а маслом из семян лечили ранения головы. О пользе шиповника писал и А. Т. Болотов – один из выдающихся отечественных ученых XVIII в. [1–5]. В настоящее время препараты из плодов шиповника используют главным образом как поливитаминное средство при гипо- и авитаминозах, а также при различных заболеваниях, сопровождающихся повышением потребности организма в витаминах. Кроме плодов шиповника, лекарственным сырьем может служить и подземная часть растения. Фармакологический эффект препаратов шиповника обеспечивает совокупность различных соединений, таких как фенолы, терпеноиды, галактолипиды, каротиноиды, органические кислоты и жирные масла. Из плодов шиповника изготовляют экстракты, сиропы, пилюли, таблетки, конфеты, драже и другие медицинские препараты, реже их используют для получения холосаса, галаскорбина и аскорбиновой кислоты. Шиповник используют для витаминизации пищи и продуктов в детских учреждениях, больницах и предприятиях общественного питания. Продукты комплексной переработки плодов шиповника, помимо медицинского применения, используют в пищевой, кондитерской промышленностях, они представляют значительный интерес также для парфюмерно-косметической промышленности [6–9].

Если раньше промышленная культура шиповника находилась в районах естественного его произрастания, то есть в основном в умеренных регионах Северного полушария, то сейчас, кроме Европы и Северной Америки она распространилась по всему миру, включая субтропики как в Северном, так и в Южном полушариях. В последние годы в Россию импортируется довольно много лекарственного растительного сырья различных видов растений, традиционно заготавливаемых или выращиваемых в нашей стране, в том числе и плодов шиповника. Шиповник является крупнотоннажным видом импортируемого сырья, ежегодно завозится до 1500 т его плодов, как из ближнего зарубежья (Узбекистан, Таджикистан, Молдавия, Украина), так и из Южной Америки (Чили). Общая площадь сортовых насаждений шиповника на территории РФ в настоящее время составляет 500–600 га. Наряду со Средне-Волжским филиалом Всероссийского научно-исследовательского института лекарственных и ароматических растений (Самарская обл.), его выращиванием занимаются многие плодоовощные хозяйства (Кубань, Марий-Эл, Челябинская обл.), а также лесхозы. Шиповник введен в культуру в Подмосковье, Среднем Поволжье, Башкирии, Алтайском крае и в других районах России. Потребность РФ в плодах шиповника оценивают в 6–8 тыс. т в год, однако благодаря собственному производству она удовлетворяется менее чем на 50 %. Более 90 % общего сбора плодов шиповника в нашей стране обеспечивают его природные заросли [2, 10].

Как показывает практика промышленного возделывания шиповника, далеко не все существующие сорта и формы данной культуры приспособлены к условиям Нечерноземной зоны и имеют тенденцию к снижению плодоношения. Поэтому актуальным представляется создание гибридов и сортов шиповника, которые сочетали бы в себе как высокую потенциальную продуктивность, так и устойчивость к абиотическим и биотическим факторам внешней среды [11–12]. Из 36 сортов шиповника, включенных в Государственный реестр селекционных достижений, более трети (14 сортов) были созданы в ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт ароматических и лекарственных растений» [13]. Работа по выведению сортов, отвечающих современным требованиям, продолжается в институте и в настоящее время. Коллекция шиповника содержит ряд ценных гибридов, самые перспективные из них могут служить кандидатами в новые высокопродуктивные сорта [14]. Гибридные формы получены в предшествующие годы, в качестве родительских форм при гибридизации были использованы шиповник коричный,

шиповник иглистый, шиповник прелестный, шиповник низкий, сорта Воронцовский 1, Воронцовский 3, Российский 1, Витаминный ВНИВИ.

Цель исследований – оценка гибридного материала шиповника и выделение лучших форм для дальнейших испытаний и государственной регистрации в качестве высокопродуктивных сортов.

Задачи исследований – установление раннеспелых и позднеспелых гибридных форм, выявление устойчивости к основным вредителям и болезням шиповника, а также определение количественных признаков урожайности и качества плодов у лучших гибридов.

Материалы и методы исследований

Полевые опыты проводили в период 2018–2020 гг. на участке первичного сортоизучения Всероссийского научно-исследовательского института лекарственных и ароматических растений, заложенными корневыми отпрысками в 2011 г., схема посадки – 3×1 м, по 10 кустов в четырехкратной повторности. Почва участка окультуренная, дерново-подзолистая, почвенный покров представлен средне-оподзоленным пылеватым суглинком. Агрохимические показатели опытного участка: содержание гумуса – 2,1 % (по Тюрину), pH KCl – 5,5, содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) P_2O_5–52 мг/кг, обменного калия (по Масловой) K_2O – 87 мг/кг. В качестве сорта-стандарта использовали сорт шиповника Витаминный ВНИВИ (представляющий собой гибрид шиповника коричного (*R. cinnamomea* L.) с шиповником Уэбба (*R. webbiana* Wall). При сортоизучении важно знать сроки наступления фенологических фаз, которые, в свою очередь, определяют сроки проведения агротехнических приемов. Фенологические наблюдения за кустами шиповника начинают с их вступления в период полного плодоношения, то есть, с пятилетнего возраста. Это обусловлено несколько запоздалыми сроками прохождения фенофаз у молодых растений, по сравнению со взрослыми растениями. Наши исследования проводили на растениях шиповника, вступивших в период полного плодоношения, сроки прохождения фенофаз которых представляют практический интерес. Агроклиматические условия вегетационных периодов 2018–2020 гг. отличались разнообразием, что позволило полноценно проанализировать влияние погодного фактора на развитие растений и установить средние сроки прохождения ими фенофаз (таблица 1).

Таблица 1 – Среднемесячные температура воздуха и суммаосадков в 2018–2020 гг. (по данным метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Год	Температура воздуха, °С				
	май	июнь	июль	август	сентябрь
2018	16,1	17,2	20,3	19,8	14,7
2019	16,2	19,6	16,7	16,4	12,4
2020	11,7	18,9	18,5	17,4	14,0
Среднемноголетний показатель	13,1	16,8	18,3	16,6	11,0
сумма осадков, мм					
2018	44	54	85	20	76
2019	58	55	64	48	32
2020	163	201	181	40	67
Среднемноголетний показатель	53	77	91	78	65

Агроклиматические условия в 2018 г. характеризовались повышенными температурами на фоне пониженной суммы осадков. В 2019 г. условия были

неблагоприятными для роста растений: осадки на опытном поле ВИЛАР практически не выпадали в апреле (дефицит осадков составил 7 %) при повышенных температурах от 22 до 31 °С, что на 2,6–3,1 °С выше средних многолетних значений. В 2020 г. температурный фон весенних и летних месяцев был крайне нестабильным: минимальные температуры чередовались с максимальными. В 2020 г. избыточное количество осадков выпало в мае–июле (в два–три раза выше среднемесячной нормы) при умеренных температурах.

Учеты фенологии растений проводили по методике И. Н. Бейдеман [16], определение зимостойкости, поражаемости болезнями и повреждаемости вредителем (шиповниковая пестрокрылка, бурая и черная пятнистости), оценку урожайности, качества плодов – по методике В. Д. Стрельца [17]. Статистическую обработку осуществляли методом дисперсионного анализа показателей урожайности у гибридов шиповника с использованием программного обеспечения MS Excel [18]. Содержание аскорбиновой кислоты определяли согласно ФС.2.5.0106.18. «Шиповника плоды».

В 2011–2015 гг. проведена первичная оценка 53 гибридных форм шиповника по комплексу хозяйственно ценных признаков. По результатам выделены шесть перспективных форм – 1–25–6, 1–8–24, 2–1–11, 1–3–17, 2–2–7, 2–21–21, отличающихся повышенными урожайностью, крупноплодностью, содержанием витамина С, углубленное изучение которых было продолжено в последующие годы. На коллекционном участке проведена омолаживающая обрезка многолетних насаждений шиповника, связанная со значительным возрастом насаждений (9–10 год вегетации) и являющаяся эффективным способом борьбы с распространением опасного вредителя культуры – шиповниковой пестрокрылки (*Rhagoletis alternata* Fallen).

Результаты и их обсуждение

Изучаемые гибриды шиповника показывают высокую устойчивость к неблагоприятным факторам зимнего сезона. Зимостойкость у всех изучаемых гибридов была выше или на уровне сорта-стандарта (Витаминный ВНИВИ), степень подмерзания была очень слабая и слабая (1–2 балла) (таблица 2).

Таблица 2 – Фенология и зимостойкость перспективных гибридов шиповника (среднее за 2018–2020 гг.)

Гибрид	Начало вегетации – набухание почек, раздвигание почечных чешуй	Образование зеленого конуса	Распускание почек	Бутонизация	Начало цветения	Массовое цветение	Конец цветения	Начало созревания плодов	Массовое созревание плодов	Зимостойкость, балл
Витаминный ВНИВИ (St.)	19–22.04	25–27.04	03–05.05	19–21.05	28–30.05	31.05–02.06	17–19.06	15–17.07	24–26.07	2
1–25–6	16–19.04	20–22.04	24–26.04	22–24.05	25–27.05	29–31.05	17–19.06	24–26.07	11–12.08	1
1–8–24	16–19.04	20–22.04	25–27.04	22–24.05	25–27.05	29–31.05	17–19.06	17–19.07	06–08.08	1
2–1–11	16–19.04	22–24.04	24–26.04	17–20.05	25–27.05	30.05–1.06	17–19.06	21–23.07	14–16.08	1
1–3–17	16–19.04	23–25.04	26–28.04	18–20.05	25–27.05	29–31.05	17–19.06	17–19.07	09–11.08	1
2–2–7	16–19.04	22–24.04	25–27.04	19–21.05	26–28.05	01–03.06	16–18.06	13–15.07	28–30.07	2
2–21–21	16–19.04	21–23.04	25–27.04	22–24.05	26–28.05	31.05–02.06	16–18.06	21–23.07	09–11.08	1

У изучаемых гибридов фаза начала вегетации – набухания почек, раздвигания почечных чешуй отмечена 16–22 апреля, образование зеленого конуса наблюдали 20–27 апреля, распускание почек – 24 апреля – 5 мая. Продолжительность вегетационного периода зависит от температуры воздуха, увеличение которой приводит к его сокращению. В целом календарные даты наступления фенофаз у шиповника

находились в пределах 5–15 дней. За годы исследований наиболее короткий период вегетации наблюдали у сорта Витаминный ВНИВИ (130–132 суток), гибридов 2–2–7 и 1–25–6 (135–138 суток), а наибольшая его продолжительность – у гибридов 1–8–24 и 2–21–21 (160-165 суток). Ранний срок созревания плодов (24–26 июля) показали сорт Витаминный ВНИВИ и гибрид 2–2–7 (28–30 июля), поздний срок созревания (14–16 августа) – гибрид 2–1–11. У большинства изучаемых гибридов наблюдали средний срок созревания плодов. Изученные гибриды имели существенные различия по величине урожая и его качеству (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели урожая перспективных гибридов шиповника (среднее за 2018–2020 гг.)

Гибрид	Количество плодов на кусте, шт.		Урожай с 1 куста, кг		Средняя масса 1 плода, г		Урожайность, т/га		Содержание аскорбиновой кислоты, %	
	факт	±St.	факт	±St.	факт	±St.	факт	±St.	факт	±St.
Витаминный ВНИВИ (St.)	230	–	0,29	–	1,33	–	0,96	–	0,7428±0,008	–
1–25–6	1220	+990	1,53	+1,2	1,25	–0,08	5,01	+4,05	0,5590 ± 0,004	–0,1838
1–8–24	720	+490	1,43	+1,1	1,98	+0,65	4,76	+3,80	0,3932 ± 0,000	–0,3496
2–1–11	942	+712	1,17	+0,8	1,24	+0,09	3,89	+2,93	0,5845 ± 0,004	–0,1583
1–3–17	672	+442	1,47	+1,2	2,18	+0,85	4,89	+3,93	0,8447 ± 0,004	+0,1019
2–2–7	1102	+872	1,33	+1,0	1,20	–0,13	4,43	+3,47	1,0747 ±0,004	+0,3319
2–21–21	690	+460	1,18	+0,8	1,71	+0,38	3,93	+2,97	0,6910 ± 0,004	–0,0518
$НСР_{05}$	146		0,53		0,10		0,64			

Размер плодов имеет важное значение для интенсификации их сбора, особенно при ручной уборке. Чем крупнее плоды, тем выше оказывается производительность труда и снижается себестоимость сырья шиповника. В этом отношении выделились гибриды 1–3–17 со средней массой одного плода 2,18 г и 1–8–24 – 1,98 г. Количество плодов на кусте варьировало от 230 шт. (сорт Витаминный ВНИВИ) до 1220 шт. (гибрид 1–25–6). Наиболее важным признаком, характеризующим продуктивность отобранных гибридных форм, является величина урожая плодов. Урожайность изучаемых образцов шиповника варьировала от 0,96 т/га у стандарта до 5,01 т/га у гибрида 2–1–11, у лучших гибридов урожайность превышала стандарт в 4,6–5,2 раза.По количеству плодов на один куст и урожайности все изучаемые перспективные гибриды существенно превысили стандарт, однако гибриды 1–25–6, 2–1–11 и 2–2–7 по крупноплодности ему уступают. По содержанию аскорбиновой кислоты все гибриды превосходят требования фармакопеи (не менее 0,2 %), при этом ее количество в плодах гибридов 2–2–7 и 1–3–17 превышает данный показатель у сорта Витаминный ВНИВИ. По сумме показателей выделился гибрид 1-3-17, отличающийся как крупноплодностью и высокой урожайностью, так и повышенным содержанием аскорбиновой кислоты в плодах. Несколько меньшей урожайностью, но наибольшим содержанием аскорбиновой кислоты отличается гибрид 2–2–7.

Важным моментом, определяющим возможность успешного культивирования любого сорта, является его устойчивость к имеющимся вредителям и болезням. Наиболее опасным вредителем на шиповнике оказалась шиповниковая пестрокрылка (*Rhagoletis alternata* Fallen), в то время как другие вредители этой культуры – тля (*Macrosiphum rosae* L.), розанная листовертка (*Archips rosana* L.) и непарный шелкопряд (*Ocneria dispar* L.) за все годы проведения исследований обнаружены не были. На рисунке 1 представлены наколы плодов шиповника пестрокрылкой и пупарии мухи. При отсутствии мер борьбы пестрокрылка способна снизить урожайность на 30–70 % [15].

Рисунок 1 – Повреждение плода шиповника пестрокрылкой и зимующая стадия вредителя (пупарий)

В таблице 4 показана повреждаемость вредителем и поражаемость болезнями перспективных гибридов шиповника. Все изученные перспективные формы показали более высокую устойчивость к пестрокрылке и пятнистостям по сравнению с контролем.

Таблица 4 – Повреждаемость вредителями и поражаемость болезнями перспективных гибридов шиповника (средняя за 2018–2020 гг.)

Гибрид	Повреждаемость плодов шиповниковой пестрокрылкой (*Rhagoletis alternata* Fallen)		Поражаемость пятнистостями: бурой (*Cercospora rosicola* L.) и черной (*Marssonina rosae* Deid.), балл*
	%	балл*	
Витаминный ВНИВИ (St.)	46	4	4
1–25–6	14	2	3
1–8–24	25	3	2
2–1–11	29	3	1
1–3–17	23	3	2
2–2–7	21	3	3
2–21–21	27	3	2

Примечание. *** *величина поражения/повреждения: 0 баллов, не поражаются/ не повреждаются, 1 балл – слабая, 2 балла – средняя, 3 балла – сильная, 4 балла – очень сильная.*

Ржавчинные заболевания, такие как листовая (*Phragmidium disciflorum* (Tode) James) и стеблевая (*Phragmidium rosae pimpinellifoliae* Deit.) ржавчины на гибридах и сорте стандарте в годы исследований не наблюдались.

Изучение гибридного материала шиповника позволило выявить, что отдельные гибридные формы по таким хозяйственно ценным показателям, как крупноплодность, урожайность, содержание аскорбиновой кислоты, а также по своей зимостойкости и устойчивости к вредителям и болезням в условиях Центрального Нечерноземья превосходят сорт-стандарт Витаминный ВНИВИ.

Выводы

По данным фенологических наблюдений выявлена гибридная форма шиповника 2–2–7 с ранним сроком созревания плодов и гибрид 2–1–11 с поздним сроком созревания.

Максимальная урожайность плодов отмечена у гибридных форм 1–25–6 (5,01 т/га), 1–3–17 (4,89 т/га), 1–8–24 (4,76 т/га). По крупноплодности выделились

гибридные формы: 1–3–17 (2,18 г), 1–8–24 (1,98 г) и 2–21–21 (2,71 г); по количеству плодов на кусте – 1–25–6 (1220 шт./куст), 2–2–7 (1102 шт./куст) и 2–1–11 (942 шт./куст). Наибольшее содержание аскорбиновой кислоты в плодах, превышающее аналогичный показатель у сорта-стандарта, отмечено у гибридов 1–3–17 (0,85 %) и 2–2–7 (1,08 %). По устойчивости к болезням и повреждению вредителями все гибриды превзошли сорт-стандарт Витаминный ВНИВИ.

По комплексу хозяйственно ценных признаков в результате исследований выделились гибридные формы 1–25–6, 1–3–17, 1–8–24 и 2–2–7, которые являются кандидатами в новые, высокопродуктивные сорта шиповника, адаптированные к почвенно–климатическим условиям Нечерноземной зоны России.

Работа выполнена в рамках темы НИР ФГБНУ ВИЛАР «Поиск и выявление перспективных видов дикорастущих растений, изучение их ресурсного потенциала, формирование высокопродуктивных агроценозов лекарственных и ароматических культур путем создания новых сортов и разработки интенсивных, экологически безопасных технологий их возделывания» (FGUU–2022–0009).

Литература

1. Беркутенко А. Н., Вирек Э. Г. Лекарственные и пищевые растения Аляски и Дальнего Востока России. Владивосток: Изд-во ДВГУ, 1995. С.132–134.
2. Joyaux F. History of roses in cultivation. European (Pre–1800) // In book: Encyclopedia of Rose Science. London: Academic Press, 2003. P. 395–402. DOI: 10.1016/b0-12-227620-5/00047-1.
3. Болотов А.Т. О лекарственных травах. М.: б. и., 2010. С. 265–265.
4. Vozárová R., Herklotz V., Kovařík A., Tynkevich Y. O., Volkov R. A., Ritz C. M., Lunerová J. Ancient origin of two 5S rDNA families dominating in the genus Rosa and their behavior in the canina-type meiosis // Frontiers in Plant Science. 2021. Vol. 12. P. 343. DOI: 10.3389/fpls.2021.643548.
5. Just J., Bendahmane M. *Rosa spp*. // Trends in Genetics. 2020. Vol. 36. Iss. 2. P. 146–147. DOI: 10.1016/j.tig.2019.11.002.
6. Атлас лекарственных растений России. М.: Наука, 2021. 646 с.
7. Phetcharat L., Wongsuphasawat K., Winther K. The effectiveness of a standardized rose hip powder, containing seeds and shells of *Rosa canina*, on cell longevity, skin wrinkles, moisture, and elasticity // Clinical Interventions in Aging. 2015. Vol. 19. No. 10. P. 1849–1856. DOI: 10.2147/CIA.S90092.
8. Gruenwald J., Uebelhack R., Moré M.I. *Rosa canina* – rose hip pharmacological ingredients and molecular mechanics counteracting osteoarthritis – a systematic review // Phytomedicine. 2019. Vol. 60. Art. No. 152958. DOI: 10.1016/j.phymed.2019.152958.
9. Oproshanska T., Khvorost O., Skrebtsova K., Vitkevicius K. Comparative pharmakognostical study of roots of *Rosa majalis* Herrm. and *Rosa canina* L. // Science Rise: Pharmaceutical Science. 2021. Vol. 33. No. 5. P. 71–78. DOI: 10.15587/2519-4852.2021.243525.
10. Hummer K. E., Janick J. Rosaceae: taxonomy, economic importance, genomics // In book: Genetics and Genomics of Rosaceae. Book series: Plant Genetics and Genomics: Crops and Models. (PGG, Vol 6) // Ed. by Folta K. M., Gardiner S. E. New York: Springer, 2009. P. 636. DOI: 10.1007/978-0-387-77491-6_1.
11. Морозов В. И. Новые перспективные сорта шиповника // Лесное хозяйство. 2005. № 6. С.11.
12. Стрелец В. Д., Агафонов В. Д., Русанов В. Ф. Методические рекомендации по селекции шиповника (*Rosa* L.). М.: МСХА, 1994. 69 с.
13. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 719 с.
14. Морозов А. И., Костин А. К. Оценка перспективных гибридных форм шиповника (Rosa L.) по хозяйственно–ценным признакам // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2017. Т. 20. № 12. С. 47–49.
15. Бушковская Л. М., Пушкина Г. П., Морозов В. И., Пименов К. С. Вредители шиповника // Защита и карантин растений. 2006. № 1. С. 45.
16. Бейдеман И. Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1974. 155 с.
17. Стрелец В. Д. Проведение исследований на культуре шиповника (*Rosa* L.): методические указания. М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. 55 с.
18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

References

1. Berkutenko A. N., Virek E. G. Medicinal and food plants of Alaska and the Russian Far East. Vladivostok: Far Eastern State University Publ., 1995. P.132–134.
2. Joyaux F. History of roses in cultivation. European (Pre–1800) // In book: Encyclopedia of Rose Science. London: Academic Press, 2003. P. 395–402. DOI: 10.1016/b0-12-227620-5/00047-1.
3. Bolotov A. T. About medicinal herbs. Moscow: No Publ., 2010. P. 265–265.
4. Vozárová R., Herklotz V., Kovařík A., Tynkevich Y. O., Volkov R. A., Ritz C. M., Lunerová J. Ancient origin of two 5S rDNA families dominating in the genus Rosa and their behavior in the canina-type meiosis // Frontiers in Plant Science. 2021. Vol. 12. P. 343. DOI: 10.3389/fpls.2021.643548.
5. Just J., Bendahmane M. *Rosa spp*. // Trends in Genetics. 2020. Vol. 36. Iss. 2. P. 146–147. DOI: 10.1016/j.tig.2019.11.002.
6. Atlas of medicinal plants of Russia. Moscow: Nauka, 2021. 646 p.
7. Phetcharat L., Wongsuphasawat K., Winther K. The effectiveness of a standardized rose hip powder, containing seeds and shells of *Rosa canina*, on cell longevity, skin wrinkles, moisture, and elasticity // Clinical Interventions in Aging. 2015. Vol. 19. No. 10. P. 1849–1856. DOI: 10.2147/CIA.S90092.
8. Gruenwald J., Uebelhack R., Moré M.I. *Rosa canina* – rose hip pharmacological ingredients and molecular mechanics counteracting osteoarthritis – a systematic review // Phytomedicine. 2019. Vol. 60. Art. No. 152958. DOI: 10.1016/j.phymed.2019.152958.
9. Oproshanska T., Khvorost O., Skrebtsova K., Vitkevicius K. Comparative pharmakognostical study of roots of *Rosa majalis* Herrm. and *Rosa canina* L. // Science Rise: Pharmaceutical Science. 2021. Vol. 33. No. 5. P. 71–78. DOI: 10.15587/2519-4852.2021.243525.
10. Hummer K. E., Janick J. Rosaceae: taxonomy, economic importance, genomics // In book: Genetics and Genomics of Rosaceae. Book series: Plant Genetics and Genomics: Crops and Models. (PGG, Vol 6) // Ed. by Folta K. M., Gardiner S. E. New York: Springer, 2009. P. 636. DOI: 10.1007/978-0-387-77491-6_1.
11. Morozov V. I. New promising varieties of rosehip // Lesnoe khozyaystvo. 2005. No. 6. P. 11.
12. Strelets V. D., Agafonov V. D., Rusanov V. F. Methodological recommendations for the selection of rosehip (*Rosa* L.). Moscow: Moscow State Agricultural Academy, 1994. 69 p.
13. State Register of breeding achievements approved for use. Vol.1. “Plant varieties” (official publication). Moscow: FSBI “Rosinformagrotekh”, 2021. 719 p.
14. Morozov A. I., Kostin A. K. The evaluation of promising hybrid forms of sweet briar (*Rosa* L.) by economically valuable traits // Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry. 2017. Vol. 20. No. 12. P. 47–49.
15. Bushkovskaya L. M., Pushkina G. P., Morozov V. I., Pimenov K. S. Pests of rosehip // Plant protection and quarantine. 2006. No. 1. P. 45.
16. Beideman I. N. Methodology for studying the phenology of plants and plant communities. Novosibirsk: Nauka. Siberian branch, 1974. 155 p.
17. Strelets V. D. Conducting research on the culture of rosehip (*Rosa* L.): methodological guidelines. Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (RSAU – MTAA named after K. A. Timiryazev), 2011. 55 p.
18. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

UDC 630*165.6

Kovalev N. I., Morozov A. I.

PLANT BREEDING OF *ROSA* SPP. UNDER CONDITIONS OF THE NON–CHERNOZEM ZONE OF RUSSIA

Summary. *Not all existing varieties of Rosa ssp. are adapted to the conditions of the Non–Chernozem belt of the RF. Unfortunately, they have a tendency to decrease fruit bearing in case of industrial cultivation. Therefore, the creation of new varieties of rosehip that would combine both high potential fruit bearing and resistance to environmental factors is particularly relevant. The purpose of the research was to evaluate the hybrid material of Rosa spp. and identify the most promising forms for the creation of new highly productive varieties. Field experiments were conducted in 2018–2021. Location: experimental site of the initial variety study of the Agrobiology Lab, FSBSI “All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants” (VILAR). In 2011, experimental plots were laid with Rosa spp. root shoots. ‘Vitaminny VNIVI’ (hybrid of R. cinnamomea L. with R. Webbiana Wall) variety was used as a standard. Phenology records, determination of winter*

hardiness, resistance to diseases (Cercospora rosicola L., Marssonina rosae Deid.) and pest damage (Rhagoletis alternata Fallen), as well as yield assessment were carried out. According to the phenological observations, a hybrid form of rosehip 2–2–7 with an early fruit ripening period (102 days) and a hybrid 2–1–11 with the late ripening one (120 days) were identified. The maximum fruit yield was obtained in hybrids 1–25–6 (5.01 t/ha), 1–3–17 (4.89 t/ha), 1–8–24 (4.76 t/ha), which is three to five times more than that of the standard 'Vitaminny VNIVI'. In terms of large-fruitedness, hybrid forms 1–3–17 (2.18 g), 1–8–24 (1.98 g) and 2–21–21 (2.71 g) were distinguished; they exceeded standard by 48–63 %. According to the number of fruits on the bush, hybrids 1–25–6 (1220 pcs./bush), 2–2–7 (1102 pcs./bush) and 2–1–11 (942 pcs./bush) stood out; standard exceeding – by 2.9–3 times. The highest content of ascorbic acid in fruits was observed in hybrids 1–3–17 (0.85%) and 2–2–7 (1.08 %). In terms of resistance to diseases and pests damage, all hybrids surpassed the standard variety. Hybrid forms 1–25–6, 1–3–17, 1–8–24 and 2–2–7 were selected for further research according to the complex of economically valuable traits.

Keywords: *Rosa spp., hybrids, yield, large-fruitedness, ascorbic acid, disease resistance, pest resistance.*

Ковалев Никита Игоревич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией агробиологии, ФГНБУ «Всероссийский институт лекарственных и ароматических растений»; 117216, Россия, г. Москва, ул. Грина, 7; e-mail: kovalev@vilarnii.ru.

Морозов Александр Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, заместитель директора, ФГНБУ «Всероссийский институт лекарственных и ароматических растений»; 117216, Россия, г. Москва, ул. Грина, 7; e–mail: vilaragro@mail.ru.

Kovalev Nikita Igorevich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher, head of the Agrobiology Lab, FSBSI "All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants"; 7, Grina str., Moscow, 117216, Russia; e-mail: kovalev@vilarnii.ru.

Morozov Aleksandr Ivanovich, Dr. Sc. (Agr.), chief researcher, Deputy Director, FSBSI "All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants"; 7, Grina str., Moscow, 117216, Russia; e-mail: vilaragro@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 28.02.2022.
Дата принятия к печати – 10.05.2022.

УДК 633.88: 543.85:581.4
EDN FQSKKW

Коротких И. Н.[1], Невкрытая Н. В.[2], Грунина Е. Н.[2]

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОРФОТИПОВ ШАЛФЕЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО *SALVIA OFFICINALIS* L. С РАЗНОЙ ОКРАСКОЙ ЦВЕТКА

[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений»;
[2]ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. *Цель исследования – сравнительное изучение по морфобиологическим и биохимическим показателям двух морфотипов шалфея лекарственного Salvia officinalis L. с лиловой и белой окраской цветка, выделенных из популяции, поддерживаемой в ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений» (ВИЛАР). Исследование выполнено в 2019–2020 гг. в соответствии с разработанными методическими рекомендациями. По результатам фенологических наблюдений не обнаружено различий в наступлении фенофаз у растений морфотипов с разной окраской цветков. Сравнительный анализ структурных элементов растений с белыми и лиловыми цветками в условиях опытного участка ВИЛАР (Подмосковье) позволил выявить их отличие по длине облиственных и генеративных частей побегов. Растения морфотипа с белой окраской цветка имеют более длинную облиственную часть побега (34,8 ± 0,5 см), но более короткие соцветия (11,0 ± 0,3 см) по сравнению с морфотипом, характеризующимся лиловой окраской цветка (соответственно 32,4 ± 0,2 и 14,2 ± 0,1 см). По содержанию эфирного масла в воздушно-сухом сырье различий не установлено (1,00 ± 0,07 % и 1,04 ± 0,1 % соответственно). Основными компонентами эфирного масла исследуемых морфотипов являются α- и β-туйоны (суммарно до 49,1 %), камфора (до 16,8 %), 1,8-цинеол (до 15,6 %) и виридифлорол (до 11,5 %). Выявлены различия между морфотипами по содержанию основных компонентов эфирного масла. Так, превышение суммарного содержания туйонов в эфирном масле морфотипа с лиловыми цветками над таковым у морфотипа с белыми цветками может достигать 6,5 %. Напротив, содержание виридифлорола может быть многократно (до девяти раз) ниже, чем у морфотипа с белыми цветками. Анализ данных позволяет полагать, что условия высокого температурного режима и ограниченное количество осадков являются благоприятными для накопления туйонов и камфоры и неблагоприятными для накопления виридифлорола. Полученная информация может быть полезна при подборе перспективного материала для селекции.*

Ключевые слова: *шалфей лекарственный, Salvia officinalis L., эфирное масло, компонентный состав, туйон, камфора, виридифлорол.*

Для цитирования: *Коротких И. Н., Невкрытая Н. В., Грунина Е. Н. Сравнительный анализ морфотипов шалфея лекарственного Salvia officinalis L. с разной окраской цветка//Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 2(30). С. 45–53. EDN: FQSKKW.*

For citation: *Korotkikh I. N., Nevkrytaya N. V., Grunina E. N. Comparative analysis of Salvia officinalis L. morphotypes with different flower colours// Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 2(30). P. 45–53. EDN: FQSKKW.*

Введение

Шалфей лекарственный *Salvia officinalis* L. – многолетнее растение семейства Яснотковые (Lamiaceae Martinov.) [1]. Этот вид является источником лекарственного и эфиромасличного сырья для косметической, парфюмерной и медицинской продукции

[2, ГОСТ 31791-2017 Эфирные масла и цветочно-травянистое эфиромасличное сырье. Технические условия]. Для медицинских целей используют лист шалфея (*Folium Salviae*) [3, 4]. В настоящее время в качестве сырья рассматривают также корни шалфея. Препараты из надземной части (листья и цветы) шалфея лекарственного обладают дезинфицирующим, противовоспалительным, кровоостанавливающим, мягчительным, мочегонным действием, уменьшают потоотделение. Сырье растения применяют в виде отвара или настойки для полоскания рта как вяжущее и антисептическое средство при стоматитах, кровоточащих деснах, ангине; в виде спринцеваний при гинекологических заболеваниях [1, 5, 6]. Экстракт шалфея лекарственного обладает антиоксидантным и противовоспалительным действием [7]. Выявлена противоопухолевая активность эфирного масла шалфея лекарственного и его основных компонентов [8, 9].

Шалфей лекарственный культивируют в Северной Америке (США и Канада), Азии (Сирия, Индия и др.) Европе (Греция, Италия, Франция, Чехия, Словакия, республики бывшей Югославии, Молдавия и Россия) [2,10].

Сотрудниками Северо-Кавказского филиала ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений» (ВИЛАР) созданы два сорта шалфея лекарственного для использования в медицине: Кубанец и Фиолетовый Аромат [11]. Данные сорта адаптированы для почвенно-климатических условий регионов Кавказа. В условиях Центрального региона Нечерноземной зоны, сорта, происходящие из более теплых регионов, могут отличаться по своим показателям продуктивности. Так как шалфей лекарственный произрастает в условиях центрального региона России, можно прогнозировать его выращивание в производственных масштабах в случае создания сорта, показатели продуктивности и качества сырья которого будут соответствовать требованиям действующих стандартов. Такой адаптированный к данным условиям сорт может быть создан на основе местных популяций и интродуцированных образцов с высокой зимостойкостью путем отбора высокомасличных и высокоурожайных форм (в том числе разных морфотипов). Поэтому была проанализирована популяция шалфея лекарственного, поддерживаемая ВИЛАР. Популяция получена из Северо-Кавказского филиала ВИЛАР в 2007 г. и акклиматизирована в условиях Подмосковья. Среди растений этой популяции выделяются морфотипы с белой окраской венчика цветка: с частотой 0,0016 % в исходной популяции и до 0,14 % – при целенаправленном отборе в двух поколениях.

Цель исследований – сравнительное изучение по морфо-биологическим и биохимическим показателям двух морфотипов шалфея лекарственного *Salvia officinalis* L. с лиловой и белой окраской цветка, выделенных из популяции, поддерживаемой в ВИЛАР.

Материал и методы исследования

Сравнительный анализ морфотипов с разной окраской цветка, выделенных из популяции шалфея лекарственного, проведен в 2019–2020 гг. в условиях Московской области на опытном участке ВИЛАР. Московская область входит во второй агроклиматический район [12]. Климат умеренно-континентальный, с хорошо выраженными переходными сезонами, теплым летом, умеренно-холодной зимой и устойчивым снежным покровом. Суммарная солнечная радиация составляет 87–89 ккал/см в год. Средняя температура самого холодного месяца (январь) – минус 11°С, а температура самого теплого месяца (июль) – +17 °С. Период со среднесуточной температурой выше +10 °С длится в среднем 206–216 (до 220) дней, продолжительность безморозного периода не превышает 120–140 дней. Средняя многолетняя сумма эффективных температур составляет 1371 °С. Московская область относится к зоне достаточного увлажнения: гидротермический коэффициент увлажнения (по Г.К. Селянинову) – 1,4. Годовая сумма осадков достигает 550–560 мм при невысокой

испаряемости с поверхности (420 мм), осадки в виде дождя преимущественно выпадают в июле–августе.

В регионе проведения исследования положительные среднесуточные температуры наступили в 2019 г. с 04 апреля, среднесуточные температуры выше 10 °С – с 14 апреля. Осадки практически не выпадали в апреле с (дефицит осадков составлял 78 %) и с 11 мая по 26 июня (46 суток) при температуре от 22 до 31 °С, что на 2,6–3,1 °С выше средних многолетних значений. Сложились неблагоприятные условия для роста растений. В летние месяцы осадки выпадали неравномерно: осадки проливного характера отмечены с 26 по 30 июня, ежедневные моросящие и проливные дожди – с 6 по 29 июля (при температуре от 13 до 22 °С). Повышенная влажность и сильная облачность (52 % в среднем по месяцам с апреля по август) не способствовали накоплению эфирного масла. В 2020 г. положительные среднесуточные температуры наступили уже с 17 марта, среднесуточные температуры выше 10 °С – с 10 мая. Однако температурный фон весенних и летних месяцев был крайне неустойчивым: минимальные температуры чередовались с максимальными. Избыточное количество осадков (в два–три раза выше нормы) выпало в мае–июле при умеренных температурах и облачности 60 %, в среднем, по месяцам – с апреля по август, что также не способствовало накоплению эфирного масла. В апреле–мае дефицит тепла составлял 1–1,4 °С. В летние месяцы средние температуры были выше среднемноголетних на 0,5–2,2 °С, в осенние месяцы – выше на 3–4 °С.

Для проведения исследования весной 2018 г. на опытном участке проведен посев популяции шалфея лекарственного. Площадь делянки 9,6 м^2 (16 × 0,6 м), повторность двукратная. Оценка показателей проведена в 2019–2020 гг. на 45 растениях (по 22–23 растения в повторении) каждого морфотипа – с лиловыми и белыми цветками. Проанализированы: длина генеративного побега, облиственной части побега, соцветия, длина и ширина листа, содержание эфирного масла в воздушно-сухом сырье и его компонентный состав. Содержание эфирного масла определяли способом гидродистилляции по методу Гинзберга (навеска сырья – 30 г на 400 мл воды, время отгонки – два часа) [4].

Хроматографический анализ компонентного состава эфирного масла выполнен в ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (НИИСХ Крыма) на газовом хроматографе модели Кристалл 5000.2 при следующих технических условиях: газ-носитель – гелий марки А; тип детектора – пламенно-ионизационный; колонка капиллярная CR-WAXms размером 30 м × 0,32 мм; толщина слоя неподвижной фазы – 0,5 мкм; температура детектора – 250 °С; температура испарителя – 230 °С; расход газа–носителя – 1,9 мл/мин. Программирование температуры: начальная температура колонки – 75 °С с выдержкой в 1 минуту; скорость нагрева – 4 °С/мин; конечная температура колонки – 220 °С без выдержки; длительность анализа – 37,3 мин; деление потока 1:20. Идентификацию компонентов эфирных масел проводили методом «fingerprints» (сравнение хроматографических профилей) [13,14]. Содержание компонентов в пробе (%) рассчитывали методом внутренней нормализации.

Выполнена статистическая обработка полученных данных с использованием пакета программ MicrosoftOfficeExcel 2007 [15].

Результаты и их обсуждение

По результатам фенологических наблюдений не выявлено различий в наступлении фенофаз у растений морфотипов с разной окраской цветков. В 2019–2020 гг. вегетация шалфея лекарственного начиналась 13–15 апреля, максимальное отрастание генеративных побегов – к 24 мая – 1 июня, массовую бутонизацию наблюдали в период с 1 по 15 июня; цветение продолжалось с 10 по 28 июня, массовое плодообразование приходилось на период с 20 июня по 6 июля.

В таблице 1 приведены биометрические показатели структурных частей растений морфотипов шалфея лекарственного. Растения морфотипа с белой окраской цветка имеют более длинную облиственную часть побега, но более короткие соцветияпо сравнению с морфотипом, имеющим лиловую окраску цветка. По остальным биометрическим показателям морфотипы достоверно не отличаются.

Таблица 1 – Биометрические показатели растений двух морфотипов шалфея лекарственного (2019–2020 гг.)

Признак	Морфотип	
	с лиловыми цветками	с белыми цветками
Длина генеративного побега, см	46,2 ± 0,6	45,7 ± 3,4
Длина облиственной части побега, см	32,4 ± 0,2*	34,8 ± 0,5*
Длина соцветий, см	14,2 ± 0,1*	11,0 ± 0,3*
Длина листа, см	5,1 ± 0,6	5,1 ± 0,3
Ширина листа, см	2,4 ± 0,1	2,2 ± 0,2

Примечание. **достоверно отличающиеся показатели.*

Растения морфотипа с белыми цветками имеют темно-зеленую окраску верхней стороны листьев. Листья свернуты по центральной жилке и визуально выглядят как более узкие. Окраска чашечки цветка и стебля побега зеленая без антоцианового окрашивания, в отличие от растений морфотипа с лиловыми цветками(рисунок).

Рисунок – Шалфей лекарственный

Примечание. *1 – популяция ВИЛАР; 2 – генеративный побег морфотипа с белыми цветками; 3 – генеративный побег морфотипа с лиловыми цветками.*

Масса воздушно сухого сырья морфотипа с белыми цветками уменьшается по сравнению со свежим сырьем в 3,3–3,5 раза, а морфотипа с лиловыми цветками – в 4,0–4,1раза. Доля фракции листьев в сырье составляет 65–66 % без различий по морфотипу.

Содержание эфирного масла в воздушно-сухом сырье (надземная часть в фазе цветения) шалфея лекарственного составляло, в среднем, 1,00 ± 0,07 % в сырье растений с белыми цветками и 1,04 ± 0,1% – в сырье растений с лиловыми цветками. Таким образом, различий между морфотипами по данному показателю не выявлено. Содержание эфирного масла в сырье обоих морфотипов соответствует требованиям ГОСТ 31791-2017.

Проанализирован компонентный состав эфирного масла обоих морфотипов (таблица 2).

Таблица 2 – Компонентный состав эфирного масла двух морфотипов шалфея лекарственного

Компонент эфирного масла	Содержание компонента в эфирном масле, %			
	морфотип с лиловыми цветками		морфотип с белыми цветками	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
монотерпены				
α-пинен	1,27	0,56	0,99	0,42
камфен	0,69	0,92	0,60	0,80
сабинен	0,68	0,51	0,47	0,51
β-мирцен	0,32	0,51	0,22	0,33
лимонен	0,43	0,72	0,36	0,40
1,8-цинеол	15,37	9,57	15,61	10,17
цис-в-оцимен	0,00	0,05	0,05	0,06
г-терпинен	0,17	0,40	0,12	0,28
п-цимен	0,34	0,23	0,28	0,12
терпинолен	0,06	0,15	0,06	0,11
α-туйон	24,84	43,45	21,44	37,25
β-туйон	6,11	5,63	7,10	5,33
сабиненгидрат	0,00	0,08	0,19	0,10
камфора	4,08	16,81	5,19	16,04
линалоол	0,81	0,88	0,77	1,73
линалилацетат	0,07	0,18	0,09	0,26
борнилацетат	0,77	0,42	0,66	0,64
α-терпинеол	6,37	3,06	8,11	2,74
геранилацетат	0,78	0,35	1,51	0,16
Сумма	63,15	84,46	63,82	77,45
дитерпены				
эпиманоол	3,36	0,291	3,05	1,02
маноол	0,26	0,522	0,25	0,00
Сумма	3,62	0,813	3,30	1,02
сесквитерпены				
кариофиллен	9,40	3,06	8,15	5,53
α-хумулен	5,94	3,88	0,00	6,51
хумуленэпоксид II	0,68	0,13	0,64	0,49
кариофилленоксид	0,55	0,08	0,45	0,38
виридифлорол	9,91	0,59	11,51	5,34
Сумма	26,48	7,75	20,75	18,25
Общая доля неидентифицированных компонентов	6,76	6,91	12,13	3,29

Основными компонентами эфирного масла обоих морфотипов являются: α- и β-туйоны (в сумме до 49,1 %), камфора (до 16,8%), 1,8-цинеол (до 15,6 %) и виридифлорол (до 11,5 %). Среди прочих компонентов, содержание которых составляет более 1 % – α-пинен, α-терпинеол, линалоол, геранилацетат, эпиманоол, кариофиллен, α-хумулен.

При сравнении состава эфирного масла изучаемых морфотипов на протяжении двух вегетационных сезонов, отличающихся по метеоусловиям, выявлены различия в соотношении основных компонентов. В эфирном масле растений с белыми цветками отмечено более низкое суммарное содержание туйонов по сравнению с таковым у растений с лиловыми цветками – на 2,4–6,5 %, в 2019 и 2020 гг. соответственно. Напротив, содержание виридифлорола было несколько выше в эфирном масле из растений морфотипа с белыми цветками в 2019 г. – на 1,6 % и значительно выше в условиях 2020 г. – на 4,75 %. Отличия морфотипов по содержанию остальных компонентов по двухлетним данным несущественны.

Следует отметить, что процентное соотношение компонентов эфирного масла у шалфея лекарственного так же, как и у всех эфиромасличных растений существенно зависит от многих факторов: почвенно-климатические и метеоусловия региона произрастания, способа получения эфирного масла, состава сырья и пр. [16–18]. Сопоставление полученных нами данных может указывать на то, что различия по содержанию отдельных компонентов в эфирном масле по годам обусловлены особенностями метеорологических условий сезонов. Более высокий температурный режим и меньшее количество осадков в летние месяцы 2020 г., вероятно, оказались более благоприятными для накопления в эфирном масле туйонов и камфоры. Содержание в эфирном масле обоих морфотипов туйонов было в 1,5 раза, а камфоры – в три–четыре раза выше, чем в предыдущем году, летние месяцы которого отличались более низкими температурами и обилием осадков. В то же время значительно уменьшилось содержание 1,8-цинеола (в 1,5–1,6 раза) и виридифлорола – особенно сильно для морфотипа с лиловыми цветками – в 16,8 раза (для морфотипа с белыми цветками – в 2,2 раза).

Аналогичные результаты были получены при анализе содержания основных компонентов в эфирном масле из воздушно сухого сырья шалфея лекарственного сорта Кубанец при выращивании его в условиях Предгорья Крыма [19]. В 2017 г. температурный режим и количество осадков в летние месяцы были умеренными, близкими к средним многолетним показателям, а 2018 г. характеризовался экстремально жаркими, засушливыми условиями. Содержание в эфирном масле туйонов в 2017 г. было на 11,7 % меньше по сравнению с 2018 г. (16,9 % и 28,6 % соответственно), камфоры – на 2,1% (4,3 % и 6,4%). Содержание виридифлорола, напротив, было на 4,4% выше в условиях 2017 г. (10,8 % и 6,4% соответственно). В отличие от результатов исследования популяции шалфея лекарственного в Московском регионе, содержание 1,8-цинеола в Предгорье Крыма было выше в засушливых, жарких условиях на 3, 3% (12,2 и 15,5 %).

Таким образом, сопоставление результатов исследований эфирного масла шалфея лекарственного, проведенных в разных условиях, позволяют сделатьвывод, что сочетание высокого температурного режима и ограниченного количества осадков является благоприятным для накопления туйонов и камфоры и неблагоприятным для накопления виридифлорола.

В целом, результаты проведенного сравнительного изучения двух морфотипов шалфея лекарственного (с белыми и лиловыми цветками) из популяции, выращиваемой в Московской области, могут быть полезными для дальнейших селекционных исследований.

Выводы

Проведено сравнительное изучение в условиях Московской области двух морфотипов шалфея лекарственного с белыми и лиловыми цветками, выделенных из популяции, поддерживаемой в ВИЛАР. Изучаемые морфотипы не отличались по срокам наступления фенофаз. Выявлены различия структурных параметров их растений. Растения морфотипа с белой окраской цветка имеют более длинную облиственную часть побега (34,8 ± 0,5 см), но более короткие соцветия (11,0 ± 0,3 см) по сравнению с морфотипом, характеризующимся лиловой окраской цветка (соответственно 32,4 ± 0,2 и 14,2 ± 0,1 см).

Различий между данными морфотипами по содержанию эфирного масла в воздушно-сухом сырье не установлено (1,00 ± 0,07 % и 1,04 ± 0,1 % соответственно).

Основными компонентами эфирного масла обоих морфотипов являются α- и β-туйоны (суммарно до 49,1 %), камфора (до 16,8 %), 1,8-цинеол (до 15,6 %) и виридифлорол (до 11,5 %). Выявлены различия между морфотипами по содержанию основных компонентов эфирного масла. Так, превышение суммарного содержания туйонов в эфирном масле морфотипа с лиловыми цветками над таковым у морфотипа

с белыми цветками может достигать 6,5 %. Напротив, содержание виридифлорола может быть многократно (до девяти раз) ниже, чем у морфотипа с белыми цветками.

Анализ данных позволяет полагать, что условия высокого температурного режима и ограниченное количество осадков являются благоприятными для накопления туйонов и камфоры и неблагоприятными для накопления виридифлорола.

Литература

1. Атлас лекарственных растений России: монография // Под общ. ред. Сидельникова Н. И. М.: Наука, 2021. 646с.
2. Sharma Y., Fagan J., Schaefer J. Ethnobotany, phytochemistry, cultivation and medicinal properties of Garden sage (*Salvia officinalis* L.) // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2019. No. 8(3). P. 3139–3148.
3. Jakovljevi´ M., Joki´ S., Molnar M., Jaši´ M., Babi´ J., Juki´ H., Banjari I. Bioactive profile of various *Salvia officinalis* L. preparations 2019. No. 8(3). P. 55–85. DOI: 10.3390/plants8030055.
4. ФС.2.5.0051.15. Шалфея лекарственного листья. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIII издание. М., 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://pharmacopoeia.ru/fs-2-5-0051-15-shalfeya-lekarstvennogo-listya/ (дата обращения 21.04.2022).
5. Vieira S. F., Ferreira H., Neves N. M. Antioxidant and anti-inflammatory activities of cytocompatible *Salvia officinalis* extracts: a comparison between traditional and soxhlet extraction // Antioxidants. 2020. No. 9(11). P. 1157–1182. DOI: 10.3390/antiox9111157.
6. Mendes F. S. F., Garcia L. M., Moraes T. da S., Casemiro L. A., Alcântara C. B., Ambrósio S. R., Veneziani R. C. S., Miranda M. L. D., Martins C. H. G. Antibacterial activity of *Salvia officinalis* L. against periodontopathogens: an *in vitro* study // Anaerobe. 2020. Art. No. 102194. DOI: 10.1016/j.anaerobe.2020.102194.
7. Kammoun El S. E., Hassine D. B., Cazaux S., Bouzouita N., Bouajila J. *Salvia officinalis* essential oil: chemical analysis and evaluation of anti-enzymatic and antioxidant bioactivities // South African Journal of Botany. 2019. Vol. 120. P. 253–260. DOI: 10.1016/j.sajb.2018.07.010.
8. Privitera G., Luca T., Castorina S., Passanisi R., Ruberto G., Napoli E. Anticancer activity of *Salvia officinalis* essential oil and its principal constituents against hormone-dependent tumour cells // Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 2019. No. 9(1). P. 24–28. DOI: 10.4103/2221-1691.250266.
9. Garcia C. S. C., Menti C., Lambert A. P. F., Barcellos T. Pharmacological perspectives from Brazilian *Salvia officinalis* (Lamiaceae): antioxidant, and antitumor in mammalian cells //An Acad Bras Ciênc. 2016. Vol. 88. P. 281–292. DOI: 10.1590/0001-3765201520150344.
10. Атлас лекарственных растений // Под общ. ред. Быкова В. А. М.: ВИЛАР, 2006. С. 325–326.
11. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений (по состоянию на 03 марта 2021 г.). 719 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2021/04/Итоговый-реестр-2021.pdf (дата обращения 22.04.2021).
12. Агроклиматический справочник по Московской области. М.: Московский рабочий, 1967. 135 с.
13. Зенкевич И. Г., Пименов А. И., Пожарицкая О. Н., Шиков А. Н., Макаров В. Г. Сравнение хроматографических профилей как метод идентификации компонентов лекарственного растительного сырья в комплексных препаратах // Растительные Ресурсы. 2003. Т. 39. Вып. 3. С. 143–152.
14. Леонтьев В. Н., Шутова А. Г., Коваленко Н. А., Супиченко Г. Н., Спиридович Е. В. Газохроматографическая идентификация эфирных масел // Труды Белорусского государственного университета. 2006. Т. 1. Ч. 1. С. 261–267.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.
16. Невкрытая Н. В., Паштецкий В. С., Новиков И. А., Коротких И. Н., Тхаганов Р. Р. Изменчивость компонентного состава эфирного масла *Melissa officinalis* L. в зависимости от особенностей климатических условий региона возделывания // Химия растительного сырья. 2020. № 1. С. 257–263. DOI: 10.14258/jcprm.2020016397.
17. Zeynalova S. A., Novruzov E. N. Dynamics of accumulation and component composition of essential oil *Foeniculum vulgare* Mill. flora of Azerbaijan // Proceedings of the institute of botany. 2017. Vol. XXXVII. P. 84–88.
18. Saxena S. N., Kakani R. K., Rathore S. S., Meena R. S., Vishal M. K., Sharma L. K., Agrawal D., John S., Panwar A., Singh B. Genetic variation in essential oil constituents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) germplasm // Journal of Essential Oil-Bearing Plants. 2016. Vol. 19(4). P. 989–999. DOI: 10.1080/0972060X.2016.1191378.
19. Nevkrytaya N., Novikov I., Soboleva E., Kashirina N., Radchenko L. Manifestation features of the productivity potential of Salvia officinalis L. in the conditions of the Crimea foothills // 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. 01006. DOI: 10.1051/e3sconf/202125401006.

References

1. Atlas of medicinal plants of Russia: monograph // Under the general editorship of Sidelnikov N. I. Moscow: Nauka, 2021. 646 p.
2. Sharma Y., Fagan J., Schaefer J. Ethnobotany, phytochemistry, cultivation and medicinal properties of Garden sage (*Salvia officinalis* L.) // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2019. No. 8(3). P. 3139–3148.
3. Jakovljevi´ M., Joki´ S., Molnar M., Jaši´M., Babi´ J., Juki´ H., Banjari I. Bioactive profile of various Salvia officinalis L. preparations // Plants. 2019. No. 8(3). P. 55–85. DOI: 10.3390/plants8030055.
4. FS.2.5.0051.15. *Salvia officinalis* L. leaves. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XIII edition. Moscow, 2015. [Electronic resource]. Access point: https://pharmacopoeia.ru/fs-2-5-0051-15-shalfeya-lekarstvennogo-listya/ (reference's date 21.04.2022).
5. Vieira S. F., Ferreira H., Neves N. M. Antioxidant and anti-inflammatory activities of cytocompatible Salvia officinalis extracts: a comparison between traditional and soxhlet extraction // Antioxidants. 2020. No. 9(11). P. 1157–1182. DOI: 10.3390/antiox9111157.
6. Mendes F. S. F., Garcia L. M., Moraes T. da S., Casemiro L. A., Alcântara C. B., Ambrósio S. R., Veneziani R. C. S., Miranda M. L. D., Martins C. H. G. Antibacterial activity of Salvia officinalis L. against periodontopathogens: an *in vitro* study // Anaerobe. 2020. Art. No. 102194. DOI: 10.1016/j.anaerobe.2020.102194.
7. Kammoun El S. E., Hassine D. B., Cazaux S., Bouzouita N., Bouajila J. Salvia officinalis essential oil: chemical analysis and evaluation of anti-enzymatic and antioxidant bioactivities // South African Journal of Botany. 2019. Vol. 120. P. 253–260. DOI: 10.1016/j.sajb.2018.07.010.
8. Privitera G., Luca T., Castorina S., Passanisi R., Ruberto G., Napoli E. Anticancer activity of Salvia officinalis essential oil and its principal constituents against hormone-dependent tumour cells // Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 2019. No. 9(1). P. 24–28. DOI: 10.4103/2221-1691.250266.
9. Garcia C. S. C., Menti C., Lambert A. P. F., Barcellos T. Pharmacological perspectives from Brazilian *Salvia officinalis* (Lamiaceae): antioxidant, and antitumor in mammalian cells //An Acad Bras Ciênc. 2016. Vol. 88. P. 281–292. DOI: 10.1590/0001-3765201520150344.
10. Atlas of medicinal plants // Ed. by Bykova V. A. Moscow: VILAR, 2006. P. 325–326.
11. State register for selection achievements admitted for usage. Vol. 1. "Plant varieties" (as of 03 March 2021). 719 p. [Electronic resource]. Access point: https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2021/04/Итоговый-реестр-2021.pdf (reference's date 22.04.2021).
12. Agroclimatic reference for the Moscow region. Moscow: Moskovskiy rabochiy, 1967. 135 p.
13. Zenkevich I. G., Pimenov A. I., Pozharitskaya O. N., Shikov A. N., Makarov V. G. Comparison of chromatographic profiles as a method for defining components of medicinal plant raw materials in complex preparations // Plant Resources. 2003. Vol. 39. Iss. 3. P. 143–152.
14. Leontiev V. N., Shutova A. G., Kovalenko N. A., Supichenko G. N., Spiridovich E. V. Gas chromatographic identification of essential oils // Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. 2006. Vol. 1. Part 1. P. 261–267.
15. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Kniga po trebovaniyu, 2012. 352 p.
16. Nevkrytaya N. V., Pashtetskiy V. S., Novikov I. A., Korotkikh I. N., Tkhaganov R. R. Variability of component composition of Melissa officinalis L. essential oil depending on the climatic conditions of the region of cultivation // Khimija rastitel'nogo syr'ja (Chemistry of plant raw material). 2020. No. 1. P. 257–263. DOI: 10.14258/jcprm.2020016397.
17. Zeynalova S. A., Novruzov E. N. Dynamics of accumulation and component composition of essential oil Foeniculum vulgare Mill. flora of Azerbaijan // Proceedings of the institute of botany. 2017. Vol. XXXVII. P. 84–88.
18. Saxena S. N., Kakani R. K., Rathore S. S., Meena R. S., Vishal M. K., Sharma L. K., Agrawal D., John S., Panwar A., Singh B. Genetic variation in essential oil constituents of fennel (Foeniculum vulgare Mill.) germplasm // Journal of Essential Oil-Bearing Plants. 2016. Vol. 19(4). P. 989–999. DOI: 10.1080/0972060X.2016.1191378.
19. Nevkrytaya N., Novikov I., Soboleva E., Kashirina N., Radchenko L. Manifestation features of the productivity potential of Salvia officinalis L. in the conditions of the Crimea foothills // 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. 01006. DOI: 10.1051/e3sconf/202125401006.

UDC 633.88: 543.85:581.4

Korotkikh I. N., Nevkrytaya N. V., Grunina E. N.

COMPARATIVE ANALYSIS OF *SALVIA OFFICINALIS* L. MORPHOTYPES WITH DIFFERENT FLOWER COLOURS

Summary. *The aim of the research was to compare two morphotypes of Salvia officinalis L. with violet and white flowers in terms of morpho-biological and biochemical*

parameters. Plant species were isolated from the population maintained at the All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (VILAR). The studies were conducted in 2019–2020 according to the developed methodological recommendations. Our survey had shown that there were no differencesin thetiming of the onset of phenophases in S. officinalis morphotypes with different flower colors.Under the conditions of VILAR experimental site (Moscow region), we compared structural elements of plants with white and violet flowers and revealed that they differed in the length of the leafy and generative parts of the shoots. Plants of the morphotype with white flowers had longer leafy part of the shoot (34.8 ± 0.5 cm), but shorter inflorescences (11.0 ± 0.3 cm) compared to the morphotype with violet flowers (32.4 ± 0.2 and 14.2 ± 0.1 cm, respectively). However, we observed no differences in the content of essential oil in air-dry raw materials (1.00 ± 0.07% and 1.04 ± 0.1 %, respectively). The main components of the essential oil of the studied morphotypes are α- and β-thujone (up to 49.1 %), camphor (up to 16.8 %), 1.8-cineole (up to 15.6 %) and viridiflorol (up to 11.5 %). In the course of the research, we also revealed the differences between morphotypes according to the essential oil main components content. Therefore, the excess of the total content of thujone in the essential oil of the morphotype with violet flowers over that of with white ones can reach 6.5 %.The viridiflorol content, on the contrary, can be significantly less (up to nine times).Data analysis suggests that high temperature and limited precipitation are favorable for the accumulation of thujone and camphor and unfavorable for the viridiflorol accumulation.This information can be beneficial in the selection of promising material for breeding.

Keywords: *common sage, Salvia officinalis L., essential oil, component composition,thujone, camphor, viridiflorol.*

Коротких Ирина Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела агробиологии и селекции ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений»; 117216, Россия, г. Москва, ул. Грина, 7, стр. 1; e-mail: slavnica241270@yandex.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.

Грунина Елена Николаевна, 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: elgrunina@mail.ru.

Korotkikh Irina Nikolaevna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the Department of the agrobiology and breeding, FSBSI “All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants”; h.7, building 1, Grina str., Moscow, 117216, Russia; e-mail: slavnica241270@yandex.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.

Grunina Elena Nikolaevna, researcher of the Department of processing and standardization of essential oils, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: elgrunina@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 05.03.2022.
Дата принятия к печати – 15.04.2022.

УДК 582.71:57.047
EDN KXSBZW

Куклина А. Г., Каштанова О. А., Ткаченко О. Б.

ВЛИЯНИЕ БИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ИРГУ (*AMELANCHIER* MEDIK.) И НЕКОТОРЫЕ АГРОКУЛЬТУРЫ СЕМЕЙСТВА ROSACEAE

ФГБУН «Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук»

Реферат. *Выявление малоизученных патокомплексов в биоценозах ирги ольхолистной (Amelanchier alnifolia (Nutt.) Nutt. ex M. Roem) и ирги колосистой (A. spicata (Lam.) K. Koch.) является необходимым условием для расширения и сохранения ассортимента этих плодовых культур. Цель исследований– изучение вредящей энтомофауны и фитопатогенов ирги. В задачи работы входило определение фитофагов и возбудителей болезней в посадках ирги, анализ особенностей повреждений, выявление биоценотических связей фитофагов, повреждающих иргу и некоторые агрокультуры (яблоню, грушу, черноплодную рябину, хеномелес японский) из группы семечковых растений семейства Rosaceae.Исследования проводили в 2017–2021 гг. в Главном ботаническом саду имени Н.В. Цицина РАН (г. Москва). В процессе ежегодного мониторинга проводили идентификацию видов повреждающей энтомофауны и фитопатогенных микроорганизмов на исследуемых растениях. В результате на Amelanchier обнаружено 34 вида фитофагов, среди которых 65 % насекомых грызущей группы, включая 6 карпофагов. Выявлено, что активную роль в межвидовых биоценотических отношениях играют 15 полифагов и 14 фитопатогенов, повреждающих иргу и родственные плодовые культуры семейства Rosaceae, среди которых, наиболее опасны запятовидная щитовка (Lepidosaphes ulmi L.), бобовая тля (Aphis fabae Scop.), зеленая яблоневая тля (A. pomi Deg.) и земляничная белокрылка (Aleuroides fragariae Walk.), повреждающие многие агрокультуры из Rosaceae, способные стать векторами вирусной инфекции. Также опасны возбудители болезней – нектриевый рак (Neonectria galligena (Bres.) Rossman & Samuels)), щелелистник (Schizophyllum commune Fr.), туберкулярия (Tubercularia vulgaris Tode (syn. Nectria cinnabarina Fr.) и бьеркандера опаленная (Bjerkandera adusta (Willd.) P. Karst.), приводящие к гибели целых растений. Рекомендуется следить за фитосанитарным состоянием агросистем и организовывать плантации с Amelanchier на значительно удаленных территориях от плодовых садов с яблоней и грушей.*

Ключевые слова: *Amelanchier alnifolia, Amelanchier spicata, Malus domestica, Pyrus communis, Aronia mitschurinii, Chaenomeles japonica, фитопатогены, фитофаги.*

Для цитирования: *Куклина А. Г., Каштанова О. А., Ткаченко О. Б. Влияние биотических факторов на иргу (Amelanchier Medik.) и некоторые агрокультуры семейства Rosaceae // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 2(30). С. 54–65. EDN: KXSBZW.*

For citation: *Kuklina A. G., Kashtanova O. A., Tkachenko O. B. Influence of biotic factors on Amelanchier Medik. and some plants from the Rosaceae family // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 2(30). P. 54–65. EDN: KXSBZW.*

Введение

Современное садоводство делает ставку на расширение ассортимента плодовых культур, чтобы иметь витаминный урожай в течение длительного периода. Для этой цели также возможно использование нетрадиционных культур, таких как

ирга (*Amelanchier* Medik., Rosaceae, Maloideae), родиной которой является Северная Америка. Ирга ольхолистная – *Amelanchier alnifolia* (Nutt.) Nutt. ценится во многих странах за неприхотливость и простые приемы культивации. Особенно интересны канадские урожайные сорта ‘Tissen’, ‘Altaglow’, ‘Forestburg’, ‘Northline’, ‘Smoky’, ‘Regent’,‘Pembina’, ‘Parkhill’, ‘Martin’, ‘Honneywood’ и другие [1–5].

В России часто встречается ирга колосистая – *A. Spicata* (Lam.) K. Koch., которую с середины XX века высаживали в качестве декоративной живой изгороди и в полезащитные полосы, позже она натурализовалась в лесных фитоценозах [6]. Плоды ирги (рисунок 1 А, В) насыщены витаминами, макро- и микроэлементами. В них есть пектин, сахара, органические кислоты и антоцианы, поэтому они перспективны для производства продуктов питания: соков, напитков, желе, фруктовых пюре, пастилы и мармелада; могут быть использованы в функциональном питании спортсменов и в фитофармакологии [7–11].

А

В

Рисунок 1 – Плоды ирги ольхолистной – *A. alnifolia* (А) и ирги колосистой – *A. spicata* (В)

Для успешного получения агропродукции необходимо хорошо понимать риски, возникающие при воздействии биотических факторов [12]. Ежегодно причиной развития болезней становятся представители микофлоры, а повреждения на растениях возникают от различных фитофагов [13]. В Белоруссии на ирге обнаружено 14 видов насекомых, относящихся к четыремотрядам [14]. В Канаде, на родине ирги ольхолистной, основной причиной неурожаев является развитие яблочного долгоносика (*Tachypterellus quadrigibbus* Say, Coleoptera: Curculionidae) [15], который питается ее плодами. В США (штат Юта) наиболее распространенным заболеванием ирги является энтомоспориоз (*Entomosporium sp*.), а также ржавчина и мучнистая роса, особенно проблемные в дождливые годы. Чтобы уменьшить развитие этих болезней рекомендуется внимательнее относиться к посаженным рядом растениям [5].

Наши наблюдения в Москве показали, что появление полифагов в посадках ирги может быть связано с ухудшением фитосанитарного состояния родственных агрокультур из семейства розоцветных (Rosaceae) [16]. Известно, что массовое размножение фитофагов, особенно листоверток и плодожорок, повреждающих различные органы плодовых растений, способно довести потери урожая яблок до 70–90 %, снижая лежкость и товарные качества плодов [17].

В условиях развития фермерских хозяйств возрастает интерес к разнообразным культурам. Многие питомники и фирмы занимаются разведением

древесно-кустарниковых пород, а также получением продукции с биологически активными веществами[18]. Поскольку ирга представляет интерес как декоративная и плодовая культура, необходимо лучше изучить биотические факторы, тормозящие закладку промышленных плантаций. Среди семечковых пород интерес представляют не только традиционные (яблони и груши), но и зимостойкие плодовые культуры– черноплодная рябина [19] и японская айва [20], выращиваемые совместно в отдельных фермерских хозяйствах. Так как ботанический сад является искусственно созданным фитоценозом, где исследуемые нами виды растений произрастают на ограниченной площади, то его можно считать удобной моделью для изучения биоценотических взаимоотношений.

Подобные исследования ранее не проводили, поэтому в отечественной и зарубежной литературе отсутствуют сведения по анализу взаимного влияния патокомплексов, между нетрадиционными (ирга, арония, хеномелес) и традиционными культурами, такими как яблоня и груша.

Цель исследований – изучение вредящей энтомофауны и фитопатогенов ирги.

В задачи работы входило:

- определение фитофагов и возбудителей болезней в посадках ирги;
- анализ особенностей их повреждений;
- выявление биоценотических связей фитофагов, повреждающих иргу и некоторые агрокультуры (яблоню, грушу, черноплодную рябину, хеномелес японский) из группы семечковых растений семейства Rosaceae.

Практический аспект исследования может быть реализован в процессе создания фермерских хозяйств, где важна оценка дальнейших рисков от совместного выращивания близкородственных видов, вызывающих усиление инфекционного фона в посадках и накопление численности доминантных видов членистоногих.

Использование полученных результатов и данных о взаимопроникновении фитофагов и фитопатогенов от одной культуры к другой важно для принятия необходимых мер, уменьшающих неблагоприятные последствия в садоводстве, для разработки системы защитных мероприятий, правильного планированияи размещения посадок при закладке плантаций.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2017–2021 гг. в Главном ботаническом саду имени Н.В. Цицина РАН (г. Москва). Основным материалом изученияобыли растения ирги (*Amelanchier alnifolia, A. spicata*). Для анализа взаимных биоценотических связей выбраны две традиционные плодовые культуры: яблоня (*Malus domestica* Borkh.) и груша (*Pyrus communis* L.), а также две нетрадиционные агрокультуры, интерес к которым возрос в последние десятилетия – черноплодную рябину или аронию (*Aronia mitschurinii* A.K. Skvortsov & Maitul.) и хеномелес или японскую айву (*Chaenomeles japonica* (Thunb.) LindlexSpach.). Эти родственные плодовые культуры относятся к семечковым растениям подсемейства яблоневые (Maloideae), подтриба Pyrinae, семейства розоцветные (Rosaceae).

Участок с перечисленными опытными растениями расположен в северо-восточной части ботанического сада, на пологом южном склоне у левого берега реки Лихоборки. Почвообразующие породы на участке – аллювиальные разнозернистые пески и супеси, подстилаемые суглинками, и пестрые пойменные отложения. В результате многолетнего агротехнического ухода почвы приствольных кругов имеют мощный гумусово-аккумулятивный горизонт до 40–50 см.

Схемы произрастания культур – квадратичная и шахматная: 4 × 5 м для яблони и груши; 2,0 × 2,5 – для ирги и аронии; 1,0 × 1,5 м – для хеномелеса. Отбор

образцов для полевого опыта осуществляли рендомизированным способом, по диагонали посадок культур. Установление видового состава фитофагов проведено по методике полевого опыта [21], частота встречаемости вредоносных видов оценена по четырехбалльной системе [22]: 0 баллов – повреждений нет, 1 балл – повреждено менее 50 % листьев (или цветков, побегов), слабое повреждение; 2 балла – повреждение от 50 % до 70 % листьев, среднее повреждение; 3 балла –свыше 70 %, сильное повреждение.

Работу по исследованию фауны членистоногих выполняли методом сбора биопроб на культивируемых растениях в ходе маршрутных обследований посадок. Ежегодно в вегетационный период осуществляли мониторинг, включающий выявление у растений симптомов повреждения фитофагами и присутствия фитопатогенов. На 20 растениях каждого вида отбирали не менее 10 листьев (при наличии симптомов столько же цветков и плодов).

Анализ образцов проводили в лабораторных условиях. Для микроизмерений и идентификации членистоногих (Acariformes, Coccoidea, Aphididae) использовали цифровой микроскоп Keyence–VHX1000 E (Япония). Видовой состав Arthropoda определяли по повреждениям, личинкам и имаго, в соответствии с FaunaEuropaea [23]. Идентификация грибов выполнена по морфологическим признакам стандартными методами, были использованы «влажные камеры» или «чистые культуры» на агаровых средах на PDA, WortAgar–Himedia (Индия); CZAPEK-DOX-Agar–Merck (Германия). Латинские названия фитопатогенов даны по Index Fungorum [24].

Метеорологические условия в период исследования отражены в таблице 1. Наиболее дождливые погодные условия отмечены в июне 2017 г. (139 мм), июне 2020 г. (159 мм) и августе 2021 г. (110 мм осадков).

Таблица 1 – Погодные условия в Москве в период исследований

Показатель	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее
Средняя годовая температура воздуха, °С	6,3	6,6	7,8	8,0	6,5	7,0
Сумма годовых осадков, мм	870	652	556	901	817	759,2
Среднемесячная температура воздуха в летний период, °С	17,0	19,2	17,6	18,4	20,7	18,6
Сумма осадков в летний период, мм	310	177	196	368	216	253,4

Результаты и их обсуждение

В результате многолетнего мониторинга на агрокультуре ирга в исследуемых насаждениях выявлено 34 вида членистоногих из различных систематических семейств, среди которых 22 вида относятся к грызущей группе, питающихся листьями – филлофаги, плодами – карпофаги, либо древесиной – ксилофаги (таблица 2). Эта группа вредящих насекомых в годы наблюдений поражала растения в среднем на 1–2 балла.

Как показано на рисунке 2, грызущие насекомые – это самая многочисленная группа (65%), в которой 16 видов вызывают повреждения вегетативных органов. Почки и листья являются питательной базой у черемуховой зеленоватой пяденицы, продолговатого листового долгоносика, кривоусой смородинной листовертки и казарки на начальной фазе их развития, а потом насекомые переходят в генеративную сферу. Морщинистый заболонник (*Scolytusrugulosus*), развивающийся в древесине ирги, у растений в возрасте 20 и болеелет, вызывает гибель целых растений.

Для урожая ирги опасны карпофаги – *Aporia crataegi, Argyresthia conjugella, Euphodores advenella, Laspeyresia pomonella, Megastigmusa melanchieris* и *Rhynchites bacchus*, выедающие семена и повреждающие плоды (рисунок 3).

Таблица 2 – Фитофаги грызущей группы, обнаруженные в посадках ирги в 2017–2021 гг.

Фитофаг	Средняя повреждаемость, балл	Вызывает повреждения			
		почек, листьев	бутонов, цветков	плодов,	древесины
Лунчатая серпокрыльница (*Ancylisselenana*Gn.)	1,0	+	-	+	-
Боярышница (*Aporia crataegi* L.)	1,5	+	-	-	-
Плодоваярябиноваямоль (*Argyresthiaconjugella*Zeller)	1,3	-	-	+	-
Бурая побеговая моль (*A. submontana*Frey.)	1,1	-	+	+	+
Черемуховая зеленоватая пяденица (*Chloroclystisrectangulata*L.)	1,0	+	+	-	-
Плодоваяпяденица-обдирало (*Erannisdefoliaria*Cl.)	2,0	+	-	-	-
Рябиноваяогневка (*Euphodoreadvenella*Zell)	1,8	-	-	+	-
Яблоннаяплодожорка (*Laspeyresiapomonella*L.)	1,2	-	-	+	-
Розанныйдлиннохвостыйсемяед (*Megastigmusamelanchieris*Cushm.)	1,0	-	-	+	-
Зимняяпяденица (*Operophtherabrumata*L.)	1,8	+	-	-	-
Готическаясовка (*Orthosiagothica*L. (syn. *Taeniocampa gothica* L.)	1,0	+	-	-	-
Продолговатый листовой долгоносик (*Phyllobiusoblongus*L.)	1,1	+	+	-	-
Грушевый листовой долгоносик (P. *pyri*L.)	1,0	+	-	-	-
Крапивный листовой долгоносик (*P. urticae*Deg.)	0,4	+	-	-	-
Кривоусовая смородинная листовертка (*Pandemisribeana*Hb.)	1,8	+	-	+	-
Казарка плодовая (*Rhynchitesbacchus*L.)	1,2	+	+	+	-
Вишневый слоник (*R. auratus* Scop.)	1,0	-	-	+	-
Морщинистый заболонник (*Scolytusrugulosus*Muell.)	1,5	+	-	-	+
Плодоваямоль-листовертка (*Simaethispariana*Cl. (syn. *Anthophila pariana* Cl.)	1,0	+	-	-	-
Почковая листовертка-вертунья (*Spilonotaocellana*Den. etShiff.)	1,3	+	-	-	-
Розанная листовертка (*Tortixrosana*L. (syn. *Archipsrosana*L.)	1,7	+	-	-	-
Яблоневая горностаевая моль (*Yponomeutamalinellus*Zell.)	1,0	+	-	-	-

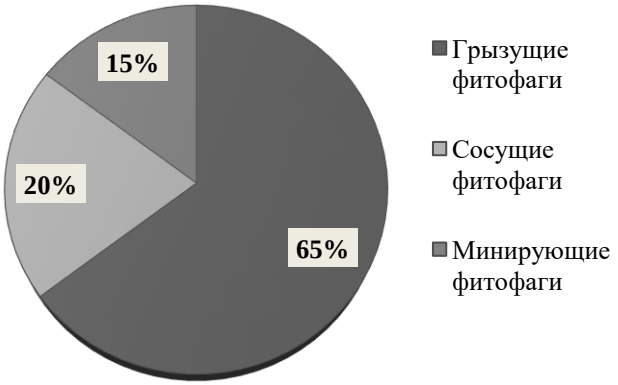


Рисунок 2 – Среднее значение доли грызущей, сосущей и минирующей энтомофауны на растениях ирги (2017–2021 гг.)

Часто на ирге фиксировали плодовую пяденицу-обдирало, плодовую рябиновую моль и рябиновую огневку. Хотя яблонную плодожорку на ирге отмечали спорадически (в среднем 1,2 балла), в годы исследования она массово поражала яблони.

Рисунок 3 – Общее число видов энтомофауны, повреждающих различные части растений ирги (2017–2021 гг.)

На растениях ирги выявлено семь видов насекомых сосущей группы (20 %) фитофагов (таблица 3). Среди них наиболее опасными являются зеленая яблоневая и бобовая тля (*Aphisfabae, A. pomi*), земляничная белокрылка (*Aleuroides fragariae*), а также запятовидная щитовка (*Lepidosaphes ulmi*), которая повреждала иргу, а также яблоню, грушу и японскую айву. Эти представители вредящей энтомофауны, способные к передаче вирусной инфекции, нежелательны и потенциально губительны для плодовых посадок.

Таблица 3 – Фитофаги сосущей и минирующей группы, обнаруженные в посадках ирги (2017–2021 гг.)

Фитофаг	Средняя повреждаемость, балл	Вызывает повреждения	
		питается соком растения	минирует листовую ткань
Бобовая или свекловичная тля (*Aphis fabae* Scop.)	1,4	+	-
Зеленая яблоневая тля (*A. pomi* Deg.)	1,2	+	-
Земляничная белокрылка (*Aleurodes fragariae* Walk.)	1,1	+	-
Грушево-ирговый почковый клещ (*Eriophyes piri amelanchea* Nal.)	1,3	+	-
Рапсовый клоп (*Eurydema oleracea* L.)	1,2	+	-
Запятовидная щитовка (*Lepidos aphesulmi* L.)	1,7	+	-
Акациевая ложнощитовка (*Parthenolecanium corni* Bouche)	1,0	+	-
Боярышниковая кружковая моль (*Cemiostomas citella* Z.)	0,3	-	+
Яблонная моль-пестрянка (*Lithocolletis blancardella* F.)	1,2	-	+
Яблонная белая моль-крошка (*Lyonetia clerckella* L.)	1,0	-	+
Моль-малютка мушмуловая (*Stigmella mespilicola* Frey)	1,0	-	+
Моль-малютка оксикантелла (*S. oxyacanthella* Stt)	0,9	-	+

Группа насекомых, образующих мины (пять видов) в листовой ткани ирги, а также яблони и других культур, самая немногочисленная (15 %), наносящая небольшой ущерб (в среднем на 1 балл) растениям. Личинка яблонной моли-пестрянки (*Lithocolletis blancardella*) образует пятновидные овальные ходы в паренхиме листа ирги, груши и яблони. Узкие извилистые, змеевидные мины проделывает гусеница яблонной белой моли-крошки (*Lyonetia clerckella*), повреждая иргу и яблоню, также снижая декоративные качества ряда лиственных пород.

Как видно на рисунке 4, в ходе многолетнего мониторинга на *Amelanchier* выделено 15 полифагов, взаимно связанных с исследуемыми плодовыми культурами.

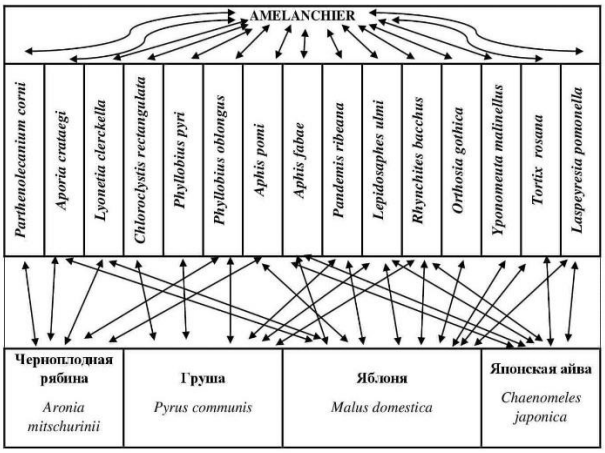


Рисунок 4 – Взаимосвязь основных полифагов, повреждающих *Amelanchier*, с некоторыми родственными агрокультурами

Таблица 4 – Фитопатогены, поражающие различные органы растений ирги (2017–2021 гг.)

Фитофаг	Вызывает повреждения			
	почек, листьев	бутонов, цветков	плодов, семян	древесины
Аскохитоз ирги (*Ascochyta amelanchieris* Melnik)	+	-	+	-
Серая гниль (*Botrytis cinerea* Pers.)	+	+	+	-
Монилиния ирги (*Monilinia amelanchieris* (J.M. Reade) Honey)	+	-	+	-
Цитоспороз яблони (*Cytospora capitata* Sacc. et Schulz.)	+	-	-	-
Цитоспороз тополя (*C. chrysosperma* (Pers.) Fr.)	+	-	-	-
Цитоспороз липы (*C. leucostoma* (Pers.) Sacc.)	+	-	-	-
Песталоция яблони (*Pestalotia breviseta* Sacc.)	+	-	-	-
Филлостикоз ирги (*Phyllosticta innumerabilis* Peck)	+	-	-	-
Мучнистая роса яблони (*Podosphaera leucotricha* (Ellis&Everh.) E.S.Salmon)	+	+	+	-
Мучнистая роса боярышника (*P. Oxyacanthae* (DC.) deBary)	+	+	+	-
Бьеркандера опаленная (*Bjerkandera adusta* (Willd.) P.Karst.)	-	-	-	+
Нектриевый или ступенчатый рак (*Neonectria galligena* (Bres.) Rossman & Samuels)	-	-	-	+
Щелелистник обыкновенный (*Schizophyllum commune* Fr.)	-	-	-	+
Туберкулярия обыкновенная или нектриевый некроз (*Tubercularia vulgaris* Tode (syn. *Nectria cinnabarina* Fr.)	-	-	-	+

Нами отмечена сложная сеть трофических цепочек между фитофагами. Наиболее тесная связь фиксируется между иргой и яблоней, в которой задействованы 11 видов фитофагов, принадлежащих ко всем повреждающим группам (грызущие, сосущие и минирующие). На деревьях груши отмечены более слабые связи с иргой, в которых участвуют шесть видов полифагов, среди которых три вида общих с яблоней (запятовидная щитовка, казарка плодовая и кривоусая смородинная листовертка). Хотя взаимосвязь полифагов ирги с черноплодной рябиной (*Aronia mitschurinii*) и японской айвой (*Chaenomeles japonica*) включает пять–шесть видов, однако вызывает опасение присутствие карпофагов (*Laspeyresia pomonella, Aporia crataegi* и *Rhynchites bacchus*), способных наносить ущерб урожаю яблони.

За время мониторинга на *Amelanchier* выявлено 14 фитопатогенов, в основном поражающих вегетативные органы исследуемых растений, в меньшей степени, цветки и плоды (таблица 4). В период исследования погодные условия были относительно выровненными; по нашему мнению, они слабо повлияли на видовой состав в патокомплексе и обилие поражений (1,0–1,5 балла).

Среди патогенов на ирге выявлены узкоспецифичные виды: *Ascochyta amelanchieris, Phyllosticta innumerabilis,* отчасти *Monilinia amelanchieris* (поскольку однажды была обнаружена и на яблоне), вызывающие некроз листовой ткани, повреждающие плоды и снижающие зимостойкость культур. Также у *Amelanchier* отмечена *Cytospora chrysosperma,* которая обычно поражает несколько видов тополей (род *Populus* L.).

На ирге (*Amelanchier alnifolia, A. spicata*) нами идентифицировано два возбудителя мучнистой росы – *Podosphaera leucotricha* и *P. oxyacanthae,* вызывающих преждевременное опадении листьев. Однако в 2020 г. в Московской области был выявлен фитопатоген *P. amelanchieris* Maurizio [25], о котором в 2016 г. сообщалось в Белоруссии и Украине [26], но в наших посадках он пока не обнаружен.

Кроме того, на старых кустах ирги поселяются возбудители болезней: неонектрия, щелелистник или гребенщик, туберкулярия и бьеркандера опаленная, приводящие к гибели целых растений. Примечательно, что все эти губительные фитопатогены способные поражать деревья в яблоневом саду, паразитируют на груше, аронии и хеномелесе.

На рисунке 5 показано, что среди 14 фитопатогенов, отмеченных на ирге, 12 видов характерны для яблони; 11 – для груши, восемь – для черноплодной рябины и семь – для японской айвы. На яблоне и груше паразитируют общие с иргой *Pestalotia breviseta, Cytospora capitata, Podosphaera leucotricha* и *P. oxyacanthae.* Общими для всех исследуемых плодовых культур являются патогены – *Botrytis cinerea, Cytospora capitata* и *C. leucostoma.*

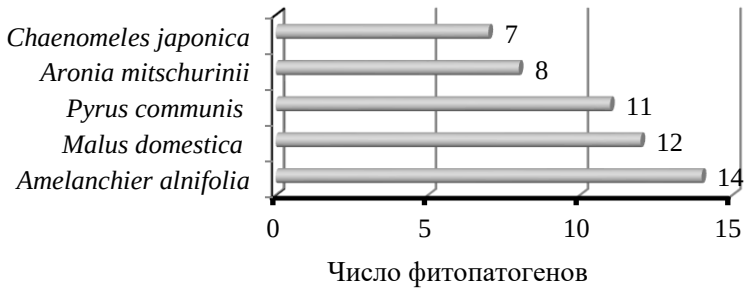


Рисунок 5 – Число общих фитопатогенов, паразитирующих на ирге и родственных плодовых агрокультурах (2017–2021 гг.)

Решая поставленные биоценотические задачи, авторы сконцентрировалисвои наблюдения на выяснение перечня видов вредящей энтомофауны и фитопатогенов и их взаимосвязей. Проведенная оценка с использованием балловой системы указала на факт присутствия фитофагов, использующих иргу как растение-хозяин, пригодного для питания и места резервации с возможностью дальнейшего переселения на традиционные плодовые культуры.

Сравнение видового состава насекомых-фитопатогеновв Москве и в Минской области [14] позволило выявить некоторые отличия. В частности, в белорусском фитоценозе на *Amelanchier* преобладали плодовая чехлоноска (*Coleophora*

hemerobiella Scop.) и яблоневый цветоед (*Anthonomus pomorum* L.), отмеченные нами лишь на яблоне.

Выводы

В результате многолетнего мониторинга, на агрокультурах *Amelanchier alnifolia* и *A. spicata* обнаружено 34 фитофага и 14 фитопатогенов. Отмечена сложная система биоценотических связей между посадками ирги с традиционными (*Malus domestica, Pyrus communis*) и нетрадиционными плодовыми культурами (*Aronia mitschurinii, Chaenomeles japonica*).

Фитосанитарному состоянию растений и здоровой агропродукции *Amelanchier* ущерб наносят виды вредящей энтомофауны – *Megastigmus amelanchieris,* отчасти *Aporia crataegi, Argyresthia conjugella, Laspeyresia pomonella, Rhynchites bacchus;* а также фитопатогены *Ascochyta amelanchieris, Monilinia amelanchieris,* частично *Phyllosticta innumerabilis, Podosphaera leucotricha* и *P. oxyacanthae.*

Выявлено, что наиболее активную роль в межвидовых биоценотических отношениях играют 15 полифагов, среди которых опасны *Lepidosaphes ulmi, Aphis fabae, A. pomi* и *Aleuroides fragariae,* повреждающие многие агрокультуры из Rosaceae, способные стать векторами вирусной инфекции.

Широкий спектр плодовых культур поражают фитопатогены: *Botrytis cinerea, Cytospora capitata, C. leucostoma*, включая *Bjerkandera adusta, Neonectria galligena, Schizophyllum commune* и *Tubercularia vulgaris,* встречающиеся, в основном, на старых растениях. Необходимо следить за фитосанитарным состоянием растений.

Планируя расширение и сохранение ассортимента плодовых культур в агросистеме, рекомендуем учесть, что посадки *Amelanchier* необходимо организовывать на удаленных от плодовых садов с яблоней и грушей территориях.

Исследования выполнены согласно Государственному заданию Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина Российской академии наук «Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения», проект № 122011400178-7.

Литература

1. Куклина А. Г. Жимолость, ирга. М.: «Ниола-пресс», 2007. 204 с.
2. Shaoliang Z., Yuqian Z., Jie P., Qingguo Z. Introduction and cultivation experiment of *Amelanchier alnifolia* in cold regions // Protection Forest Science and Technology. 2013. Vol. 4. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotal-FHLK201304009.htm(дата обращения 26.02.2021).
3. Горбунов А. Б., Симагин В. С., Асбаганов С. В., Куклина А. Г. Изучение видов ирги (*Amelanchier*Medik.) с целью использования в селекции // Плодоводство и ягодоводство России. 2009. Т. 21. С. 92–102.
4. Żurawicz E., Pluta S., Kucharska D. *Amelanchier*– a new berry crop in Poland with good potential for commercial cultivation // Acta Horticulturae: X International Symposium on *Vaccinium* and Other Superfruits. 2012. Vol. 1017. P. 251–255/ DOI: 10.17660/ActaHortic.2014.1017.32.
5. Crouch K., Maughan T., Black B. Serviceberry in the garden // Horticulture. ExtensionUtahStateUniversity. 2014. [Электронный ресурс]. Режим доступа https://digitalcommons.usu.edu/ (дата обращения 30.03.2022).
6. Kuklina A. G. Naturalization of *Amelanchier* species from North America in a secondary habitat // Russian Journal of Biological Invasions. 2011. Vol. 2. No. 2-3. P. 103–107. DOI:10.1134/S2075111711020056.
7. Kuklina A., Sorokopudov V., Stepanova A. *Amelanchier* Medik. (Rosaceae) fruits - a nutrition dietary product and a source material for phytopharmacology // In book: Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality. Nitra: Slovak University of Agriculture in Nitra, 2017. Vol. 1. P. 268–272. DOI:10.15414/agrobiodiversity.2017.2585-8246.268-272.
8. Lachowicz S., Oszmiański J., Wiśniewski R., Seliga Ł., Pluta S. Chemical parameters profile analysis by liquid chromatography and antioxidative activity of the Saskatoon berry fruits and their

components // European Food Research and Technology. 2019. Vol. 245 (9). P. 2007–2015. DOI: 10.1007/s00217-019-03311-2.

9. Лисовец Т. А., Мельникова Е. В.Получение порошка из ягод ирги для использования в кондитерских изделиях // Сборник трудов Международной научной конференции «Проблемы современной аграрной науки». Красноярск: Красноярский ГАУ, 2019. С. 341–345.

10. Нафикова А. Р., Иксанова Ю. В. Применение плодов растений рода *Amelanchier* в производстве ликероводочных изделий // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Пища. Экология. Качество». Барнаул: изд-во Алтайского государственного университета, 2019. Т. 2. С. 88–90.

11. Морозова О. В., Учасов Д. С. Перспективы использования плодов ирги при создании функциональных пищевых продуктов для спортсменов // Наука. 2019. № 7 (32). С. 168–171.

12. Ткаченко О. Б., Келдыш М. А., Каштанова О. А., Мухина Л. Н., Серая Л. Г., Червякова О. Н., Трейвас Л. Ю., Козаржевская Э. Ф. Защита древесных растений от возбудителей болезней и вредителей. М.: РАН, 2018. 336 с. DOI: 10.31857/S9785907036208000001.

13. Трейвас Л. Ю., Каштанова О. А. Болезни и вредители плодовых растений. М.: Фитон XXI, 2021. 352 с.

14. Сауткин Ф. В. Структура комплекса фитофагов–вредителей ирги (*Amelanchier*spp.) в условиях Беларуси // Вестник Белорусского государственного университета. Серия 2. 2012. Т. 2. С. 38–42.

15. Steeves T., Lehmkuhl D., Bethune T. Damage to saskatoons, *Amelanchier alnifolia*, by the apple curculio, *Tachypterellus quadrigibbus* (Coleoptera: Curculionidae) // The Canadian Entomologist. 1979. Vol. 111. No. 6. P. 641–648. DOI: 10.4039/Ent111641-6.

16. Каштанова О. А., Ткаченко О. Б., Куклина А. Г. Защита нетрадиционных плодовых кустарников от фитофагов и фитопатогенов // Защита и карантин растений. 2020. № 9. С. 47–48.

17. Чернов В. В., Подгорная М. Е. Закономерности трансформации диметоата в агроценозах яблони // Таврический вестник аграрной науки. 2020. Т. 2. № 22. С. 180–187. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-2-22-180-187.

18. Jurikova T., Sochor J., Rop O., Mlček J., Balla Š., Szekeres L., Zitny R., Zitka O, Adam V., Kizek R. Evaluation of polyphenolic profile and nutritional value of non-traditional fruit species in the Czech Republic – a comparative study // Molecules. 2012. Vol. 17. No. 8. C. 8968–8981. DOI: 10.3390/molecules17088968.

19. Виноградова Ю. К., Куклина А. Г. Арония Мичурина: от создания до натурализации. М: ГЕОС, 2014. 137 с.

20. Куклина А. Г., Сорокопудов В. Н., Навальнева И. А. Интегральная оценка плодоношения отборных форм хеномелеса (*Chaenomeles* Lindl.) в Средней России // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2016. № 2 (14). С. 3–10. DOI:1 0.21685/2307-9150-2016-2-1.

21. Фитосанитарный и токсикологический мониторинг в садах и ягодниках // Методика опытного дела и методические рекомендации. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2002. С. 143–176.

22. Горленко С. В., Блинцов А. И., Панько Н. А. Устойчивость древесных интродуцентов к биотическим факторам. Минск: Наука и техника, 1988. 189 с.

23. FaunaEuropaea. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://fauna-eu.org(дата обращения 20.09.2020).

24. Index Fungorum. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.indexfungorum.org(дата обращения 05.02.2021).

25. Благовещенская Е. Ю. Мучнисторосяные грибы деревьев и кустарников Звенигородской биологической станции имени С. Н. Скадовского // Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в экосистемах (XI Чтения памяти имени О.А. Катаева). Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, 2020. С. 86–87.

26. Heluta V. P., Hirylovich I. S. First records of an invasive fungus *Podosphaera amelanchieris* (Erysiphales) in Belarus and Ukraine // Український ботанічний журнал. 2016. Vol. 73. No. 1. P. 78–83. DOI:10.15407/ukrbotj73.01.078.

References

1. Kuklina A. G. Honeysuckle, serviceberry. Moscow: Publishing house “Niola-press”, 2007. 204 p.

2. Shaoliang Z. Yuqian Z., Jie P., Qingguo Z. Introduction and cultivation experiment of *Amelanchier alnifolia* in cold regions // Protection Forest Science and Technology. 2013. Vol. 4. [Electronic resource]. Access point: https://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotal-FHLK201304009.htm (reference’s date 26.02.2021).

3. Gorbunov A.B., Simagin V.S., Asbaganov S.V., Kuklina A.G. The study of serviceberry species (*Amelanchier* Medik.) for the purpose of use in breeding // Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia. 2009. Vol. 21. P. 92–102.

4. Żurawicz E., Pluta S., Kucharska D.*Amelanchier* – a new berry crop in Poland with good

potential for commercial cultivation // Acta Horticulturae: X International Symposium on *Vaccinium* and Other Superfruits. 2012. Vol. 1017. P. 251–255. DOI: 10.17660/ActaHortic.2014.1017.32.

5. Crouch K., Maughan T., Black B. Serviceberry in the garden // Horticulture. Extension Utah State University. 2014. [Electronic resource]. Access point: https://digitalcommons.usu.edu/ (reference's date 30.03.2022).

6. Kuklina A. G. Naturalization of *Amelanchier* species from North America in a secondary habitat // Russian Journal of Biological Invasions. 2011. Vol. 2. No. 2–3. P. 103–107. DOI:1 0.1134/S2075111711020056.

7. Kuklina A., Sorokopudov V., Stepanova A. *Amelanchier* Medik. (Rosaceae) fruits – a nutrition dietary product and a source material for phytopharmacology // In book: Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality. Nitra: Slovak University of Agriculture in Nitra, 2017. Vol. 1. P. 268–272. DOI: 10.15414/agrobiodiversity.2017.2585-8246.268-272.

8. Lachowicz S., Oszmiański J., Wiśniewski R., Seliga Ł., Pluta S. Chemical parameters profile analysis by liquid chromatography and antioxidative activity of the Saskatoon berry fruits and their components // European Food Research and Technology. 2019. Vol. 245 (9). P. 2007–2015. DOI: 10.1007/s00217-019-03311-2.

9. Lisovets T. A., Melnikova E. V. Preparation of powder from Juneberries for use in confectionery // Proceedings of materials of International scientific conference "Problems of modern agricultural science". Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2019. P. 341–345.

10. Nafikova A. R., Iksanova Yu. V. The use of fruits of plants of the genus *Amelanchie*r in the production of alcoholic beverages // Proceedings of Materials of the XVIV International scientific-practical conference "Food. Ecology. Quality". Barnaul: Altai State University Publ., 2019. Vol. 2. P. 88–90.

11. Morozova O. V., Uchasov D. S. Perspectives of use of fruits of irgi to creation of functional foodstuff for athletes // Nauka – 2020. 2019. No. 7 (32). P. 168–171.

12. Tkachenko O. B., Keldysh M. A., Kashtanova O. A., Mukhina L. N., Seraya L. G., Chervyakova O. N.,Treyvas L. Y., Kozarzhevskaya E. F. Protection of woody plants from pathogens and pests. Moscow: RAS, 2018. 336 p. DOI: 10.31857/S9785907036208000001.

13. Treyvas L. Y., Kashtanova O.A. Diseases and pests of fruit plants. Moscow: FitonXXI, 2021. 352 p.

14. Sautkin F. V. Structure of the complex of phytophagous pests of serviceberry(*Amelanchier* spp.) in the conditions of Belarus // Bulletin of the Belarusian State University. Series 2. 2012. Vol. 2. P. 38–42.

15. Steeves T., Lehmkuhl D., Bethune T. Damage to saskatoons, *Amelanchier alnifolia*, by the apple curculio, *Tachypterellus quadrigibbus* (Coleoptera: Curculionidae) // The Canadian Entomologist. 1979. Vol. 111. No. 6. P. 641–648. DOI: 10.4039/Ent111641-6.

16. Kashtanova O. A., Tkachenko O. B., Kuklina A. G. Protection of non-traditional fruit bushes from the phytophages and phytopathogens // Plant Protection and Quarantine. 2020. No. 9. P. 47–48.

17. Chernov V. V., Podgornaya M. E. Regularities of transformation of dimethoate in apple-tree agrocenoses // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2020. Vol. 2. No. 22. P. 180–187. DOI:10.33952/2542-0720-2020-2-22-180-187.

18. Jurikova T., Sochor J., Rop O., Mlček J., Balla Š., Szekeres L., Zitny R., Zitka O, Adam V., Kizek R. Evaluation of polyphenolic profile and nutritional value of non-traditional fruit species in the Czech Republic – a comparative study // Molecules. 2012. Vol. 17. No. 8. P. 8968–8981. DOI: 10.3390/molecules17088968.

19. Vinogradova Yu. K., Kuklina A. G. Aronia Michurina: from creation to naturalization. Moscow: GEOS, 2014. 137 p.

20. Kuklina A. G., Sorokopudov V. N., Navalneva I. A. Integral analysis of fruiting of selected forms of *Chaenomeles* Lindl. in Middle Russia // University Proceedings. Volga region. Natural sciences. 2016. No. 2 (14). P. 3–10. DOI: 10.21685/2307-9150-2016-2-1.

21. Phytosanitary and toxicological monitoring in orchards and berry fields // Methods of experimental business and methodological recommendations. Krasnodar: SKZNIISiV, 2002. P. 143–176.

22. Gorlenko S. V., Blintsov A. I., Panko N. A. Resistance of wood introducers to biotic factors. Minsk: Nauka i tekhnika, 1988. 189 p.

23. Fauna Europaea. [Electronic resource]. Access point: https://fauna-eu.org (reference's date 20.09.2020).

24. Index Fungorum [Electronic resource]. Access point: http://www.indexfungorum.org (reference's date 05.02.2021).

25. Blagoveshchenskaya E. Yu. Powdery mildews on trees and shrubs of the Skadovsky Zvenigorod Biological Station // Dendrobiotic invertebrates and fungi and their role in ecosystems (The Kataev Memorial Readings – XI). Saint-Petersburg:Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov, 2020. P. 86–87.

26. Heluta V. P., Hirylovich I. S. First records of an invasive fungus *Podosphaera amelanchieris* (Erysiphales) in Belarus and Ukraine // Ukrainian Botanical Journal. 2016. Vol. 73. No. 1. P. 78–83. DOI: 10.15407/ukrbotj73.01.078.

UDC 582.71:57.047

Kuklina A. G., Kashtanova O. A., Tkachenko O. B.

INFLUENCE OF BIOTIC FACTORS ON AMELANCHIER MEDIK. AND SOME PLANTS FROM THE ROSACEAE FAMILY

Summary. *The identification of poorly studied pathocomplexes in the biocenoses of serviceberry (Amelanchier alnifolia (Nutt.) Nutt. ex M. Roem and A. spicata (Lam.) K. Koch.) is a prerequisite for expanding and preserving the assortment of these fruit crops. The aim of the research was to study harmful entomofauna and phytopathogens found on serviceberry. The objectives of the work included the identification of phytophages and pathogens in serviceberry plantings; analysis of the features of their damage; identification of biocenotic relationships of phytophages that damage serviceberry and some other cultivated plants (apple, pear, chokeberry, Japanese henomeles) belonging to the group of seed plants from the Rosaceae family. The study was conducted in 2017–2021 at the N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (Moscow). During the annual monitoring, the identification of species of damaging entomofauna and phytopathogenic microorganisms on the studied plants was carried out. As a result, 34 species of phytophages were found on Amelanchier, among which 65 % were insects of the gnawing group, including 6 carpophages. It was revealed that 15 polyphages and 14 phytopathogens that damage serviceberry and related fruit crops of the Rosaceae family play an active role in interspecific biocenotic relationships. Lepidosaphes ulmi L., Aphis fabae Scop., A. pomi Deg. and Aleuroides fragariae Walk. are the most dangerous. They damage lots of crops from Rosaceae family andcan become vectors of viral infection. Such pathogens as Neonectria galligena (Bres.) Rossman & Samuels, Schizophyllum commune Fr., Tubercularia vulgaris Tode (syn. Nectria cinnabarina Fr.)) and Bjerkandera adusta (Willd.) P. Karst. are equally dangerous.They cause the death of entire plants. It is recommended to monitor the phytosanitary condition of agricultural systems and organize plantations with Amelanchier in significantly remote areas from orchards with apple and pear trees.*

Keywords: *Amelanchier alnifolia, Amelanchier spicata, Malus domestica, Pyrus communis, Aronia mitschurinii, Chaenomeles japonica, phytopathogens, phytophages.*

Куклина Алла Георгиевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории природной флоры, ФГБУН «Главный ботанический сад имени Н. В. Цицина Российской академии наук»; 127276, Россия, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; e-mail: alla_gbsad@mail.ru.

Каштанова Ольга Александровна, научный сотрудник лаборатории защиты растений ФГБУН «Главный ботанический сад имени Н. В. Цицина Российской академии наук»; 127276, Россия, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; e-mail: ol-al-kashtanova@mail.ru.

Ткаченко Олег Борисович, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией защиты растений, ФГБУН «Главный ботанический сад имени Н. В. Цицина Российской академии наук»; 127276, Россия, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; e-mail: ol-bor-tkach@yandex.ru.

Kuklina Alla Georgievna, Cand. Sc. (Biol.), leading researcher of the Laboratory of natural flora, N. V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences; 4, Botanicheskaya str., Moscow, 127276, Russia; e-mail: alla_gbsad@mail.ru.

Kashtanova Olga Aleksandrovna, researcher of the Laboratory of plant protection, N. V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences; 4, Botanicheskaya str., Moscow, 127276, Russia; e-mail: ol-al-kashtanova@mail.ru.

Tkachenko Oleg Borisovich, Dr. Sc. (Biol.), main researcher, head of Laboratory of plant protection, N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences; 4, Botanicheskaya str., Moscow, 127276, Russia; e-mail: ol-bor-tkach@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 13.02.2022.
Дата принятия к печати –18.03.2022.

УДК 634.75:577.2:632.4
EDN KIDKRQ

Лыжин А. С., Лукъянчук И. В.

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ СКРИНИНГ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОТБОРНЫХ ФОРМ ЗЕМЛЯНИКИ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К АНТРАКНОЗУ (ГЕН *RCA2*)

ФГБНУ «Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина»

Реферат. *Антракнозная черная гниль (антракноз), возбудителем которой являются фитопатогены видового комплекса Colletotrichum acutatum – опасное грибное заболевание сортов земляники садовой. Выявление форм с генетической устойчивостью к антракнозу является важной стратегией борьбы с распространением C. acutatum в насаждениях земляники. Цель работы – молекулярно-генетический анализ отборных и элитных форм земляники по гену Rca2 для идентификации генотипов, устойчивых к C. acutatum второй группы патогенности. Исследования проведены в 2021–2022 гг. В качестве биологических объектов использованы перспективные отборные и элитные сеянцы земляники садовой (Fragaria × ananassa Duch.), созданные в «Федеральном научном центре имени И.В. Мичурина» с использованием методов интрогрессивной и межсортовой гибридизации. Идентификацию гена Rca2 проводили методом ДНК-анализа с использованием диагностического маркера STS-Rca2_240. В качестве контроля протекания полимеразной цепной реакции использовали SSR маркер EMFv020. В результате проведённых исследований уточнена генотипическая структура исходных форм земляники по гену Rca2 устойчивости к антракнозной чёрной гнили: сорта Рубиновый кулон и Roxana характеризуются гетерозиготным генотипом по гену Rca2. Идентифицированы отборные гибридные сеянцы земляники – носители аллеля резистентности Rca2 (предполагаемый генотип Rca2rca2): 9/1-11, 9/1-12, 9/1-13, 9/1-32 и 9/1-37 (Vicoda × Roxana). Указанные формы являются перспективным исходным материалом для вовлечения в селекцию на устойчивость к антракнозной черной гнили, вызываемомой фитопатогенным грибом C. acutatum.В гибридных комбинациях Vima Zanta × Polka, Привлекательная × Polka, Фейерверк × Фестивальная Ромашка, Vima Zanta × Привлекательная, 298-19-9-43 × Привлекательная, Polka × Vima Zanta, Урожайная ЦГЛ × Рубиновый кулон, 922-67 × Maryshka, Kimberly × 9/2-2, Asia × Maya, Gigantella Maxim × Привлекательная, Kimberly × Honeoye отборных форм земляники с геном Rca2 выделено не было.*

Ключевые слова: *земляника садовая (Fragaria × ananassa Duch.), генотип, антракноз, устойчивость, молекулярные маркеры.*

Для цитирования: *Лыжин А. С., Лукъянчук И. В. Молекулярный скрининг перспективных отборных форм земляники по устойчивости к антракнозу (ген Rca2) // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 2(30). С. 66–73. EDN: KIDKRQ.*

For citation: *Lyzhin A. S., Luk'yanchuk I. V. Molecular screening of promising strawberry selected forms by anthracnose resistance (Rca2 gene) // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 2(30). P. 66–73. EDN: KIDKRQ.*

Введение

Антракнозная чёрная гниль (антракноз) – одно из наиболее опасных заболеваний земляники. Возбудителями антракноза являются фитопатогенные грибы рода *Colletotrichum*: *Colletotrichum acutatum* J.H. Simmonds, *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz. &Sacc., *C. fragariae* A.N. Brooks. (*C. theobromicola*). В умеренном климатическом поясе наибольший вред наносит видовой комплекс *C. acutatum* в настоящее время насчитывающий, по разным данным, от 31 до 36 морфологически

сходных видов [1, 2]. Во многих странах мира, в том числе и в России, видовой комплекс *C. acutatum* относится к карантинным патогенам [3, 4].

Фитопатогенные грибы видового комплекса *C. acutatum* – полифаги. Они поражают широкий спектр растений, в том числе плодовые, ягодные, бобовые, овощные и другие культуры. Однако наибольший экономический ущерб патоген наносит насаждениям земляники садовой [5], в которых при эпифитотийном развитии антракноза может погибнуть до 80 % маточных растений, а потери товарного урожая превысить 50 % [6, 7].

Успешность борьбы с распространением *C. acutatum* в насаждениях земляники в настоящее время в первую очередь зависит от частоты и эффективности применения химических средств защиты. Наиболее активно используются фунгициды стробилуринового ряда – азоксистробин, пираклостробин и др. Однако широкое применение стробилуринов привело к повышению устойчивости многих фитопатогенных грибов, в частности высокорезистентные штаммы выявлены у ряда видов рода *Colletotrichum*: *C. cereale, C. gloeosporioides, C. graminicola* [8, 9]. Поэтому важной стратегией борьбы с антракнозом является генетическая устойчивость культивируемых растений [10, 11].

Устойчивость земляники к антракнозу является сложным признаком благодаря высокому уровню плоидности (8x) культивируемых сортов и может формироваться под влиянием полигенных эффектов (крупные QTL), а также моногенно [12–14]. В частности, одним из факторов моногенной устойчивости земляники к антракнозу является ген *Rca2*, детерминирующий устойчивость к изолятам *C. acutatum,* и относящийся, согласно классификации французских учёных [15] ко второй группе патогенности. Последующая разработка сцепленных с указанным геном информативных ДНК-маркеров позволяет проводить оценку устойчивости сортов и форм земляники не по фенотипическому проявлению признака, а непосредственно по наличию генетических детерминант, что позволяет ускорить идентификацию ценных генотипов и избежать сложностей работы с карантинными патогенами [16].

Цель исследований – молекулярно-генетический анализ отборных и элитных форм земляники по гену *Rca2* для идентификации генотипов, устойчивых к *C. acutatum* второй группы патогенности.

Материалы и методы исследований

Исследования проведены в 2021–2022 гг. В качестве биологических объектов использованы перспективные отборные и элитные сеянцы земляники садовой *(Fragaria* × *ananassa* Duch.), созданные в «Федеральном научном центре имени И.В. Мичурина» с использованием методов интрогрессивной и межсортовой гибридизации.

Экстракцию тотальной ДНК земляники осуществляли согласно модифицированному протоколу Diversity Arrays Technology P/L [17].

Идентификацию гена *Rca2* проводили методом ДНК-анализа с использованием диагностического маркера STS-Rca2_240. Для контроля протекания ПЦР и исключения ложноотрицательных результатов маркер STS-Rca2_240 мультиплексировался с маркером EMFv020 (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика использованных в работе праймеров

Маркер	Нуклеотидная последовательность праймеров 5’-3’	Размер ампликонов, п.н.	Источник
STS-Rca2_240	ForGCCACGTCACTAGTCAAATTCAA	240	Lerceteau-Kohler etal, 2005 [16]
	RevTCATGGACAGTGGTCTCAGC		
EMFv020	ForCAGGCGCCAACGGCGTGCTCTTGT	≈180	
	RevCAGCGCCGCCAGCTCATCCCTAGG		

В качестве контрольного сорта-носителя аллеля устойчивости *Rca2* был использован сорт Элианни (Elianny), полученный в Нидерландах и характеризующийся, согласно проведённым ранее исследованиям [18, 19], гетерозиготным состоянием гена *Rca2*.

Смесь для ПЦР, общим объёмом 15 мкл, содержала 1,5 мМTaq-буфера, 2,0 мМ смеси дезоксинуклеозидтрифосфатов, 2,5 мМ хлоридамагния, 0,8 UTaq-полимеразы, 0,2 мкМ каждого праймера и 20 нг геномной ДНК. Все компоненты произведены фирмой Thermo Fisher Scientific.

Полимеразную цепную реакцию проводили в термоциклере T100 (BIO-RAD) по программе: начальная денатурация 3 мин при 95 °С; далее 35 циклов: 50 с при 95 °С, 50 с – при 64 °С, 60 с – при 72 °С; далее финальная элонгация – 5 мин при 72 °С.

Разделение продуктов амплификации проводили методом электрофореза в агарозном геле (концентрация агарозы – 2 %, буферная система – 1х TBE). Определение размера ампликонов проводили с использованием DNA Ladder GeneRuler 100 bp (ThermoFisherScientific).

Результаты и их обсуждение

В анализируемой коллекции отборных и элитных форм земляники маркер STS-Rca2_240 выявлен у гибридов 9/1-11, 9/1-12, 9/1-13, 9/1-32, 9/1-37, выделенных в комбинации скрещивания Vicoda × Roxana (рисунок 1, таблица 2).

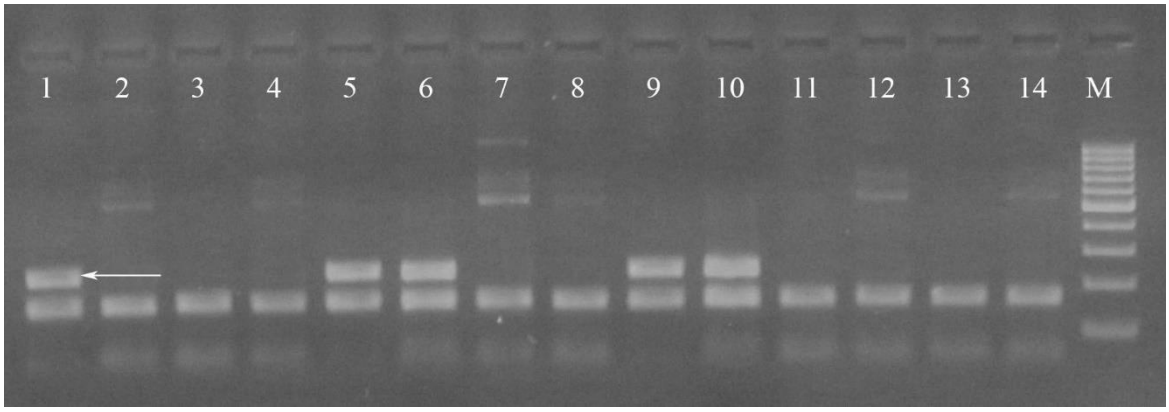


Рисунок 1 – Электрофоретический профиль маркерных фрагментов гена *Rca2*у отборных и элитных форм земляники

Примечание. *1 – Elianny (контроль), 2 – 7/2-16, 3 – 56-19, 4 –6/3-6, 5 – 9/1-11, 6 – 9/1-13, 7 – 9/2-7, 8 – 1/6-41, 9 – 9/1-12, 10 – 9/1-37, 11 – 8/2-109, 12 – 8/2-112, 13 – 8/2-102, 14 – 2/2-8, М – маркер молекулярного веса ДНК.*

Таблица 2 – Аллельный полиморфизм гена *Rca2* у отборных и элитных форм земляники

Генотип	Происхождение	Маркер STS-Rca2_240, 240 п.н.	Маркер EMFv020, 180 п.н.
1	2	3	4
1/6-41	Vima Zanta ×Polka	0	1
2/2-8	Привлекательная × Polka	0	1
911-16	Фейерверк × Фестивальная Ромашка	0	1
3/2-3	Vima Zanta × Привлекательная	0	1
3/2-62		0	1
928-12	298-19-9-43 × Привлекательная	0	1
5/1-105	Polka × Vima Zanta	0	1
6/1-47		0	1

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
21-14	Урожайная ЦГЛ × Рубиновый кулон	0	1
35-1	922-67 × Maryshka	0	1
35-5		0	1
35-16		0	1
6/3-5		0	1
6/3-6	Kimberly × 9/2-2	0	1
6/3-10		0	1
6/3-16		0	1
6/3-21		0	1
6/3-22		0	1
7/1-3		0	1
7/1-4		0	1
7/1-8		0	1
7/2-16	Asia × Maya	0	1
7/2-17		0	1
7/2-48		0	1
7/2-78		0	1
7/2-79		0	1
7/2-93		0	1
56-17	Gigantella Maxim × Привлекательная	0	1
56-19		0	1
8/2-41	Vicoda × Roxana	0	1
8/2-48		0	1
8/2-49		0	1
8/2-55		0	1
8/2-69		0	1
8/2-102		0	1
8/2-109		0	1
8/2-112		0	1
9/1-11		1	1
9/1-12		1	1
9/1-13		1	1
9/1-32		1	1
9/1-37		1	1
9/2-2	Kimberly ×Honeoye	0	1
9/2-7		0	1
9/2-10		0	1
9/2-41		0	1

В данной комбинации скрещивания источником аллеля резистентности *Rca2* для гибридных сеянцев является сорт Roxana, который, согласно проведённым нами ранее исследованиям [18], характеризуется доминантным гомозиготным (*Rca2Rca2*) или гетерозиготным (*Rca2rca2*) генотипом. Наличие маркера STS-Rca2_240 у сорта Roxana подтверждается также работами других авторов [20].

Необходимо отметить, что вместе с сеянцами с идентифицированным маркером STS-Rca2_240 (отборные формы 9/1-11, 9/1-12, 9/1-13, 9/1-32, 9/1-37), в гибридной комбинации Vicoda × Roxana также идентифицированы сеянцы (8/2-41, 8/2-48, 8/2-49, 8/2-55, 8/2-69, 8/2-102, 8/2-109, 8/2-112), не имеющие в генотипе маркер STS-Rca2_240 (предполагаемый генотип по гену *Rca2– rca2rca2*). Полученные результаты свидетельствуют о гетерозиготном состоянии гена *Rca2* у исходного родительского сорта Roxana, так как в случае гомозиготного состояния гена (*Rca2Rca2*) все гибридные сеянцы должны были характеризоваться наличием аллеля резистентности *Rca2*.

В комбинациях скрещивания Vima Zanta × Polka, Привлекательная × Polka, Фейерверк × Фестивальная Ромашка, Vima Zanta × Привлекательная, 298-19-9-43 × Привлекательная, Polka × Vima Zanta, Урожайная ЦГЛ × Рубиновый кулон, 922-67 × Maryshka, Kimberly × 9/2-2, Asia × Maya, Gigantella Maxim × Привлекательная, Kimberly × Honeoye отборных форм земляники с геном *Rca2* выделено не было. Полученные результаты также подтверждают результаты молекулярно-генетического анализа [18, 21, 22], не выявившего у сортов Привлекательная, Урожайная ЦГЛ, Фейерверк, Фестивальная Ромашка, Gigantella Maxim, Honeoye, Kimberly, Maryshka, Polka, Vima Zanta и гибридной формы 298-19-9-43 маркер STS-Rca2_240. Для исходных форм Рубиновый кулон, Asia, Maya, 922-67, 9/2-2 данные об аллельном состоянии гена *Rca2* отсутствуют, что требует проведения дополнительных исследований. При этом необходимо отметить, что в проведённых нами ранее исследованиях [22], маркер STS-Rca2_240 был выявлен у отборного сеянца 933-4, полученного в результате скрещивания дикорастущего вида *F. Virginiana* subsp. *platypetala* (Rydb.) Staudt (ген *Rca2* отсутствует) с сортом земляники садовой Рубиновый кулон. Поэтому указанный сорт предположительно может иметь гетерозиготный генотип (*Rca2rca2*) и представлять интерес для селекции на устойчивость к антракнозной чёрной гнили.

Выводы

Установлено, что исходные формы земляники – сорта Рубиновый кулон и Roxana характеризуются гетерозиготным генотипом по гену *Rca2* устойчивости к антракнозной чёрной гнили. Идентифицированы отборные сеянцы земляники – носители аллеля резистентности *Rca2* (предполагаемый генотип *Rca2rca2*): 9/1-11, 9/1-12, 9/1-13, 9/1-32 и 9/1-37 (Vicoda × Roxana), перспективные для вовлечения в селекцию на устойчивость к антракнозу, вызываемому фитопатогенным грибом *C. acutatum*.

Литература

1. Miller-Butler M. A., Smith B. J., Babiker E. M., Kreiser B. R., Blythe E. K. Comparison of whole plant and detached leaf screening techniques for identifying anthracnose resistance in strawberry plants // Plant Disease. 2018. No. 102(11). P. 2112–2119. DOI: 10.1094/PDIS-08-17-1138-RE.

2. Zhang L., Song L., Xu X., Zou X., Duan K., Gao Q. Characterization and fungicide sensitivity of *Colletotrichum* species causing strawberry anthracnose in Eastern China // Plant Disease. 2020. No. 104(7). P. 1960–1968. DOI: 10.1094/PDIS-10-19-2241-RE.

3. Calleja E. J., Ilbery B., Spence N. J., Mills P. R. The effectiveness of phytosanitary controls in preventing the entry of *Colletotrichum acutatum* in the UK strawberry sector // Plant Pathology. 2013. No. 62(2). P. 266–278 DOI: 10.1111/j.1365-3059.2012.02647.x.

4. Кузнецова А. А., Дудченко И. П., Копина М. Б. Антракноз земляники, классические и современные методы диагностики // Материалы «Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные подходы и методы в защите растений». Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2018. С. 78–81.

5. Цветкова Ю. В., Кузнецова А. А. Классические и современные методы диагностики грибов рода *Colletotrichum* на землянике садовой // Фитосанитария. Карантин растений. 2021. №1(1). С. 34–42.

6. Холод Н. А., Кащиц Ю. П., Добренков Е. А., Семёнова Л. Г. Оценка устойчивости сортов земляники садовой к антракнозной черной гнили в южном регионе // Плодоводство и виноградарство юга России. 2018. № 51(3). С. 140–148. DOI: 10.30679/2219-5335-2018-3-51-140-148.

7. Marian M., Ohno T., Suzuki H., Kitamura H., Kuroda K., Shimizu M. A novel strain of endophytic *Streptomyces* for the biocontrol of strawberry anthracnose caused by *Glomerellacingulate* // Microbiological Research. 2020. Vol. 234. P. 126428. DOI: 10.1016/j.micres.2020.126428.

8. Forcelini B. B., Peres N. A. Widespread resistance to QoI fungicides of *Colletotrichum acutatum* from strawberry nurseries and production fields // Plant Health Progress. 2018. No. 19(4). P. 338–341.DOI: 10.1094/PHP-08-18-0050-RS.

9. Wu J. Y., Hu X. R., Zhang C. Q. Molecular detection of QoI resistance in *Colletotrichum gloeosporioides* causing strawberry anthracnose based on loop-mediated isothermal amplification assay // Plant Disease. 2019. No. 103(6). P. 1319–1325. DOI: 10.1094/PDIS-09-18-1593-RE.

10. Miller-Butler M. A., Smith B. J., Curry K. J., Blythe E. K. Evaluation of detached strawberry leaves for anthracnose disease severity using image analysis and visual ratings // HortScience. 2019. No. 54(12). P. 2111–2117.DOI:10.21273/HORTSCI14321-19.

11. Jacobs R. L., Adhikari T. B., Pattison J., Yencho G. C., Fernandez G. E., Louws F. J. Assessing rate-reducing foliar resistance to anthracnose crown rot and fruit rot in strawberry // Plant Disease. 2020. No. 104(2). P. 398–407. DOI: 10.1094/PDIS-04-19-0687-RE.

12. Lerceteau-Kohler E., Roudeillac P., Markocic M., Guérin G., Praud K., Denoyes-Rothan B. The use of molecular markers for durable resistance breeding in the cultivated strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) // Horticulturae 2002. No. 567(2). P. 615–618. DOI: 10.17660/ActaHortic.2002.567.132.

13. Miller-Butler M. A., Smith B. J., Kreiser B. R., Blythe E. K. Comparison of anthracnose resistance with the presence of two SCAR markers associated with the *Rca2* gene in strawberry // HortScience. 2019. No. 54(5). P. 793–798. DOI: 10.21273/HORTSCI13805-18.

14. Salinas N., Fan Z., Peres N., Lee S., Whitaker V. M. *FaRCa1* confers moderate resistance to the root necrosis form of strawberry anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum* // HortScience. 2020. Vol. 55(5). P. 693–698. DOI: 10.21273/HORTSCI14807-20.

15. Denoyes B., Baudry A. Species identification and pathogenicity study of French *Colletotrichum* strains isolated from strawberry using morphological and cultural characteristics // Phytopathology. 1995. No. 85(1). P. 53–57. DOI: 10.1094/Phyto-85-53.

16. Lerceteau-Kohler E., Guerin G., Denoyes-Rothan B. Identification of SCAR markers linked to *Rca2* anthracnose resistance gene and their assessment in strawberry germplasm // Theoretical and Applied Genetics. 2005. Vol. 111. P. 862–870. DOI: 10.1007/s00122-005-0008-1.

17. Luk'yanchuk I. V., Lyzhin A. S., Kozlova I. I. Analysis of strawberry genetic collection (*Fragaria* L.) for *Rca2* and *Rpf1* genes with molecular markers // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018. Vol. 22. No. 7. P. 795–799. DOI: 10.18699/VJ18.423.

18. Лыжин А. С., Лукъянчук И. В., Жбанова Е. В. Полиморфизм сортов земляники (*Fragaria* × *ananassa*) по гену устойчивости к антракнозу *Rca2* // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. Т. 180. № 1. С. 73–77. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-73-77.

19. Lyzhin A., Luk'yanchuk I. Marker-assisted screening of promising forms in the strawberry breeding // International Scientific and Practical Conference "Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations" (FARBA 2021), 2021. Vol. 254. P. 03002. DOI: 10.1051/e3sconf/202125403002.

20. Храбров И. Э., Антонова О. Ю., Шаповалов М. И., Семенова Л. Г. Молекулярный скрининг сортовой коллекции земляники ВИР на наличие маркера гена устойчивости к антракнозной черной гнили *Rca2* // Биотехнология и селекция растений. 2021. № 4(4). С. 15–24. DOI: 10.30901/2658-6266-2021-4-o3.

21. Njuguna W. Development and use of molecular tools in *Fragaria.* Oregon State University, 2010.

22. Лыжин А. С., Лукьянчук И.В. Молекулярно-генетический анализ отборных и элитных форм земляники по генам резистентности *Rpf1* и *Rca2* // Аграрная Россия. 2020. №12. С. 30–34. DOI: 10.30906/1999-5636-2020-12-30-34.

References

1. Miller-Butler M. A., Smith B. J., Babiker E. M., Kreiser B. R., Blythe E. K. Comparison of whole plant and detached leaf screening techniques for identifying anthracnose resistance in strawberry plants // Plant Disease. 2018. No. 102(11). P. 2112–2119. DOI: 10.1094/PDIS-08-17-1138-RE.

2. Zhang L., Song L., Xu X., Zou X., Duan K., Gao Q. Characterization and fungicide sensitivity of *Colletotrichum* species causing strawberry anthracnose in Eastern China // Plant Disease. 2020. No. 104(7). P. 1960–1968. DOI: 10.1094/PDIS-10-19-2241-RE.

3. Calleja E. J., Ilbery B., Spence N. J., Mills P. R. The effectiveness of phytosanitary controls in preventing the entry of *Colletotrichum acutatum* in the UK strawberry sector // Plant Pathology. 2013. No. 62(2). P. 266–278 DOI: 10.1111/j.1365-3059.2012.02647.x.

4. Kuznetsova A. A., Dudchenko I. P., Kopina M. B. Strawberry anthracnose, classical and modern diagnostic methods // All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation "Modern approaches and methods in plant protection". Ekaterinburg: Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, 2018. P. 78–81.

5. Tsvetkova Y. V., Kuznetsova A.A. Conventional and modern methods for the diagnosis of *Colletotrichum* fungi on garden strawberry *Fragaria ananassa* // Plant Health and Quarantine. 2021. No 1(1). P. 34–42.

6. Holod N. A., Kashchits Yu. P., Dobrenkov E. A., Semenova L. G. Evaluation of stability of strawberry varieties to anthracnose black rot in the southern region // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2018. No. 51(3). P. 137–145. DOI: 10.30679/2219-5335-2018-3-51-137-145.

7. Marian M., Ohno T., Suzuki H., Kitamura H., Kuroda K., Shimizu M. A novel strain of endophytic *Streptomyces* for the biocontrol of strawberry anthracnose caused by *Glomerellacingulate* // Microbiological Research. 2020. Vol. 234. P. 126428. DOI: 10.1016/j.micres.2020.126428.

8. Forcelini B. B., Peres N. A. Widespread resistance to QoI fungicides of *Colletotrichum acutatum* from strawberry nurseries and production fields // Plant Health Progress. 2018. No. 19(4). P. 338–341. DOI: 10.1094/PHP-08-18-0050-RS.

9. Wu J. Y., Hu X. R., Zhang C. Q. Molecular detection of QoI resistance in *Colletotrichum gloeosporioides* causing strawberry anthracnose based on loop-mediated isothermal amplification assay // Plant Disease. 2019. No. 103(6). P. 1319–1325. DOI: 10.1094/PDIS-09-18-1593-RE.

10. Miller-Butler M. A., Smith B. J., Curry K. J., Blythe E. K. Evaluation of detached strawberry leaves for anthracnose disease severity using image analysis and visual ratings // HortScience. 2019. No. 54(12). P. 2111–2117. DOI: 10.21273/HORTSCI14321-19.

11. Jacobs R. L., Adhikari T. B., Pattison J., Yencho G. C., Fernandez G. E., Louws F. J. Assessing rate-reducing foliar resistance to anthracnose crown rot and fruit rot in strawberry // Plant Disease. 2020. No. 104(2). P. 398–407. DOI: 10.1094/PDIS-04-19-0687-RE.

12. Lerceteau-Kohler E., Roudeillac P., Markocic M., Guérin G., Praud K., Denoyes-Rothan B. The use of molecular markers for durable resistance breeding in the cultivated strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) // Acta Horticulturae. 2002. No. 567(2). P. 615–618. DOI: 10.17660/ActaHortic.2002.567.132.

13. Miller-Butler M. A., Smith B. J., Kreiser B. R., Blythe E. K. Comparison of anthracnose resistance with the presence of two SCAR markers associated with the *Rca2* gene in strawberry // HortScience. 2019. No. 54(5). P. 793–798. DOI: 10.21273/HORTSCI13805-18.

14. Salinas N., Fan Z., Peres N., Lee S., WhitakerV. M. *FaRCa1* confers moderate resistance to the root necrosis form of strawberry anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum* // HortScience. 2020. Vol. 55(5). P. 693–698.DOI: 10.21273/HORTSCI14807-20.

15. Denoyes B., Baudry A.Species identification and pathogenicity study of French *Colletotrichum* strains isolated from strawberry using morphological and cultural characteristics // Phytopathology. 1995. No. 85(1). P. 53–57. DOI: 10.1094/Phyto-85-53.

16. Lerceteau-Kohler E., Guerin G., Denoyes-Rothan B. Identification of SCAR markers linked to *Rca2* anthracnose resistance gene and their assessment in strawberry germplasm // Theoretical and Applied Genetics. 2005. Vol. 111. P. 862–870.DOI:10.1007/s00122-005-0008-1.

17. Luk'yanchuk I. V., Lyzhin A. S., Kozlova I. I. Analysis of strawberry genetic collection (*Fragaria* L.) for *Rca2* and *Rpf1* genes with molecular markers // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018. Vol. 22. No. 7. P. 795–799. DOI: 10.18699/VJ18.423.

18. Lyzhin A. S.,Luk'yanchuk I. V., Zhbanova E. V. Polymorphism of the *Rca2* anthracnose resistance gene in strawberry cultivars (*Fragaria* ×*ananassa*) // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019. Vol. 180. No. 1. P. 73–77. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-73-77.

19. Lyzhin A., Luk'yanchuk I. Marker-assisted screening of promising forms in the strawberry 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. P. 03002. DOI: 10.1051/e3sconf/202125403002.

20. Khrabrov I. E., Antonova O. Yu., Shapovalov M. I., Semenova L. G. Molecular screening of the VIR strawberry varieties collection for the presence of a marker for the anthracnose black rot resistance gene *Rca2* // Plant Biotechnology and Breeding. 2021. Vol. 4(4). P. 15–24. DOI: 10.30901/2658-6266-2021-4-o3.

21. Njuguna W. Development and use of molecular tools in *Fragaria*. Oregon State University, 2010.

22. Lyzhin A. S., Luk'yanchuk I. V. Molecular genetic analysis of *Fragaria* × *ananassa* Duch. selected and elite forms for the *Rpf1* and *Rca2* resistance genes // Agrarnaya Rossiya (Agrarian Russia). 2020. Vol. 12. P. 30–34. DOI: 10.30906/1999-5636-2020-12-30-34.

UDC 634.75:577.2:632.4

Lyzhin A. S., Luk'yanchuk I. V.

MOLECULAR SCREENING OF PROMISING STRAWBERRY SELECTED FORMS BY ANTHRACNOSE RESISTANCE (*RCA2* GENE)

Summary. *Anthracnose (Colletotrichum acutatum) is a dangerous fungal disease of strawberry varieties. Identification of strawberry forms with genetic resistance to*

anthracnose is an important strategy to control the spread of C. acutatum in strawberry plantations. The purpose of the study is molecular genetic analysis of selected and elite forms of strawberry by the Rca2 genes to identify genotypes resistant to C. acutatum, pathogenicity group 2. The studies were carried out in 2021–2022. The biological objects of the study were promising selected and elite forms of strawberry (Fragaria × ananassa Duch.) created at the FSSI "I.V. Michurin Federal Scientific Center" using the methods of introgressive and intervarietal hybridization. The Rca2 gene was identified by DNA analysis using the diagnostic marker STS-Rca2_240. The SSR marker EMFv020 was used as the positive control for the polymerase chain reaction. As a result of the research, the genotypic structure of the initial forms of strawberry for the Rca2 anthracnose resistance gene was clarified. Strawberry varieties 'Rubinovy kulon' and 'Roxana' are characterized by the heterozygous genotype for the Rca2 gene. Selected strawberry hybrid seedlings 9/1-11, 9/1-12, 9/1-13, 9/1-32 and 9/1-37 ('Vicoda' × 'Roxana') were identified as carriers of the Rca2 resistance allele (putative Rca2rca2 genotype). These forms are promising initial material for strawberry breeding for resistance to anthracnose caused by the phytopathogenic fungus C. acutatum. In the hybrid combinations 'Vima Zanta' × 'Polka', 'Privlekatelnaya' × 'Polka', 'Feyyerverk' × 'Festivalnaya', 'Vima Zanta' × 'Privlekatelnaya', 298-19-9-43 × 'Privlekatelnaya', 'Polka' × 'Vima Zanta', 'Urozhaynaya CGL' × 'Rubinovy kulon', 922-67 × 'Maryshka', 'Kimberly' × 9/2-2, 'Asia' × 'Maya', 'Gigantella Maxim' × 'Privlekatelnaya' and 'Kimberly' × 'Honeoye', selected strawberry forms with the Rca2 gene were not identified.

Keywords: *strawberry (Fragaria × ananassa Duch.), genotype, anthracnose, resistance, molecular markers.*

Лыжин Александр Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии устойчивости и геномных технологий, ФГБНУ «ФНЦ имени И. В. Мичурина»; 393760, г. Мичуринск, Тамбовская обл., ул. Мичурина, 30; e-mail: Ranenburzhetc@yandex.ru.

Лукъянчук Ирина Васильевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории частной генетики и селекции, ФГБНУ «ФНЦ имени И. В. Мичурина»; 393760, г. Мичуринск, Тамбовская обл., ул. Мичурина, 30; e-mail: irina.lk2011@yandex.ru.

Lyzhin Aleksandr Sergeevich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of Laboratory of physiology of resistance and genomic technologies, FSSI "I.V. Michurin Federal Scientific Center"; 30, Michurina str., Michurinsk, Tambov region, 393774, Russia; e-mail: Ranenburzhetc@yandex.ru.

Luk'yanchuk Irina Vasilievna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher of Laboratory of private genetics and breeding, FSSI "I.V. Michurin Federal Scientific Center"; 30, Michurina str., Michurinsk, Tambov region, 393774, Russia; e-mail: irina.lk2011@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 28.03.2022.
Дата принятия к печати – 20.04.2022.

УДК 631.51.01:632.51:633.853.52
EDN KYMTZF

Морозов А. Н., Дубовик Д. В., Ильин Б. С.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА СОИ

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»

Реферат. *Среди агротехнических приемов в технологии возделывания сои большое значение имеют способы обработки почвы. Цель исследований заключалась в оценке степени засоренности посевов и ее влиянии на формирование урожая и качества зерна в зависимости от способа основной обработки почвы в условиях Курской области. Исследования проводили в 2020–2021 гг. в полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» во второй ротации зернового севооборота: горох – озимая пшеница – соя – ячмень. Схема опыта включала следующие способы основной обработки почвы: вспашка с оборотом пласта на 20–22 см, комбинированная обработка (дискование + чизелевание на 20–22 см), поверхностная обработка (дискование до 8 см), прямой посев. Выявлено, что минимальную воздушно-сухую массу сорняков наблюдали в посевах сои при вспашке, по сравнению с которой в варианте с комбинированной обработкой их масса была выше в 1,4 раза, поверхностной обработкой – в 1,9 раза, прямым посевом – в 1,3 раза. Минимизация основной обработки почвы с применением комбинированной и поверхностной обработки увеличивала засоренность посевов на 74,3 % и 54,5 %, снижала число зерен на 289–467 шт./м^2, в среднем на 1 растении –на 3,1–5,5 шт., массу 1000 зерен – на 8,7–11,2 г по сравнению со вспашкой. Установлено, что наибольшая урожайность сои (2,01 т/га) и сбор протеина (608 кг/га) получены на вспашке. Прямой посев сои позволил получить урожай на уровне со вспашкой (2,00 т/га) благодаря формированию максимального числа семян на растении (33,6 шт./раст.) и единице площади (2471 шт./м^2). При этом максимальная масличность семян (23,4 %) обеспечила здесь наибольший сбор масла (402 кг/га).*

Ключевые слова: *соя (Glycine max), вспашка, комбинированная обработка, поверхностная обработка, прямой посев, засоренность, урожайность, структура урожая, качество зерна.*

Для цитирования*: Морозов А. Н., Дубовик Д. В., Ильин Б. С.Влияние способов основной обработки почвы на засоренность посевов, урожайность и качество зерна сои// Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 2(30). С. 74–85. EDN: KYMTZF.*

For citation: *Morozov A. N., Dubovik D. V., Ilyin B. S. Influence of primary tillage methods on soybean weed infestation, yield and grain quality // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 2(30). P. 74–85. EDN: KYMTZF.*

Введение

Соя является распространенной и наиболее ценной белково-масличной культурой, возделываемой в Центрально-Черноземном регионе (ЦЧР). Семена сои богаты протеином с благоприятным аминокислотным составом, близким по уровню кормовой ценности к кормам животного происхождения, а также жиром, витаминами. За последние 10 лет посевные площади под этой культурой в ЦЧР значительно выросли и в 2021 г. составляли 1032 тыс. га, в том числе в Курской области – 259,2 тыс. га. Ее высокие потребительские качества, создание новых раннеспелых сортов и адаптивность к условиям возделывания способствовали

широкому распространению этой культуры [1, 2]. Увеличение валовых сборов семян сои необходимо наращивать не только благодаря расширению площадей, но и повышению урожайности.Перед производителями сои стоит задача реализации ее потенциала продуктивности при повышении эффективности используемых средств производства на основе внедрения ресурсосберегающих технологий.

В технологии возделывания сои одним из ресурсо- и энергозатратных элементов является основная обработка почвы [3, 4]. Применение различных способов основной обработки почвы при возделывании сои оказывает существенное влияние на агрофизические свойства почвы [5–7], режим питания, влагообеспеченность, фитосанитарное состояние, рост и развитие посевов [8], что в целом определяет ее продуктивность [9–11]. Поэтому для получения стабильно высоких урожаев сои заданного качества необходим поиск оптимальных способов и систем обработки почвы в севооборотах с этой культурой, которые позволят не только снизить производственные затраты, но также создадут условия вегетации, в наибольшей степени соответствующие биологическим особенностям культуры, специфике ее роста и развития, формированию урожая и качества зерна.

В исследованиях по изучению эффективности применения минимизации основной обработки почвы, в том числе ее крайней степени минимизации – прямого просева в технологии возделывания сои отмечается неоднозначное действие способов обработки почвы в борьбе с сорными растениями и реализации ее потенциала урожайности [12–14]. Недостаточно изучено влияние различных способов основной обработки почвы на формирование элементов структуры урожая и качество зерна сои. Поэтому исследования влияния способов основной обработки почвы на засоренность посевов, формирование урожая и качества зерна являются актуальными.

Цель исследований – оценить степень засоренности посевов и ее влияние на формирование урожая и качества семян сои в зависимости от способа основной обработки почвы в условиях Курской области.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2020–2021 гг. в полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» (Курская область, Курский район, п. Черемушки). Сою возделывали в четырехпольном зерновом севообороте с применением следующих способов основной обработки почвы: вспашка с оборотом пласта на глубину 20–22 см, комбинированная обработка (дискование на 8–10 см + чизелевание на 20–22 см), поверхностная обработка (дискование до 8 см), прямой посев (No-till). Зерновой севооборот развернут в пространстве и времени со следующим чередованием культур: горох (*Pisum sativum*) – озимая пшеница (*Triticum aestivum*) – соя (*Glycine max*) – ячмень (*Hordeum vulgare*). Делянки в опыте размещали систематически в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м^2 (60×100 м), повторность трехкратная.

Исследования проводили во второй ротации зернового севооборота на раннеспелом сорте сои Казачка. Семена перед посевом обрабатывали двухкомпонентным инокулянтом «Хайкоут Супер Соя» и «Хайкоут Супер Экстендер» с добавлением инсектицидно-фунгицидного протравителя «Круйзер Макс». По вспашке, комбинированной и поверхностной обработкам посев осуществляли зерновой сеялкой СЗ-3,6 с шириной междурядий 15 см, в варианте с технологией прямого посева – сеялкой Дон 114 с шириной междурядий 21 см. В 2020 г. сою посеяли 29 апреля, в 2021 г. – 18 мая. Норма высева составляла 750 тыс. всхожих семян на 1 га.

По вспашке, комбинированной и поверхностной обработкам для сохранения влаги и выравнивания зяби проводили ранневесеннее боронование, а за день до сева предпосевную культивацию на глубину 4–5 см. В технологии прямого посева после уборки предшественника и перед посевом сои делянки обрабатывали гербицидом сплошного действия («Ураган Форте» 2,0 л/га). Во всех вариантах основной обработки почвы в ранние фазы роста сорняков (2–6 листьев), начиная с фазы первого тройчатого листа сои, выполняли первую гербицидную обработку посевов баковой смесью: «Базагран», ВР в дозе 2,5–3,0 л/га и «Хармани», СТС – 0,008 кг/га, затем вторую обработку гербицидом «Пантера», КЭ в дозе 1,0 л/га. В остальном технология возделывания сои в опыте была общепринятая для региона, за исключением различий в способах основной обработки почвы.

Почва опытного участка представлена черноземом типичным мощным тяжелосуглинистым со средним содержанием в пахотном слое гумуса – 5,4 % (ГОСТ 26213-91), высоким содержанием подвижного фосфора – 19,3 мг/100 г и повышенным подвижного калия – 11,7 мг/100 г (ГОСТ 26204-91). Реакция почвенной среды слабо кислая, pH_{KCl}– 5,5 (ГОСТ 26483-85).

Климат Курской области умеренно-континентальный с относительно продолжительной умеренно-холодной зимой и теплым, временами жарким и засушливым летом. Среднегодовая температура воздуха изменяется с севера на юг от 4,6 до 6,1 °С, сумма активных температур – в пределах 2400–2600 °С. Годовое количество осадков варьирует от 460 до 640 мм. С мая по август периодически выпадают осадки в виде ливней. Каждые три–четыре года повторяются засухи средней интенсивности.

Агрометеорологические условия периода вегетации сои в годы исследований характеризовались как засушливые. В 2020 г. за период от сева до наступления полной спелости семян сумма осадков, сумма активных температур и ГТК по Селянинову составляли 205,2 мм, 2220,7 °С и 0,92, а в 2021 г.– 177,3 мм, 2152,4°С и 0,82 соответственно. При этом погодные условия в период вегетации сои имели свои характерные особенности. В 2020 г. наблюдали дефицит осадков со II декады июня по I декаду июля включительно на фоне высокой среднесуточной температуры воздуха, которая в июне превышала климатическую норму на 3,4 °С, а в июле – на 2,1 °С. Большое количество осадков (65,2 мм) выпало только во II декаде июля, и они носили ливневой характер. Сложившиеся засушливые условия вегетации в июне и июле отрицательно сказались на росте и развитии растений сои в период появление третьего тройчатого листа – цветение. Август был также достаточно засушливым. При средней температуре воздуха в этом месяце близкой к климатической норме (18,1 °С) осадков выпало в 5,4 раза меньше месячной нормы (64 мм), что неблагоприятно отразилось на наливе зерна сои.

Метеорологические условия 2021 г. складывались менее благоприятно для роста и развития сои. Прохладная и дождливая погода в апреле и до середины мая привела к более позднему ее севу. Во второй половине вегетации сои (июль–август) наблюдалась жаркая и преимущественно сухая погода, особенно в наиболее ответственной фазе – цветение. За этот период осадков выпало 74,4 мм, что меньше климатической нормы в 1,8 раза, а средняя температура воздуха в июле превышала норму на 3,6 °С, в августе – на 3,2 °С. Такие условия оказали негативное влияние на формирование урожая сои, способствовали меньшему образованию бобов и снижению числа зерен на растениях.

Определение основных показателей структуры урожая сои (густота стояния растений перед уборкой, число зерен на растениях с единицы площади и в расчете на 1 растение, масса 1000 зерен) выполняли согласно разработанной Всероссийским

научно-исследовательским институтом масличныхкультур имени В.С. Пустовойта методике [15]. Учет засоренности посевов сои выполняли в фазе первого тройчатого листа и перед уборкой урожая количественно-весовым методом [16]. Урожайность сои учитывали в фазе полной спелости зерна методом сплошного учета поделяночно с помощью комбайна Сампо-500. Урожай зерна приводили к 12 %-ной влажности (ГОСТ 17109-88) и 100 %-ной чистоте. Содержание протеина и масла в семенах сои определяли методом инфракрасной спектроскопии на анализаторе Foss Infratec 1241. Обработку полученных экспериментальных данных выполняли методами дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов с использованием программ Microsoft Excel и Statistica.

Результаты и их обсуждение

Одним из основных факторов формирования урожая сои является эффективная защита посевов от сорняков. Применяя оптимальный способ основной обработки почвы в зерновом севообороте, можно существенно снизить засоренность посевов. В 2020 г. наименьшую засоренность посевов сои в фазе первого тройчатого листа (312,8 шт./м^2) наблюдали в варианте с системой прямого посева (таблица 1). По сравнению со вспашкой количество сорняков было ниже на 29,7 %. Применение комбинированной и поверхностной обработок почвы относительно вспашки привело к увеличению общей засоренности посевов на 74,3 % и 54,5 % соответственно. В то же время минимальную воздушно-сухую массу сорняков наблюдали в посевах сои при вспашке, по сравнению с которой в варианте с комбинированной обработкой их масса была выше в 1,4 раза, поверхностной обработкой – в 1,9 раза, прямом посеве – в 1,3 раза. В посевах сои из малолетних сорных растений преобладали: редька дикая (*Raphanus raphanistrum*), марь белая (*Chenjpodium album*), гречишка вьюнковая (*Fallopia convolvulus*), фиалка полевая (*Viola arvensis*), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus*), полынь горькая (*Artemisia absinthium*), паслен черный (*Solanum nigrum*), просо куриное (*Echinochloa crus-galli*), пырей ползучий (*Elytrigia repens*). Из многолетников – бодяк полевой (*Cirsium arvense*) и вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*). Несмотря на большое количество сорных растений, их воздушно-сухая масса составляла всего 25,1–48,3 г/м^2 и в основном состояла из малолетников в ранних фазах развития (2–4 листьев).

Таблица 1 – Влияние способов основной обработки почвы на засоренность посевов сои

Вариант обработки	Количество сорняков, шт./м^2			Воздушно-сухая масса сорняков, г/м^2		
	2020 г.	2021 г.	среднее	2020 г.	2021 г.	среднее
в фазе первого тройчатого листа						
Вспашка	444,8	166,4	305,6	25,1	9,8	17,5
Комбинированная	775,2	400,8	588,0	36,1	12,5	24,3
Поверхностная	687,2	410,4	548,8	48,3	12,2	30,3
Прямой посев	312,8	584,0	448,4	32,4	11,8	22,1
$НСР_{05}$	68,9	45,8	59,9	4,3	1,7	3,2
перед уборкой урожая						
Вспашка	107,2	20,0	63,6	24,9	11,4	18,2
Комбинированная	190,4	28,0	109,2	72,4	18,2	45,3
Поверхностная	168,8	33,6	101,2	66,7	21,4	44,1
Прямой посев	67,2	25,6	46,4	14,0	68,9	41,4
$НСР_{05}$	19,0	5,4	13,7	6,4	6,7	6,1

Обработка посевов сои гербицидами «Базарган» (2,5 л/га) + «Хармани» (0,008 кг/га) в фазе второго тройчатого листа и «Пантера» (1,0 л/га) в фазе третьего тройчатого листапозволила снизить численность сорных растений к уборке в 4,1–4,6

раза по всем изучаемым способам основной обработки почвы, однако отмеченная ранее закономерность сохранялась. При комбинированной и поверхностной системах обработки почвы количество сорняков было на 57,5 % и 77,6 % выше, а при системе прямого посева – ниже на 37,3 %, чем при вспашке. В тоже время воздушно-сухая масса сорняков была минимальной при прямом посеве. По сравнению с этим вариантом на вспашке сухая масса сорняков была выше в 1,8 раза, при комбинированной обработке – в 5,2 раза, при поверхностной обработке – в 4,8 раза. Перед уборкой основной фон засоренности составляли малолетние сорняки: гречишка вьюнковая (*Fallopia convolvulus*), латук компасный (*Lactuca serriola*), чистец однолетний (*Stachys annua*), паслен черный (*Solanum nigrum*). Из многолетников – вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*) и осот полевой (*Sonchus arvensis*).

В условиях 2021 г. засоренность посевов сои заметно снизилась, но все еще характеризовалась как очень сильная [17]. Наименьшее количество сорных растений и их минимальную воздушно-сухую массу отмечали в варианте со вспашкой. При применении комбинированной обработки почвы относительно вспашки общая численность сорняков повысилась в 2,4 раза, их сухая масса увеличилась на 27,6 %, поверхностной обработки – в 2,5 раза и на 24,4 %, прямого посева – в 3,5 раза и на 20,4 %. К уборке по всем изучаемым способам основной обработки почвы их количество в посевах сои снизилось в 8,3–22,8 раза, а их сухая масса выросла в 1,2–5,8 раза по сравнению с первоначальным уровнем. При этом при вспашке оставалось минимальное количество сорных растений с наименьшей воздушно-сухой массой. В варианте с прямым посевом сильное отрастание такого двулетнего сорного растения, как латук компасный (*Lactuca serriola*) привело к высокой воздушно-сухой массе сорняков (68,9 г/м^2), однако существенного влияния на уровень урожайности она не оказала, так как налив семян у сои практически завершился.

В среднем за годы исследований наименьшую засорённость посевов сои в фазе первого тройчатого листа наблюдали на фоне вспашки. Применение комбинированной и поверхностной обработки почвы и прямого просева относительно вспашки приводило к увеличению общего количества сорняков в 1,5–1,9 раза, а их воздушно-сухой массы – на 26,3–73,1 %. Перед уборкой урожая минимальное в опыте количество сорных растений в посевах сои отмечено в варианте с прямым посевом, что на 27,0 % ниже, чем при вспашке и в 2,3 и 2,2 раза ниже, чем при комбинированной и поверхностной обработках почвы соответственно. При этом наименьшая воздушно-сухая масса сорняков сохранялась на вспашке. При переходе на комбинированную обработку почвы сухая масса сорняков увеличивалась в 2,5 раза (по сравнению с вспашкой), поверхностную – в 2,4 раза, прямой посев – в 2,3 раза.

Анализ видового состава сорных растений показал, что в годы исследований из малолетников в посевах сои преобладали просо куриное (*Echinochloa crus-galli*), щетинник сизый (*Setaria glauca*), пырей ползучий (*Elytrigia repens*), марь белая (*Chenjpodium album*), гречишка вьюнковая (*Fallopia convolvulus*), латук компасный (*Lactuca serriola*), чистец однолетний (*Stachys annua*), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus*). В меньшей степени из малолетних сорных растений встречались такие виды: редька дикая (*Raphanus raphanistrum*), подмаренник цепкий (*Galium aparine*), полынь горькая (*Artemisia absinthium*), паслен черный (*Solanum nigrum*). Основной фон многолетних сорных растений составляли бодяк полевой (*Cirsium arvense*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*) и осот полевой (*Sonchus arvensis*).

Основная обработка почвы является не только важным элементом эффективной борьбы с засоренностью посевов, но также влияет на весенний запас продуктивной влаги в период сева. В наших опытах изучаемые способы основной обработки почвы ко времени сева обеспечивали достаточный запас продуктивной влаги в верхнем 0–20 см (14,0–27,4 мм) и в метровом слоях почвы (102,2–134,6 мм), что в годы исследований способствовало получению полноценных всходов и в дальнейшем не оказало существенного влияния на густоту стояния растений сои ($F_ф<F_{05}$). В среднем за 2020–2021 гг. густота стояния растений сои перед уборкой урожая по вариантам опыта также существенных различий не имела и составляла в 705–735 тыс. шт./га.

Результаты исследований показали, что способы основной обработки почвы оказали существенное влияние на такие элементы структуры урожая сои, как среднее число зерен на растении, число зерен на единице площади, массу 1000 зерен (рисунок 1). Максимальное число зерен с одного растения и на единице площади отмечали при прямом посеве (33,6 шт./раст. и 2471 шт./м^2), что на 16,7 % и на 20,3 % больше по сравнению со вспашкой, на 30,7 % и на 40,0 %, по сравнению с комбинированной обработкой, на 44,2 % и на 55,7 % по сравнению с поверхностной обработкой. При этом возделывание сои в системе прямого посева способствовало формированию наиболее низкой массы 1000 семян. С увеличением глубины и интенсивности основной обработки почвы наблюдалась тенденция к увеличению массы 1000 семян. Связь между запасами продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом и элементами структуры урожая сои не установлена.

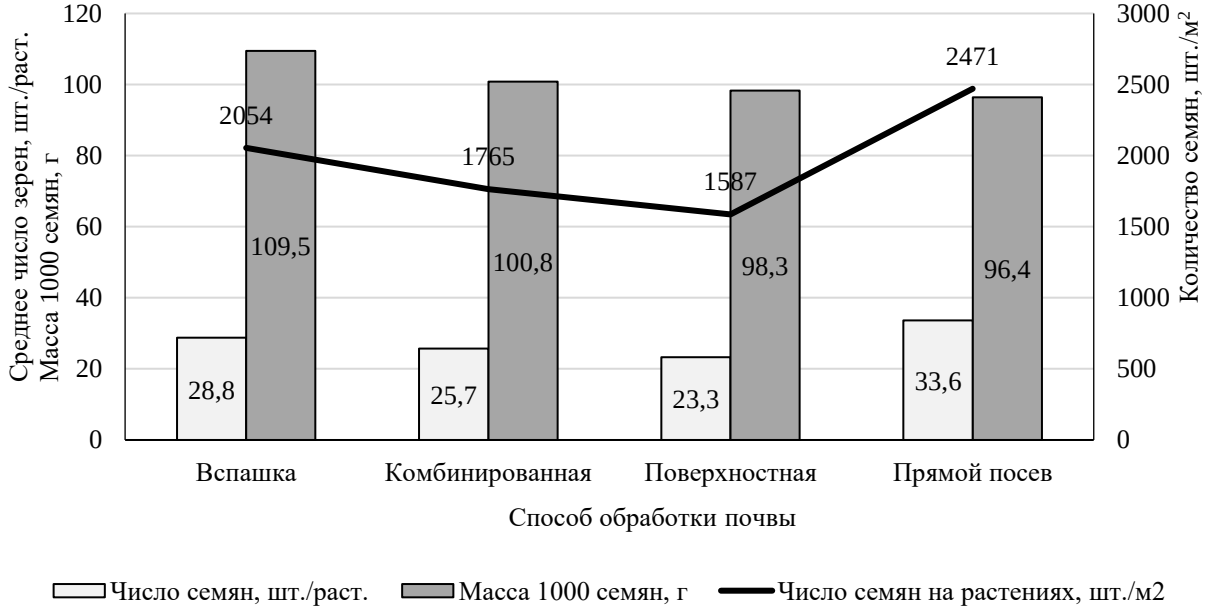


Рисунок 1 – Изменение элементов структуры урожая сои в зависимости от способа основной обработки почвы (в среднем за 2020–2021 гг.)

Примечание. *НСР$_{05}$: число семян – 1,2 шт./раст.; масса 1000 семян – 1,6 г; число семян на растениях – 22,2 шт./м^2.*

Анализ экспериментальных данных позволил установить влияние показателей засоренности посевов на формирование элементов структуры урожая сои. Это подтверждается заметной отрицательной связью сухой массы сорняков в фазе первого тройчатого листа с числом зерен на 1 м^2 (r = −0,65) и средним числом зерен на растении (r = −0,65), очень высокой отрицательной связью общего

количества сорняков перед уборкой с числом семян на 1 м^2 (r = −0,93) и средним числом семян на растении (r = −0,92). Установлена заметная отрицательная корреляционная связь сухой массы сорняков в фазе первого тройчатого листа с массой 1000 зерен (r = −0,69).

Применяемые способы основной обработки почвы оказывали влияние не только на засоренность посевов и формирование элементов структуры урожая сои, но и величину ее урожая (таблица 3). В 2020 г. максимальная урожайность сои была получена при ее возделывании по технологии прямого посева, где, по сравнению со вспашкой, получена достоверная прибавка урожая в 0,19 т/га. В варианте с комбинированной обработкой почвы урожайность сои относительно вспашки была ниже на 0,20 т/га, поверхностной обработкой – на 0,29 т/га.

Таблица 3 – Урожайность семян сои в зависимости от способа основной обработки почвы

Вариант обработки	Урожайность по годам, т/га			Изменение благодаря обработке
	2020 г.	2021 г.	среднее	
Вспашка	1,95	2,06	2,01	
Комбинированная	1,75	1,65	1,70	−0,31
Поверхностная	1,66	1,57	1,61	−0,40
Прямой посев	2,14	1,86	2,00	−0,01
$НСР_{05}$	0,09	0,10	0,08	

В 2021 г. наибольшую урожайность сои отмечали по вспашке, что достоверно выше, чем при ее возделывании в системе комбинированной обработки на 0,41 т/га, поверхностной обработки – на 0,49 т/га, прямого посева – на 0,20 т/га. В среднем за два года исследований наиболее высокая урожайность была получена в варианте со вспашкой. Однако снижение урожайности при использовании технологии прямого посева относительно вспашки было несущественным и составляло всего 0,01 т/га. При переходе на комбинированную обработку почвы урожайность сои снижалась по сравнению со вспашкой на 0,31 т/га, поверхностную обработку – на 0,40 т/га.

Изменения урожайности сои в зависимости от применяемых способов основной обработки почвы во многом были обусловлены конкуренцией в период вегетации культуры с сорными растениями за факторы жизни, что оказало влияние как на формирование основных элементов структуры урожая, так и его величину. При этом в критический для роста и развития культуры период (три–четыре недели после появления всходов) наибольшее влияние на урожайность оказывала масса сорняков в фазе первого тройчатого листа, а в предуборочный период – их количество, что подтверждается высокой отрицательной корреляционной связью (r = −0,88 для воздушно-сухой массы сорняков и r = −0,92 – для общего количества сорняков). С ростом воздушно-сухой массы сорняков на 4,1 г/м^2 в фазе первого тройчатого листа и увеличением общего количества сорных растений к уборке на 19,8 шт./м^2 урожай сои снижался на 0,13 т/га или на 6,5 %.

Влияние изучаемых в опыте способов основной обработки почвы отразилось на качестве зерна сои. Так, наиболее высокое содержание протеина в зерне сои отмечали в варианте с применением отвальной вспашки (таблица 4). При минимизации обработки почвы от комбинированной обработки до прямого посева содержание протеина в зерне снижалось, но такие изменения качества зерна были достоверны только в 2021 г. В среднем за 2020–2021 гг. вспашка обеспечивала увеличение содержание в зерне протеина по сравнению с комбинированной обработкой на 0,6 %, поверхностной обработкой – на 0,8 %, прямым посевом – на 2,3 %. Под влиянием сложившихся условий вегетации сои, вызванных прямым и

косвенным действием способов основной обработки почвы, с увеличением содержания протеина в зерне, отмечали снижение содержания масла, что подтверждено очень высокой отрицательной корреляционной связью (r = −0,92). Наиболее высокое содержание масла в зерне было при возделывании сои по технологии прямого посева. При переходе на более глубокие способы основной обработки почвы содержание масла в зерне снижалось на 0,6 % по поверхностной обработке, на 0,7 % – по комбинированной обработке и на 0,8 % – по вспашке.

Таблица 4 – Качество зерна сои при различных способах основной обработки почвы

Вариант обработки	Содержание в зерне сои по годам, % к абсолютно сухому веществу					
	протеина			масла		
	2020 г.	2021 г.	среднее	2020 г.	2021 г.	среднее
Вспашка	35,5	35,0	35,3	21,9	23,3	22,6
Комбинированная	35,7	33,7	34,7	21,9	23,5	22,7
Поверхностная	35,8	33,2	34,5	21,8	23,7	22,8
Прямой посев	34,9	31,0	33,0	22,0	24,8	23,4
$НСР_{05}$	$F_ф<F_{05}$	1,0		$F_ф<F_{05}$	0,5	

Качество выращенного зерна частично связано с формированием элементов структуры урожая сои. Так, по средним за годы исследований данным с учетом влияния применяемых способов основной обработки почвы установлено, что с ростом массы 1000 семян повышается содержание протеина в семенах (r = 0,80) и снижается его масличность (r = −0,68).

Основным интегральным показателем продуктивности сои являются сбор протеина и масла с гектара, которые определяются как уровнем урожайности, так и качеством выращенного зерна. Как видно из представленных на рисунке 2 данных, применение отвальной обработки почвы, способствующей росту урожайности зерна сои и повышению содержания в нем протеина, позволило получить максимальный сбор протеина. При минимизации основной обработки почвы сбор протеина относительно вспашки достоверно снижался на 102 кг/га при комбинированной обработке, на 129 кг/га – при поверхностной обработке и на 38 кг/га – при прямом посеве. При этом, за счет повышения масличности зерна сои при минимизации основной обработки почвы тенденция по сбору масла с гектара несколько отличалась. Благодаря максимальному содержанию масла в зерне сои и высокой урожайности наибольший его сбор с гектара был получен в варианте с технологией прямого посева. На вспашке в сравнении с прямым посевом сбор масла снижался на 12 кг/га, комбинированной обработке – на 72 кг/га, поверхностной обработке – на 87 кг/га. Однако преимущество прямого посева по сбору масла было достоверным только для вариантов с комбинированной и поверхностной обработкой почвы.

Следует отметить, что снижение показателей продуктивности сои в вариантах с комбинированной и поверхностной обработкой почвы было связано с более высокой засоренностью посевов. Так, в критический период для роста и развития сои в наибольшей степени на продуктивность этой культуры оказывала влияние сухая масса сорняков, что подтверждается отрицательной корреляционной связью сухой массы сорняков в фазе первого тройчатого листа со сбором протеина (r = −0,95) и сбором масла (r = −0,83). Полученные экспериментальные данные также позволили выявить отрицательную связь общего количества сорняков перед уборкой с сбором протеина (r = −0,83) и с сбором масла (r = −0,95). Таким образом, с ростом воздушно-сухой массы сорняков на 4,1 г/м^2 в фазе первого тройчатого листа и

увеличением общего количества сорных растений к уборке на 26,2 шт./м^2 сбор протеина снижался на 43 кг/га или 7,0 %, сбор масла – на 27 кг/га или 6,8 %.

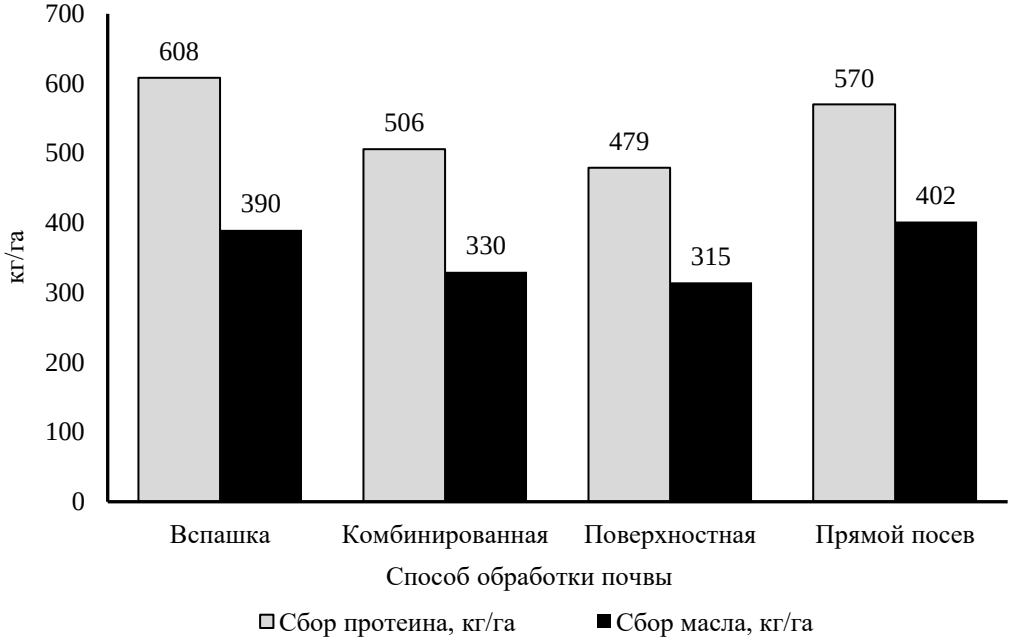


Рисунок 2 – Сбор протеина и масла в зависимости от способа основной обработки почвы (среднее за 2020–2021 гг.)

Примечание. *НСР$_{05}$ сбор протеина – 19,5 кг/га, сбор масла – 21,9 кг/га.*

Выводы

Применение различных способов основной обработки почвы оказывает существенное влияние на засоренность посевов, формирование основных элементов структуры урожая сои, и в конечном итоге – на величину и качество выращенного урожая зерна. Возделывание сои по вспашке способствовало в критический для роста и развития культуры период снижению количества сорняков в 1,5–1,9 раза, их сухой массы – на 26,3–73,1 %; формированию наиболее высокой массы 1000 семян (109,5 г) и увеличению содержания протеина в семенах на 0,6–2,3 %, что позволило сформировать наибольшую урожайность (2,01 т/га) и сбор протеина (608 кг/га). Возделывание сои с применением технологии прямого посева способствовало получению урожая по уровню сопоставимого со вспашкой (2,00 т/га) благодаря формированию максимального числа зерен на растении (33,6 шт./раст.) и единице площади (2471 шт./м^2). При этом максимальная масличность зерна (23,4 %) обеспечила наибольший сбор масла (402 кг/га), что, по сравнению со вспашкой, не имело существенной прибавки. При минимизации основной обработки почвы с применением комбинированной и поверхностной обработки относительно вспашки отмечалось увеличение засоренности посевов в критический период для роста и развития сои, снижение числа зерен на 289–467 шт./м^2 и в среднем на 1 растении на 3,1–5,5 шт., массы 1000 семян – на 8,7–11,2 г, что отразилось понижением урожайности зерна на 15,5–19,5 %, содержания в нем протеина на 0,6–0,8 % и в конечном итоге, сокращением сбора протеина на 102–129 кг/га, масла – на 60–75 кг/га.

Работа выполнена по теме государственного задания FGZU-2019-0002.

Литература

1. Белявская Л. Г., Белявский Ю. В., Диянова А. А. Оценка экологической стабильности и пластичности сортов сои // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 4. С. 42–48. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11048.

2. Лукомец В. М., Кочегура А. В., Баранов В. Ф., Махонин В. Л. Соя в России – действительность и возможности. Краснодар: ВНИИМК, 2013. 99 с.

3. Кузыченко Ю. А., Кулинцев В. В., Кобозев А. К. Эффективность обработки почвы в севооборотах на различных типах почв Центрального Предкавказья // Земледелие. 2017. № 4. С. 19–22.

4. Medvedev E. B. The impact of soil cultivation methods and fertilizers on the soil fertility performance and crop yields under the conditions of the northern part of the Donetsk Highland // The Scientific Journal Grain Crops. 2018. Vol. 2. No. 2. P. 314–323. DOI: 10.31867/2523-4544/0042.

5. Fernandez R., Frasier I., Noellemeyer E., Quiroga A. Soil quality and productivity under zero tillage and grazing on Mollisols in Argentina - a long-term study // Geoderma Regional. 2017. Vol. 11. P. 44–52. DOI: 10.1016/j.geodrs.2017.09.002.

6. Komissarov M. A., Klik A. The impact of no-till, conservation, and conventional tillage systems on erosion and properties in Lower Austria // Eurasian Soil Science. 2020. Vol. 53. No. 4. P. 503–511. DOI: 10.1134/S1064229320040079.

7. Gao L., Wang B., Li S., Wu H., Wu X., Liang G., Gong D., Zhang X., Cai D., Degre A. Soil wet aggregate distribution and pore size distribution under different tillage systems after 16 years in the Loess Plateau of China // Catena. 2019. Vol. 173. P. 38–47. DOI: 10.1016/j.catena.2018.09.043.

8. Morrison M. J. Cober E. R., Gregorich E. G., Voldeng H. D., Ma B., Topp G. C. Tillage and crop rotation effects on the yield of corn, soybean, and wheat in eastern Canada // Can. J. Plant Sci. 2018. Vol.98. No.1. P. 183–191. DOI: 10.1139/CJPS-2016-0407.

9. Васюков П. П., Лесовая Г. М., Чуварлеева Г. В., Мнатсаканян А. А., Быков О. Б. Оценка изменения плодородия чернозема выщелоченного Краснодарского края в зависимости от систем основной обработки почвы // Плодородие. 2018. № 3. С. 17–20.

10. Новиков В. М. Формирование продуктивной влаги водопотребление зернобобовыми и крупяными культурами под действием способов обработки почвы и удобрений // Зернобобовые и крупяные культуры. 2014. № 1. С. 84–91.

11. Орехов Г. И., Бушнев А. С. Способы основной обработки почвы под сою в регионах России (обзор) // Масличные культуры. 2019. №.1 (177). С. 124–131. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-1-177-124-131.

12. Савенков В. П., Хрюкин Н. Н., Епифанцева А. М. Урожай и качество семян сои в зависимости от способа основной обработки почвы // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. №.1 (173). С. 55–60. DOI: 10.25230/2412-608X-2018-1-173-55-60.

13. Шабалкин А. В., Воронцов В. А., Скорочкин Ю. П. Влияние обработки почвы в комплексе с применением удобрений и гербицидов на урожайность, качество семян сои и экономическую эффективность // Масличные культуры. 2019. № 1 (177). С. 55–59. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-1-177-55-59.

14. Зинченко В. Е., Гринько А. В., Кулыгин В. А., Вошедский Н. Н. Особенности возделывания сои на обыкновенных черноземах Ростовской области // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 12. С. 12–14. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11203.

15. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / Под общ. ред. В. М. Лукомца/ Краснодар: ВНИИМК, 2010. 327 с.

16. Васильев И. П., Туликов А. М., Баздырев Г. И., Захаренко А. В., Сафонов А. Ф. Практикум по земледелию. М.: Колос С, 2004. 424 с.

17. Ченкин А. Ф., Захаренко В. А., Белозерова Г. С. Фитосанитарная диагностика. М.: Колос, 1994. 320 с.

References

1. Bilyavska L. G., Belyavskiy Yu. V., Diyanova A. A. Estimation of environmental stability and plasticity of soybean varieties // Zernobobovye i krupânye kul'tury (Legumes and Groat Crops). 2018. No. 4. P. 42–48. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11048.

2. Lukomets V. M., Kochegura A. V., Baranov V. F., Makhonin V. L. Soybean *(Glycine max)* in Russia – reality and opportunities. Krasnodar: V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops (VNIIMK), 2013. 99 p.

3. Kuzychenko Yu. A., Kulintsev B. B., Kobozev A. K. Efficiency of soil cultivation in crop rotations on various types of soils of the Fore-Caucasus // Zemledelie. 2017. No. 4. P. 19–22.

4. Medvedev E. B. The impact of soil cultivation methods and fertilizers on the soil fertility performance and crop yields under the conditions of the northern part of the Donetsk Highland // The Scientific Journal Grain Crops. 2018. Vol. 2. No. 2. P. 314–323. DOI: 10.31867/2523-4544/0042.

5. Fernandez R., Frasier I., Noellemeyer E., Quiroga A. Soil quality and productivity under zero tillage and grazing on Mollisols in Argentina – a long-term study // Geoderma Regional. 2017. Vol. 11. P. 44–52. DOI: 10.1016/j.geodrs.2017.09.002.

6. Komissarov M. A., Klik A. The impact of no-till, conservation, and conventional tillage systems on erosion and properties in Lower Austria // Eurasian Soil Science. 2020. Vol. 53. No. 4. P. 503–511. DOI: 10.1134/S1064229320040079.

7. Gao L., Wang B., Li S., Wu H., Wu X., Liang G., Gong D., Zhang X., Cai D., Degre A. Soil wet aggregate distribution and pore size distribution under different tillage systems after 16 years in the Loess Plateau of China // Catena. 2019. Vol. 173. P. 38–47. DOI: 10.1016/j.catena.2018.09.043.

8. Morrison M. J. Cober E. R., Gregorich E. G., Voldeng H. D., Ma B., Topp G. C. Tillage and crop rotation effects on the yield of corn, soybean, and wheat in eastern Canada // Can. J. Plant Sci. 2018. Vol.98. No.1. P. 183–191. DOI: 10.1139/CJPS-2016-0407.

9. Vasyukov P. P., Lesovaya G. M., Chuwarileeva G. V., Mnatsakanyan A. A., Bykov O. B., Mukhina M. T. Evaluation of leached chernozem fertility changes in Krasnodar Krai as a function of tillage system // Plodorodie. 2018. No. 3. P. 17–20.

10. Novikov V. M. Formation of productive moisture and water consumption by leguminous and groat crops under the influence of methods of soil cultivation and fertilizings // Zernobobovye i krupyanye kul'tury (Legumes and Groat Crops). 2014. No. 1. P. 84–91.

11. Orekhov G. I., Bushnev A. S. Methods of soil tillage under soybean in regions of Russia (review) // Oil Crops. 2019. No.1 (177). P. 124–131. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-1-177-124-131.

12. Savenkov V. P., Khryukin N. N., Epifantseva A. M. The yield and quality of soybean seeds depending on the methods of primary soil treatment // Oil Crops. 2018. No. 1 (173). P. 55–60. DOI: 10.25230/2412-608X-2018-1-173-55-60.

13. Shabalkin A. V., Vorontsov V. A., Skorochkin Yu. P. The effect of soil treatment in combination with fertilizer and herbicide application on yield and quality of soybean seeds and economic efficiency // Oil Crops. 2019. No.1 (177). P. 55–59. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-1-177-55-59.

14. Zinchenko V. E., Grinko A. V., Kulygin V. A., Vasetsky N. N. Peculiarities of soybean cultivation on ordinary chernozem in the Rostov Region // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2018. No.12. P. 12–14. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11203.

15. Methodology of agronomic field experiments with oil crops // Under general editorship of Lukomets V. M. Krasnodar: V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops (VNIIMK), 2010. 327 p.

16. Vasiliev I. P., Tulikov A. M., Bazdyrev G. I., Zakharenko A. V., Safonov A. F. Laboratory manual for agronomy. Moscow: Kolos S, 2004. 424 p.

17. Chenkin A. F., Zakharenko V. A., Belozerova G. S. Phytosanitary diagnostics. Moscow: Kolos, 1994. 320 p.

UDC 631.51.01:632.51:633.853.52

Morozov A. N., Dubovik D. V., Ilyin B. S.

INFLUENCE OF PRIMARY TILLAGE METHODS ON SOYBEAN WEED INFESTATION, YIELD AND GRAIN QUALITY

Summary. *In soybean cultivation, soil tillage methods are of great importance. The purpose of the research was to assess the degree of Glycine max crops weed infestation and its impact on the yield and grain quality formation depending on the basic tillage method under conditions of the Kursk Region. The studies were carried out in 2020-2021 in the field stationary experiment located in the experimental site of the Federal Agricultural Kursk Research Center in the second cycle of the grain crop rotation: pea – winter wheat – soybean – barley. The experimental design included the following options: plowing with a turnover of soil layer to a depth of 20–22 cm; 20–22 cm deep combined tillage (disking + chiseling); surface tillage (disking up to 8 cm); direct sowing. In the course of the research, we revealed that the minimum air-dry mass of weeds was observed in soybean crops, where the basic tillage method was plowing. In the variant with combined treatment, their mass was 1.4 times higher compared to the above option;*

surface treatment – 1.9 times; direct sowing – 1.3 times. Minimization of primary tillage with the use of combined and surface tillage methods increased the weediness by 74.3% and 54.5%, reduced the number of grains by 289–467 pcs./m^2 and, on average, per one plant by 3.1–5.5 pcs., the weight of 1000 grains by 8.7–11.2 g compared to plowing. The highest soybean yield (2.01 t/ha) and protein yield (608 kg/ha) were obtained in the variant "plowing". Direct sowing made it possible to obtain the yield at the level of the variant with plowing (2.00 t/ha) due to the formation of the maximum number of grains per plant (33.6 pcs./plant) and per area unit (2471 pcs./m^2). At the same time, in this variant, oil content of grain was maximum (23.4%) and, accordingly, provided the highest oil yield (402 kg/ha).

Keywords: *soybean (Glycine max), plowing, combined tillage, surface tillage, direct sowing, weed infestation, yield, yield formula, grain quality.*

Морозов Александр Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»; г. Курск, ул. Карла Маркса, 70 б, 305021, Россия; e-mail: alex.morozoff76@yandex.ru.

Дубовик Дмитрий Вячеславович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, главный научный сотрудник; ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск, ул. Карла Маркса, 70 б, 305021, Россия; e-mail: dubovikdm@yandex.ru.

Ильин Борис Сергеевич, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»; г. Курск, ул. Карла Маркса, 70 б, 305021, Россия; e-mail: kniiapp@mail.ru.

Morozov Aleksandr Nikolaevich, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher, FSBSI "Federal Agricultural Kursk Research Center"; 70b, Karl Marks str., 305021, Russia; e-mail:alex.morozoff76@yandex.ru.

Dubovik Dmitry Vyacheslavovich, Dr. Sc. (Agr.), professor RAS, chief researcher, FSBSI "Federal Agricultural Kursk Research Center"; 70b, Karl Marks str., Kursk, 305021, Russia; e-mail: dubovikdm@yandex.ru.

Ilyin Boris Sergeevich, senior researcher, FSBSI "Federal Agricultural Kursk Research Center"; 70b, Karl Marks str., Kursk, 305021, Russia; e-mail: kniiapp@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 28.02.2022.
Дата принятия к печати – 25.03.2022.

УДК 633.11:631.52
EDN OFDLZP

Некрасов Е. И., Марченко Д. М., Иванисов М. М., Некрасова О. А.

ОЦЕНКА АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВУ ЗЕРНА

ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»

Реферат. *Ограниченность агроклиматических ресурсов Ростовской области делает актуальным создание и выращивание сортов озимой мягкой пшеницы, обеспечивающих стабильное производство зерна высокого качества. Это определяет необходимость мобилизации адаптивного потенциала растений, проведения селекции на адаптивность и стабильность, использование сорта в соответствующих его требованиям почвенно-климатических зонах. В статье изложены результаты изучения урожайности и показателей качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы по предшественнику подсолнечник. Целью исследований являлась оценка адаптивного потенциала сортов озимой мягкой пшеницы по урожайности и качеству зерна в условиях южной зоны Ростовской области для дальнейшего отбора наиболее устойчивых сортов. Работу проводили в 2019–2021 гг. в соответствии с рекомендациями, изложенными в зональной системе земледелия Ростовской области. Предшественник – подсолнечник. Материалом для изучения послужили 14 сортов озимой мягкой пшеницы (Triticum aestivum L.) селекции Аграрного научного центра «Донской». Установлено, что по урожайности достоверно превысили стандарт Дон 107 сорта Ермак, Аюта, Лилит, Золотой колос и Вольный Дон, сформировавшие 5,07–5,35 т/га. Высокая экологическая устойчивость урожайности отмечена у сортов Золотой колос (Cv = 8,05 %), Аюта (Cv = 4,06 %) и Полина (Cv = 3,31 %). Выявлены сорта с наибольшим содержанием белка в зерне – Лидия (15,40 %), Краса Дона (15,42 %) и Подарок Крыму (15,68 %); с наибольшим содержанием клейковины в зерне – Аюта, Краса Дона и Подарок Крыму (27,4 %; 27,9 % и 28,1 %). Установлена высокая экологическая устойчивость содержания белка в зерне у сортов Полина, Золотой Колос и Лидия (Cv = 4,85; 1,66; 1,35%); количества клейковины – у сортов Краса Дона, Подарок Крыму и Капризуля (Cv = 4,37; 3,09; 1,15 %).*

Ключевые слова: *озимая мягкая пшеница (Triticum aestivum L.), урожайность, содержание белка, содержание клейковины.*

Для цитирования: *Некрасов Е. И., Марченко Д. М., Иванисов М. М., Некрасова О. А. Оценка адаптивного потенциала сортов озимой мягкой пшеницы по урожайности и качеству зерна // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 2 (30). С.. EDN: OFDLZP.*

For citation: *Nekrasov E. I., Marchenko D. M., Ivanisov M. M., Nekrasova O. A. Estimation of adaptive potential of winter bread wheat varieties according to productivity and grain quality // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 2(30). P. EDN: OFDLZP.*

Введение

Производство зерна – основа для всей сельскохозяйственной отрасли нашей страны. Озимым зерновым культурам принадлежит ведущая роль в увеличении производства зерна, так как они могут эффективнее использовать зимние и ранневесенние запасы влаги, их растения способны избегать гибели под воздействием температурного стресса по сравнению с яровыми зерновыми культурами [1, 2]. Ограниченность агроклиматических ресурсов Ростовской области делает актуальным создание и выращивание сортов озимой мягкой пшеницы, обеспечивающих стабильное производство зерна высокого качества. Это определяет

необходимость мобилизации адаптивного потенциала растений, проведение селекции на адаптивность и стабильность, использование сорта в соответствующих его требованиям почвенно-климатических зонах [3, 4].

Выбор сорта в значительной степени определяет зональные технологии возделывания, величину урожая, химический состав зерна и энергоэкономичность получаемой продукции [5, 6].

Для эффективной реализации селекционных программ, направленных на повышение урожайности и улучшение технологических качества зерна необходимо изучать закономерности наследования желаемых признаков, комбинационную способность, адаптивность к условиям выращивания у сортов, вовлекаемых в гибридизацию, и на этой основе осуществлять подбор родительских пар. Предшественник, по которому будут возделывать сорта, также может повлиять на формирование урожайности и качества зерна озимой мягкой пшеницы [7, 8]. Известно, что пропашные предшественники иссушают почву, это влияет на реализацию потенциала урожайности и качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы. Важным аспектом при селекции данной культуры является отбор генотипов, способных адаптироваться к неблагоприятным условиям возделывания [7].

Актуальным направлением исследований является создание и внедрение в производство сортов озимой мягкой пшеницы с высоким потенциалом продуктивности и качества зерна, хорошо адаптированных и способных сохранять эти свойства при изменяющихся условиях выращивания [9–12].

Цель исследований – оценка адаптивного потенциала сортов озимой мягкой пшеницы по урожайности и качеству зерна в условиях южной зоны Ростовской области для дальнейшего отбора наиболее устойчивых сортов.

Материал и методы исследования

Предметом исследований послужили 14 сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ Аграрный научный центр «Донской». Работу проводили в 2019–2021 гг. на поле отдела селекции и семеноводства озимой пшеницы. Предшественник – подсолнечник. Стандартом был сорт озимой пшеницы Дон 107. Технологические приемы возделывания озимой мягкой пшеницы осуществляли в соответствии с рекомендациями, изложенными в зональной системе земледелия Ростовской области [13].

Почва опытного участка характеризуется, как чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый, мощный, с высокой карбонатностью (2,5–4,0 % $CaCO_3$); гумуса – 3,3 %(по Тюрину, ГОСТ 26213-91); подвижного фосфора и калия – 20–23 мг/кг и 300–380 мг/кг почвы(по Мачигину, ГОСТ 26205–91) соответственно.

Для климата данной сельскохозяйственной зоны типично полузасушливое жаркое лето и умеренно мягкая зима. Сумма положительных температур за вегетационный период растений составляет в среднем 3450 °С, среднегодовая температура воздуха составляет 9,7 °С; при среднемноголетнем количестве осадков 588,8 мм [14]. Метеорологические условия во время проведения опытов были различными. В 2020 г. количество атмосферных осадков в период вегетации было значительно ниже среднемноголетних значений (на 125,1 мм), с повышенным температурным режимом (на 1,6 °С выше среднемноголетней). В 2019 и 2021 гг. также отмечен недобор осадков, но в меньших количествах (на 64,7 мм и 19,6 мм соответственно) и превышение на 1,8 °С и 2,0 °С среднесуточной температуры воздуха к среднемноголетней норме.

Содержание белка в зерне определяли по ГОСТ 10846–91, содержание клейковины – по ГОСТ 54478–2011.

Фактор фенотипической стабильности признаков SF определяли, как отношение наиболее высокого значения признака к наиболее низкому, которое показал признак в варьирующих условиях среды, рассчитывали по Lewis D.

[15].Экологическую устойчивость признаков (Cv, %) и математическую обработку данных (дисперсионный анализ) проводили по методике Б. А. Доспехова [16].

Результаты и их обсуждение

В среднем за изучаемый период урожайность по сортам озимой мягкой пшеницы изменялась от 4,72 т/га (Премьера) до 5,35 т/га (Вольный Дон), у стандартного сорта Дон 107 она составила 4,75 т/га. Достоверно по этому признаку превысили стандарт ($НСР_{05}$ = 0,30 т/га) сорта Ермак, Аюта, Лилит, Золотой колос и Вольный Дон, сформировавшие урожайность 5,07–5,35 т/га (таблица 1).

Выявлены сорта Золотой колос, Аюта и Полина с повышенной устойчивостью к стрессу при формировании урожайности зерна (min-max = −0,85 т/га; −0,37 т/га и −0,32 т/га). Наибольшая степень соответствия между генотипом сорта и условиями внешней среды при формировании изучаемого признака установлена у сортов Изюминка, Лидия, Лилит, Золотой колос и Вольный Дон (5,14–5,49 т/га) (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Результаты изучения адаптивного потенциала сортов озимой мягкой пшеницы по урожайности (среднее за 2019–2021 гг.)

Сорт	Урожайность, т/га					Cv, %	SF
	среднее	min	max	min-max	(min + max)/2		
Дон 107 (St.)	4,75	4,04	5,54	−1,50	4,79	15,83	1,37
Ермак	5,07	4,30	5,75	−1,45	5,03	14,38	1,34
Изюминка	5,02	4,52	5,76	−1,24	5,14	13,07	1,27
Лидия	5,04	4,42	5,96	−1,54	5,19	16,17	1,35
Капризуля	4,88	4,16	5,94	−1,78	5,05	19,21	1,43
Лилит	5,11	4,23	6,43	−2,20	5,33	22,78	1,52
Краса Дона	4,90	4,01	6,14	−2,13	5,08	22,55	1,53
Вольный Дон	5,35	4,78	6,20	−1,42	5,49	14,07	1,30
Жаворонок	4,95	4,06	6,00	−1,94	5,03	19,77	1,48
Полина	4,84	4,69	5,01	−0,32	4,85	3,31	1,07
Подарок Крыму	4,78	3,57	6,08	−2,51	4,83	26,28	1,70
Премьера	4,72	3,38	5,54	−2,16	4,46	24,76	1,64
Золотой колос	5,28	4,85	5,70	−0,85	5,28	8,05	1,18
Аюта	5,07	4,83	5,20	−0,37	5,02	4,06	1,08
$НСР_{05}$	0,30						

Высокая экологическая устойчивость по урожайности отмечена у сортов Золотой колос (Cv = 8,05 %), Аюта (Cv = 4,06 %) и Полина (Cv = 3,31 %). Данные генотипы выделились и по фенотипической стабильности (SF = 1,18; 1,08; 1,07).

Одним из важных биохимических показателей, который влияет на технологические свойства муки, теста и питательную ценность конечного продукта является содержание белка в зерне.Варьирование количества белка в зерне сортов озимой мягкой пшеницы по предшественнику подсолнечник было отмечено в пределах от 14,00 % (Дон 107) до 15,68 % (Подарок Крыму) (таблица 2).

Анализ полученных данных показал, что наибольшее содержание белка в зерне зафиксировано у сортов Лидия (15,40 %), Краса Дона (15,42 %) и Подарок Крыму (15,68 %). Сорта Полина, Золотой колос и Лидия характеризовались высокой устойчивостью к стрессу при накоплении белка (min-max = 1,26 %, 0,49 % и 0,38 % соответственно). Наибольшая степень соответствия между генотипом и факторами среды установлена у сортов Лидия, Лилит, Краса Дона и Подарок Крыму (15,45; 15,16; 15,60; 15,68 % соответственно).

Высокую экологическую устойчивость по признаку «содержание белка в зерне» за годы изучения показали сорта: Полина (Cv = 4,85 %), Золотой колос (Cv = 1,66 %) и Лидия (Cv = 1,35 %). По фенотипической стабильности данного

признакавыделяются генотипы Полина, Золотой колос и Лидия (SF = 1,09; 1,03; 1,02) (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Результаты изучения адаптивного потенциала сортов озимой мягкой пшеницы по содержанию белка в зерне (среднее за 2019–2021 гг.)

Сорт	Содержание белка в зерне, %					Cv, %	SF
	среднее	min	max	min-max	(min + max)/2		
Дон 107 (St.)	14,00	12,55	15,08	−2,53	13,82	9,32	1,20
Ермак	15,22	14,15	16,02	−1,87	15,08	6,32	1,13
Изюминка	14,68	13,96	15,44	−1,48	14,70	5,04	1,11
Лидия	15,40	15,26	15,64	−0,38	15,45	1,35	1,02
Капризуля	14,87	14,19	15,89	−1,70	15,04	6,02	1,12
Лилит	14,92	14,20	16,11	−1,91	15,16	6,94	1,13
Краса Дона	15,42	14,62	16,57	−1,95	15,60	6,64	1,13
Вольный Дон	14,61	13,93	15,42	−1,49	14,68	5,17	1,11
Жаворонок	14,93	14,00	15,58	−1,58	14,79	5,53	1,11
Полина	14,65	14,21	15,47	−1,26	14,84	4,85	1,09
Подарок Крыму	15,68	14,65	16,70	−2,05	15,68	6,54	1,14
Премьера	14,62	13,07	15,53	−2,46	14,30	9,22	1,19
Золотой колос	14,76	14,53	15,02	−0,49	14,77	1,66	1,03
Аюта	14,63	12,96	15,70	−2,74	14,33	10,01	1,21
$НСР_{05}$	0,78						

Другим не менее важным показателем качества является содержание клейковины в зерне. Клейковина – это комплекс белковых веществ зерна, способных при набухании в воде образовывать связную эластичную массу.Содержание этого вещества в зерне и муке в большой степени лимитирует получение и качество хлебных изделий. В среднем за годы изучения количество клейковины в зерне сортов пшеницы по предшественнику подсолнечник изменялось от 24,04 % (Дон 107) до 28,07 % (Подарок Крыму).

Выявлены сорта с высокой устойчивостью к стрессу при формировании клейковины в зерне: Полина, Подарок Крыму, Капризуля (min-max = 2,23 %;1,53 % и 0,53 % соответственно). Наибольшая степень соответствия между генотипом сорта и условиями внешней среды при формировании признака «содержание клейковины в зерне» установлена у сортов озимой мягкой пшеницы Подарок Крыму, Аюта и Краса Дона (28,31; 28,15; 28,11 % соответственно) (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты изучения адаптивного потенциала сортов озимой мягкой пшеницы по содержанию клейковины в зерне(среднее за 2019–2021 гг.)

Сорт	Содержание клейковины в зерне, %					Cv, %	SF
	среднее	min	max	min-max	(min + max)/2		
Дон 107 (St.)	24,04	20,80	27,81	-7,01	24,31	14,71	1,34
Ермак	27,02	25,18	29,60	-4,42	27,39	8,52	1,18
Изюминка	25,81	24,99	27,29	-2,30	26,14	4,99	1,09
Лидия	27,03	24,91	28,53	-3,62	26,72	6,98	1,15
Капризуля	26,72	26,54	27,07	-0,53	26,81	1,15	1,02
Лилит	27,11	25,97	28,69	-2,72	27,33	5,21	1,10
Краса Дона	27,91	26,94	29,28	-2,34	28,11	4,37	1,09
Вольный Дон	26,21	25,10	27,41	-2,31	26,26	4,42	1,09
Жаворонок	26,64	24,89	28,91	-4,02	26,90	7,74	1,16
Полина	25,64	24,49	26,72	-2,23	25,61	4,36	1,09
Подарок Крыму	28,07	27,54	29,07	-1,53	28,31	3,09	1,06
Премьера	25,86	23,47	29,92	-6,45	26,70	13,67	1,27
Золотой колос	25,15	21,49	28,24	-6,75	24,87	13,56	1,31
Аюта	27,39	24,79	31,51	-6,72	28,15	13,17	1,27
$НСР_{05}$	1,82						

Высокая экологическая устойчивость изучаемого признака, отражаемая параметром Cv, отмечена у сортов Краса Дона (Cv = 4,37 %), Подарок Крыму (Cv = 3,09 %) и Капризуля (Cv = 1,15 %). Самая высокая фенотипическая стабильность, отражаемая параметром SF, зафиксирована у генотипов Подарок Крыму и Капризуля (SF = 1,06 и 1,02).

Выводы

В результате проведённых исследований установлено, что по предшественнику подсолнечникдостоверно по урожайности превысили стандарт Дон 107 (4,75 т/га) сорта Ермак, Аюта, Лилит, Золотой колос и Вольный Дон, сформировавшие 5,07–5,35 т/га. Высокая экологическая устойчивость урожайности отмечена у сортов Золотой колос (Cv = 8,05 %), Аюта (Cv = 4,06 %) и Полина (Cv = 3,31 %).

Выявлены сорта с максимальным содержанием белка в зерне – Лидия (15,40 %), Краса Дона (15,42 %) и Подарок Крыму (15,68 %); с наибольшим содержанием клейковины в зерне – Аюта, Краса Дона и Подарок Крыму (27,39 %; 27,91 % и 28,07 %). Установлена высокая экологическая устойчивость содержания белка в зерне у сортов Полина, Золотой Колос и Лидия (Cv = 4,85; 1,66; 1,35 %); количества клейковины – у сортов Краса Дона, Подарок Крыму и Капризуля (Cv = 4,37; 3,09; 1,15 %).

Литература

1. Rehman A. L., Jingdong L. A., Shahzad B. P., Chandio A. A., Hussain I. K., Nabi G., Iqbal M.Sh. Economic perspectives of major field crops of Pakistan: an empirical study // Pacific Science Review B: Humanities and Social Sciences. 2015. No. 1. P. 145–158. DOI: 10.1016/j.psrb.2016.09.002.

2. Курылева А. В. Оценка урожайности и адаптивных свойств сортов озимой пшеницы в условиях Удмуртской Республики // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 21(5). С. 503–511. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.5.503–511.

3. Сыздыкова Г. А., Середа С. В., Малицкая Н. В. Подбор сортов яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по адаптивности к условиям степной зоны Акмолинской области Казахстана // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. С. 103–110. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.103rus.

4. Vitale P., Vitale J., Epplin F. Factors affecting efficiency measures of western Great Plains wheat dominant farms // Journal of Agricultural and Applied Economics. 2019. No. 51. P. 69–103. DOI: 10.1017/aae.2018.24.

5. Грабовец А. И., Бирюков К. Н. Роль сорта в стабилизации производства зерна в широком диапазоне агроклиматических факторов // Земледелие. 2021. № 5. С. 41–45. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-5-41-45.

6. Козлов В. И. Агротехнические и селекционные слагаемые успеха внедрения мироновских сортов озимой пшеницы в СССР как основа для работы по внедрению в Сибири вновь созданных сортов, зимостойких в условиях региона // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. № 17(3). С. 541–557.

7. Абугалиева А. А., Савин Т. В. Биохимический состав и технологическая оценка зерна интрогрессивных форм озимой мягкой пшеницы с участием различных видов *Triticum* и *Aegilops* // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(3). С. 353–362. DOI: 10.18699/VJ18.371.

8. Некрасов Е. И., Марченко Д. М., Иванисов М. М., Романюкина И. В., Кирин А. В., Кравченко Н. С. Урожайность и белково-клейковинный комплекс сортов озимой мягкой пшеницы // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 4(28). С. 119–128. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-119-128.

9. Степочкин П. А. Создание и селекционное использование генофонда пшеницы и тритикале в СИБНИИРС // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. № 15(1). С. 33–36.

10. Адонина И. Г., Леонова И. Н., Бадаева Е. Д., Салина Е. А. Генотипирование сортов мягкой пшеницы разных регионов России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. № 20(1). С. 44–50. DOI: 10.18699/VJ16.107.

11. Петров Л. О., Селехов В. А. Результаты изучения сортов озимой пшеницы в условиях Нижегородской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 2(51). С. 24–28.

12. Nekrasova O. A., Kravchenko N. S., Marchenko D. M., Nekrasov E. I. Estimation of grain productivity and biochemical indicators of the winter bread wheat varieties depending on the forecrop // E3S Web of Conferences. XIV International Scientific and Practical Conference “State and Prospects for the Development of

Agribusiness – INTERAGROMASH 2021". 2021. Vol. 273. Art. No. 01027. DOI: 10.1051/e3sconf/202127301027.

13. Бондаренко С. Г., Горбаченко Ф. И., Горячев В. П. Гринько А. В, Егорова О. В., Каптулев С. И., Костылев П. И., Кравченко А. Н., Лабынцев А. В., Пасько С. В., Пахомов В. И., Рыков В. Б., Фетюхин И. В., Целуйко О. А., Шурупов В. Г. Зональные системы земледелия Ростовской области (на период 2013-2020 гг.). Ч. 2. Ростов-на-Дону: ООО «Донской издательский дом». 2013. 250 с.

14. Гриценко А. А. Агрометеорологические условия в Зерноградском районе Ростовской области (1930–2002 гг.). Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2005. 80 с.

15. Lewis D. Gene-environment interaction: a relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability // Heredity. 1954. Vol. 8. P. 333–356. DOI: 10.1038/hdy.1954.37.

16. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.

References

1. Rehman A. L., Jingdong L. A., Shahzad B. P., Chandio A. A., Hussain I. K., Nabi G., Iqbal M.Sh. Economic perspectives of major field crops of Pakistan: an empirical study // Pacific Science Review B: Humanities and Social Sciences. 2015. No. 1. P. 145–158. DOI: 10.1016/j.psrb.2016.09.002.

2. Kuryleva A. G. Assessment of yield and adaptive properties of winter wheat varieties in the Udmurt Republic conditions // Agricultural Science Euro-North-East. 2020. No. 21(5). P. 503–511. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.5.503-511.

3. Syzdykova G. T., Sereda S. G., Malitskaya N. V. Selection of spring soft wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties for the adaptability in the conditions of steppe zone of the Akmolinsk region, Kazakhstan // Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2018. Vol. 53. P. 103–110. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.103eng.

4. Vitale P., Vitale J., Epplin F. Factors affecting efficiency measures of western Great Plains wheat dominant farms // Journal of Agricultural and Applied Economics. 2019. No. 51. P. 69–103. DOI: 10.1017/aae.2018.24.

5.Grabovets A. I., Biryukov K. N. Role of the variety in the stabilization of grain production in a wide range of agroclimatic factors // Zemledelie. 2021. No. 5. P. 41–45. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-5-41-45.

6. Kozlov V. E. Agricultural and breeding prerequisites for successful introduction of mironovka winter wheat varieties in the USSR as the base for introducing new varieties resistant to Siberian winter // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2013. No. 17(3). P. 541–557.

7. Abugaliyeva A. I., Savin T. V. The wheat introgressive form evaluation by grain biochemical and technological properties // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018. No. 22(3). P. 353–362. DOI: 10.18699/VJ18.371.

8. Nekrasov E. I., Marchenko D. M., Ivanisov M. M., Romanyukina I. V., Kirin A. V., Kravchenko N. S. Productivity and protein-gluten complex of different varieties of winter bread wheat // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 4(28). P. 119–128. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-119-128.

9. Stepochkin P. I. The development of a gene pool of wheat and triticale and its use in breeding // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2012. No. 16(1). P. 33–36.

10. Adonina I. G., Leonova I. N., Badaeva E. D., Salina E.A. Genotyping of hexaploid wheat varieties from different Russian regions // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2016. No. 20(1). P. 44–50. DOI: 10.18699/VJ16.107.

11. Petrov L. K., Selekhov V. V. The results of studying of winter wheat cultivars under the conditions of the Nizhniy Novgorod region // Agricultural Science Euro-North-East. 2016. No. 2(51). P. 24–28.

12. Nekrasova O. A., Kravchenko N. S., Marchenko D. M., Nekrasov E. I. Estimation of grain productivity and biochemical indicators of the winter bread wheat varieties depending on the forecrop // E3S Web of Conferences. XIV International Scientific and Practical Conference "State and Prospects for the Development of Agribusiness –INTERAGROMASH 2021". 2021. Vol. 273. Art. No. 01027. DOI: 10.1051/e3sconf/202127301027.

13. Bondarenko S. G., Gorbachenko F. I., Goryachev V. P., Grin'ko A. V., Egorova O. V., Kaptulev S. I., Kostylev P. I., Kravchenko A. N., Labyntsev A. V., Pas'ko S. V., Pakhomov V. I., Rykov V. B., Fetyukhin I. V., Tseluiko O. A., Shurupov V. G. Zonal farming systems of the Rostov region (for the period of 2013-2020). Vol.2. Rostov-on-Don.: "Donskoy izdatelskiy dom OOO" (Limited Liability Company), 2013. 250 p.

14. Gritsenko A. A. Agrometeorological conditions in the Zernograd district of the Rostov region (1930–2002). Rostov-on-Don: "Kniga ZAO" (Close Joint-stock Company), 2005. 80 p.

15. Lewis D. Gene-environment interaction: a relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability // Heredity. 1954. Vol. 8. P. 333–356. DOI: 10.1038/hdy.1954.37.

16. Dospekhov B.A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Alliance, 2014. 351 p.

UDC 633.11:631.52

Nekrasov E. I., Marchenko D. M., Ivanisov M. M., Nekrasova O. A.

ESTIMATION OF ADAPTIVE POTENTIAL OF WINTER BREAD WHEAT VARIETIES ACCORDING TO PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY

Summary. *Due to the limited agro-climatic resources in the Rostov region, it is crucial to create and grow winter bread wheat varieties that ensure stable production of high-quality grain. This shows the necessity to mobilize the adaptive potential of plants, breed them for adaptability and stability, and cultivate varieties corresponding to the areas' soil and climatic requirements. The current paper has presented the study results of productivity and grain quality indicators of winter bread wheat varieties sown after the sunflower. The purpose of the study was to estimate the adaptive potential of winter bread wheat varieties according to productivity and grain quality in the southern part of the Rostov region for further selection of the most resistant ones. The work was carried out in 2019–2021 in the light of the recommendations set out in the Zonal Farming Systems of the Rostov Region. Fourteen winter bread wheat varieties (Triticum aestivum L.) developed by the Agricultural Research Center "Donskoy" were the objects of the study. The study has resulted in the identification of the varieties 'Ermak', 'Ayuta', 'Lilit', 'Zolotoy Kolos' and 'Volny Don', productivity of which ranged from 5.07 to 5.35 t/ha, significantly exceeding that of the standard variety 'Don 107' (4.75 t/ha). High ecological stability of productivity was noted in the varieties 'Zolotoy Kolos' (Cv = 8.05 %), 'Ayuta' (Cv = 4.06 %) and 'Polina' (Cv = 3.31 %). We also identified varieties with the highest protein content in grain; they are 'Lidiya' (15.40 %), 'Krasa Dona' (15.42 %) and 'Podarok Krymu' (15.68 %), as well as with the highest gluten content – 'Ayuta' (27.4 %), 'Krasa Dona' (27.9 %) and 'Podarok Krymu' (28.1 %). High ecological stability of protein content in grain was established in the varieties 'Polina', 'Zolotoy Kolos' and 'Lidiya' (Cv = 4.85; 1.66; 1.35 %, respectively). Varieties 'Krasa Dona', 'Podarok Krymu', and 'Kaprizulya' (Cv = 4.37; 3.09; 1.15 %) were distinguished by high ecological stability of gluten content.*

Keywords: *winter bread wheat (Triticum aestivum L.), productivity, protein content, gluten content.*

Некрасов Евгений Игоревич, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводстваозимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа, ФГБНУ «Аграрный научный центр "Донской"»; 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Научный городок 3; e-mail: 89585748977@yandex.ru.

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

Иванисов Михаил Михайлович, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лабораторииселекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа, ФГБНУ «Аграрный научный центр "Донской"»; 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Научный городок 3; e-mail: ivanisov561991@yandex.ru

Некрасова Олеся Андреевна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ФГБНУ «Аграрный научный центр "Донской"»; 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Научныйгородок 3; e-mail: nekrasova_olesya@rambler.ru.

Nekrasov Evgeniy Igorevich, Cand. Sc. (Agr.), junior researcher of the Laboratory of breeding and seed production of half-intensive winter soft wheat, SSE "Agricultural Research Center «Donskoy»"; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: 89585748977@yandex.ru.

Marchenko Dmitry Mikhailovich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the Laboratory of breeding and seed production of half-intensive winter soft wheat, SSE "Agricultural Research Center «Donskoy»"; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: wiza101@mail.ru.

Ivanisov Mikhail Mikhaylovich, Cand. Sc. (Agr.), researcher of the Laboratory of breeding and seed production of half-intensive winter soft wheat, SSE “Agricultural Research Center «Donskoy»”; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: ivanisov561991@yandex.ru.

Nekrasova Olesya Andreevna, Cand. Sc. (Agr.), researcher at the Laboratory of biochemical assessment of breeding material and grain quality, SSE “Agricultural Research Center «Donskoy»”; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: nekrasova_olesya@rambler.ru.

Дата поступления в редакцию – 25.03.2022
Дата принятия к печати – 16.04.2022

УДК 631.31
EDN OQLNVK

Пархоменко Г. Г.[1], Божко И. В.[1], Камбулов С. И.[1,2], Бабенко О. С.[2]

КАЧЕСТВО МИНИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПЛОСКОРЕЗНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

[1]ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»;
[2]ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

Реферат. *Интенсификация сельского хозяйства приводит к физической деградации почвы, вызванной чрезмерным воздействием рабочих органов и средств механизации на обрабатываемую среду. Ресурсосберегающие приёмы обработки почвы способствуют поддержанию продуктивности агроэкосистемы. К таким приёмам относится минимальная обработка почвы. Цель исследований – определить влияние рабочего органа для минимальной обработки почвы на её качество. Исследования проведены в отделе механизации растениеводства Аграрного научного центра «Донской» в 2020–2021 гг. Измерения глубины обработки выполняли щуп-линейкой по следу прохода стоек рабочих органов, погружая её в почву до необработанного слоя. Количество измерений по каждому учетному проходу составляло не менее 50. Погрешность измерения глубины составила ±1 см. Высоту гребня измеряли с помощью рейки и линейки в четырехкратной повторности (две по ходу движения агрегата и две – обратно). Погрешность измерения – ±0,5 см. Число измерений в каждой повторности не менее 10. Рабочий орган соответствует агротехническим требованиям. Среднеквадратическое отклонение глубины составило ±0,45–2,0 см, что не превышает допускаемого (до 2,0 см). Высота гребней незначительная: 3,8–4,0 см, не выходит за пределы допускаемого по агротехническим требованиям (до 4 см), предъявляемым к рабочим органам для мелкой обработки почвы. Коэффициент вариации (2,53–15,21 %) свидетельствует о незначительном разбросе относительно среднего значения глубины обработки почвы рабочим органом. Рабочий орган в составе комбинированного агрегата может выполнять работы по подготовке почвы под озимые после уборки предшественников, по уходу за паром, включая предпосевную обработку.*

Ключевые слова: *рабочий орган, минимальная обработка почвы, плоскорез, гребнистость, равномерность глубины обработки.*

Для цитирования: *Пархоменко Г. Г., Божко И. В., Камбулов С. И., Бабенко О. С. Качество минимальной обработки почвы плоскорезным рабочим органом // Таврический вестник аграрнойнауки. 2022. № 2(30). С. 94–102. EDN: OQLNVK.*

For citation: *Parkhomenko G. G., Bozhko I. V., Kambulov S. I., Babenko O. S. Quality of minimum tillage with a flat-cutting working body // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 2(30). P. 94–102. EDN: OQLNVK.*

Введение

Интенсификация сельского хозяйства способствует увеличению производства продуктов питания и устранению последствий изменения климата [1]. Изменение климата выражается в усилении засух в сельскохозяйственных регионах, что угрожает глобальной продовольственной безопасности [2, 3]. В случаях, когда дополнительных мер по адаптации сельского хозяйства к последствиям глобального изменения климата не требуется, влияние антропогенного фактора, проявляющееся в увеличении потребностей населения в условиях ограниченных ресурсов биосферы,

потребует в агроэкосистемах применения ресурсосбережения [4]. Вместе с этим интенсификация сельского хозяйства приводит к физической деградации почвы, вызванной чрезмерным воздействием рабочих органов и средств механизации на обрабатываемую среду [5].

Существующие концепции оценки деградации [6], формулирующие основные представления о её причинах и последствиях, а также методологические положения по изучению протекания деградационных процессов [7] предусматривают введение оценочных показателей продуктивности агроэкосистемы в условиях интенсификации сельского хозяйства [8].

Установлено, что ресурсосберегающие приёмы обработки почвы способствуют поддержанию продуктивности агроэкосистемы [9]. К таким приёмам можно отнести минимальную обработку почвы, которая позволяет снизить эрозионные процессы на 36 % [10]. При этом обеспечивается более высокое содержание питательных веществ, ила и глины, а также лучшая водопроницаемость почвы и водостойкость почвенных агрегатов [11]. Минимизация обработки почвы привела к увеличению средневзвешенного диаметра водостойких агрегатов [12].

Водостойкость [13, 14] агрегатов почвы южных чернозёмов в основном обусловлена содержанием кальция независимо от типа обработки почвы, минерализация которого способствует развитию микроагрегации, аналогично протеканию процесса в природных ценозах [15].

При этом не следует противопоставлять минимальную и нулевую технологии обработки почвы. Полученные данные [16] свидетельствуют о разной направленности и интенсивности биологических процессов чернозёмов в условиях нулевой и традиционной технологий обработки почвы.

Принято считать, что обработка почвы связана с повышенной минерализацией почвенного органического углерода, но в последнее время это утверждение является спорным [17]. Так, согласно данным [18] установлено, что на глубине 5–15 см наблюдалась более высокая доступность азота, которая увеличивала потенциал минерализации микробной биомассы и органического азота внутри пласта при традиционной обработке почвы.

При этом, согласно данным [19], варианты с нулевой и традиционной обработкой почвы не показывают статистически значимых различий в содержании азота. Нулевая обработка отрицательно повлияла на пористость и водостойкость агрегатов почвы в слое 10–20 см [1].

Необходимы исследования о влиянии воздействия рабочих органов и средств механизации обработки почвы на её качество [20, 21]. В глобальном масштабе существуют значительные возможности для внедрения приёмов ресурсосбережения, что подтверждает необходимость дополнительных исследований в данном направлении [22].

Цель исследований – определить влияние рабочего органа для минимальной обработки почвы на её качество.

Материалы и методы исследований

Исследования проведены в отделе механизации растениеводства ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”» в 2020–2021 гг.

Объект исследования: технологический процесс минимальной обработки почвы плоскорезным рабочим органом.

Предмет исследования: влияние плоскорезного рабочего органа на качество выполнения технологического процесса минимальной обработки почвы.

Рабочий орган для минимальной обработки почвы представляет собой плоскорезную лапу в виде двух лемехов, соединённых с долотом, установленных на

вертикальной стойке (рисунок 1). В настоящее время формируется заявка на полезную модель в Федеральный Институт Промышленной Собственности для получения статуса правовой охраны по вышеуказанному рабочему органу.

Измерения глубины обработки выполняли щуп-линейкой по следу прохода стоек рабочих органов, погружая её в почву до необработанного слоя. Количество измерений по каждому учетному проходу составляло не менее 50. Погрешность измерения глубины составила ±1 см. Результаты обрабатывали статистическим методом с получением среднеарифметического значения глубины, стандартного отклонения, коэффициента вариации с округлением до первого десятичного знака. Допускается измерять глубину обработки почвы с применением любых средств измерений, обеспечивающих соответствующую погрешность измерения.

Рисунок 1 – Рабочий орган для минимальной обработки почвы

Гребнистость поверхности почвы характеризует средняя высота гребня. Высоту гребня измеряли с помощью рейки и линейки в четырехкратной повторности (две по ходу движения агрегата и две – обратно). После прохода агрегата по ширине захвата накладывали рейку на вершину гребней в местах, выбранных случайным образом. Измерения проводили от дна борозды между гребнями до нижней грани рейки. Погрешность измерения ±0,5 см. Число измерений в каждой повторности не менее 10. По полученным результатам вычисляли среднее арифметическое значение с округлением до целого числа.

Измерение показателей осуществляли на трёх установочных глубинах мелкой обработки почвы: 8; 12 и 16 см.

Режим работы устанавливали по установочной скорости трактора на соответствующей передаче: 6,84; 8,20 и 11,37 км/ч. Более точное значение скорости агрегата, необходимое для энергетической оценки, определяли посредством измерения времени прохождения зачётного участка.

В качестве фона рассматривали дискованную стерню озимой пшеницы и стерню без предварительной обработки почвы.

Результаты и их обсуждение

Минимальная обработка почвы предусматривает сокращение числа проходов по полю средств механизации и, как следствие, уменьшение воздействия рабочих органов на обрабатываемую среду. Поэтому рабочий орган должен выполнять не только основную обработку почвы под соответствующую культуру, но и предпосевную. Качество предпосевной обработки почвы характеризуется выровненностью

поверхности поля, которая определяется равномерностью глубины хода рабочего органа и высотой гребней (гребнистостью). Поэтому в качестве оценочных показателей качества вышеупомянутые равномерность глубины хода и гребнистость были приняты за основу при условии выполнения агротехнических требований, предъявляемых к рабочим органам для мелкой обработки почвы (8–16 см).

Установлено высокое качество крошения пласта рабочим органом для минимальной обработки почвы: наблюдается преобладание фракций размером менее 25 мм (81–86 % при требуемом не менее 80 %).

Кроме этого, рабочий орган способствует снижению содержания эрозионно-опасных частиц в верхнем слое почвы (0–5 см) и сохраняет имеющуюся влагу внутри пласта, не вынося ее на поверхность поля.

Равномерность глубины хода и гребнистость обработки почвы рабочим органом представлены в таблицах 1, 2.

Диапазон значений показателей обусловлен изменением параметров рабочего органа.

Таблица 1 – Результаты исследования равномерности глубины хода и гребнистости обработки почвы рабочим органом (фон – дискованная стерня озимой пшеницы)

Показатель					
заданная скорость, км/ч	заданная глубина, см	фактическая глубина, см	среднеквадратическое отклонение глубины, ±см	коэффициент вариации глубины, %	гребнистость, см
6,84	8,0	8,6–9,8	0,45–0,89	4,56–10,40	3,7–4,0
	12,0	12,6–13,6	0,45–0,89	3,41–7,06	3,6–4,0
	16,0	16,8–17,8	0,45–2,0	2,53–11,63	3,9–4,0
8,20	8,0	8,6–9,6	0,55–0,89	6,40–10,40	3,6–3,8
	12,0	12,6–13,4	0,71–0,89	5,46–7,06	3,6–3,8
	16,0	17,0–17,8	0,45–2,0	2,53–11,63	3,8–4,0
11,37	8,0	8,4–9,2	0,45–2,0	4,86–15,21	3,7–4,0
	12,0	12,6–13,4	0,45–0,89	3,41–7,06	3,7–3,9
	16,0	16,8–17,8	0,45–2,0	2,62–11,63	3,8–4,0

Таблица 2 – Результаты исследования равномерности глубины хода и гребнистости обработки почвы рабочим органом (фон – стерня озимой пшеницы без предварительной обработки)

Показатель					
заданная скорость, км/ч	заданная глубина, см	фактическая глубина, см	среднеквадратическое отклонение глубины, ±см	коэффициент вариации глубины, %	гребнистость, см
6,84	8,0	8,6	0,55–0,89	6,40–10,40	3,9–4,0
	12,0	12,6–13,4	0,71–0,89	5,46–7,06	4,0
	16,0	16,8–17,8	0,45–1,0	2,53–5,88	3,9–4,0
8,20	8,0	8,6–9,8	0,45–2,0	4,56–15,21	3,8–4,0
	12,0	12,8–13,6	0,45–0,89	3,41–6,56	3,9–4,0
	16,0	16,8–17,8	0,45–1,0	2,53–5,88	4,0
11,37	8,0	8,8–9,2	0,45–2,0	4,26–15,21	3,8–4,0
	12,0	12,6–13,6	0,45–0,89	3,41–7,06	3,9–4,0
	16,0	16,8–17,6	0,45–1,0	2,62–5,88	3,9–4,0

Анализ данных таблицы 1 свидетельствует о том, что при функционировании рабочего органа по фону дискованной стерни озимой пшеницы (рисунок 2 а) рабочий орган соответствует агротехническим требованиям. Среднеквадратическое отклонение фактической глубины от заданной составило ±0,45–2,0 см, что не

превышает допускаемого (до 2,0 см). Высота гребней незначительная: 3,8–4,0 см, что не выходит за пределы допускаемой по агротехническим требованиям, предъявляемым к рабочим органам для мелкой обработки почвы (до 4 см). Коэффициент вариации – 2,53–11,63 % свидетельствует о незначительной степениразброса относительно среднего значения глубины обработки почвы рабочим органом. Это является подтверждением устойчивости глубины обработки почвы рабочим органом.

А Б

Рисунок 2 – Сравнение фона до и после обработки почвы рабочим органом

Примечание. *А – дискованная стерня озимой пшеницы, Б – стерня озимой пшеницы без предварительной обработки.*

На стерневом фоне без предварительной обработки почвы (см. таблицу 2, рисунок 2 б) рабочий орган показал аналогичные результаты, что также соответствует агротехническим требованиям. Несколько выше коэффициент вариации (до 15,21 %), что также свидетельствует об относительно незначительной степениразброса относительно среднего значения глубины обработки почвы рабочим органом и её устойчивости. Увеличение максимального значения коэффициента вариации от 11,63 % до 15,21 % в отдельных вариантах на стерневом фоне без предварительной обработки почвы объясняется наличием неровностей поверхности поля и неоднородностью обрабатываемой среды. При этом применение рабочего органа, способного качественно функционировать по стерневому фону, позволит уменьшить воздействие на обрабатываемую среду за счёт сокращения числа проходов для выравнивания поля и измельчения пожнивных остатков, что положительно повлияет на почвенное плодородие и приведёт к снижению затрат. При этом дополнительное дискование почвы для подготовки поля не требуется. Рабочий орган в составе комбинированного агрегата может выполнять работы по подготовке почвы под озимые сразу же после уборки предшественников, по уходу за паром, включая предпосевную обработку.

Выводы

Разработана конструкция рабочего органа для минимальной обработки почвы. В ходе исследований установлено, что рабочий орган оказывает положительное влияние на качество минимальной обработки почвы. Качественные показатели технологического процесса минимальной обработки почвы соответствуют агротехническим требованиям. Среднеквадратическое отклонение фактической глубины от заданной ±0,45–2,0 см и гребнистость 3,8–4,0 см не выходят за пределы допускаемых по агротехническим требованиям. Коэффициент вариации 2,53–15,21 % свидетельствует о небольшом разбросе относительно среднего значения глубины обработки почвы рабочим органом. Рабочий орган в составе комбинированного агрегата может выполнять работы по подготовке почвы под озимые сразу же после уборки предшественников, по уходу за паром, включая предпосевную обработку.

Литература

1. Sattolo T. M. S., Pereira L. M., Otto R., Francisco E., Duarte A. P., Kappes C., Prochnow L. I., Cherubin M. R. Effects of land use, tillage management, and crop diversification on soil physical quality in Cerrado agricultural systems // Soil Science Society of America Journal. 2021. Vol. 85. Iss. 5. P. 1799–1813. DOI: 10.1002/saj2.20306.

2. Cruz M. G., Hernandez E. A., Uddameri V. Vulnerability assessment of agricultural production systems to drought stresses using robustness measures // Scientific Reports. 2021. Vol. 11. Art. No. 21648. DOI: 10.1038/s41598-021-98829-5.

3. Савельев Ю. А., Кухарев О. Н., Ларюшин Н. П., Ишкин П. А., Добрынин Ю. М. Снижение потерь почвенной влаги на испарение // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 1. С. 42–47. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-1-42-47.

4. Gusev Ye. M., Dzhogan L. Ya., Nasonova O. N., Kovalev E. E. Scenario projections of the changes in water availability to wheat crops in the steppe Crimea in the 21st century and some measures increasing the efficiency of its cultivation // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. P. 763–771. DOI: 10.1134/S1064229321050100.

5. Пархоменко Г. С., Пархоменко С. Г., Пархоменко Г. Г. Моделирование на ПЭВМ по программному комплексу «МВТУ» усовершенствованной силовой САР трактора МТЗ-80 // Материалы XLIII научно-технической конференции. Челябинск: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Федеральное агентство по сельскому хозяйству. ФГОУ ВПО «Челябинский государственный агроинженерный университет», 2004. С. 22–26.

6. Masoudi M., Elhaeesahar M., Cerdà A. Risk assessment of land degradation (RALDE) in Khuzestan Province, Iran // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. P. 1228–1240. DOI: 10.1134/S1064229321080135.

7. Tsvetnov E. V., Makarov O. A., Strokov A. S., Tsvetnova O. B. The Role of Soils in Land Degradation Assessment: A Review // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. P. 441–447. DOI: 10.1134/S1064229321030169.

8. Беспамятнова Н. М., Бельц А. Ф., Босенко Н. С. Структурный синтез многофункциональных агрегатов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2001. №5. С. 10–13.

9. Amorim H. C. S., Ashworth A. J., Brye K. R., Wienhold B. J., Savin M. C., Owens P. R., Silva S. H. G. Soil quality indices as affected by long-term burning, irrigation, tillage, and fertility management // Soil Science Society of America Journal. 2020. Vol. 85. Iss. 2. P. 379–395. DOI: 10.1002/saj2.20188.

10. Rodríguez B. C., Zuazo V. H. D., Rodríguez M. S., Ruiz B. G., Gercia-Tejero I. F. Soil erosion and the efficiency of the conservation measures in Mediterranean hillslope farming (SE Spain) // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. P. 792–806. DOI: 10.1134/S1064229321050069.

11. Komissarov M. A., Klik A. The impact of no-till, conservation, and conventional tillage systems on erosion and soil properties in Lower Austria // Eurasian Soil Science. 2020. Vol. 53. P. 503–511. DOI: 10.1134/S1064229320040079.

12. Dubovik E. V., Dubovik D. V., Shumakov A. V. Influence of primary tillage practices on the macrostructure of typical chernozem // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. P. 1485–1495. DOI: 10.1134/S1064229321100057.

13. Nakhaei M., Tafreshi A. M., Tafreshi G. M. A New approach in comparison and evaluation of the overall accuracy of six soil-water retention models using statistical benchmarks and fuzzy method // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. P. 716–728. DOI: 10.1134/S1064229321050136.

14. Niu G., Shao L. T., Sun D. A., Guo X. A simplified directly determination of soil-water retention curve from pore size distribution // Geomechanics and Engineering. 2020. Vol. 20. No. 5. P. 411–420. DOI: 10.12989/gae.2020.20.5.411.

15. Belobrov V. P., Yudin S. S., Yaroslavtseva N. V., Yudina A. V., Dridiger V. K., Stukalov R. S., Kluev N. N., Zamotaev I. V., Ermolaev N. R., Ivanov A. L., Kholodov V. A. Changes in physical properties of chernozems under the impact of no-till technology // Eurasian Soil Science. 2020. Vol. 53. P. 968–977. DOI: 10.1134/S1064229320070029.

16. Nikitin D. A., Ivanova E. A., Zhelezova A. D., Semenov M. V., Gadzhiumarov R. G., Tkhakakhova A. K., Chernov T. I., Ksenofontova N. A., Kutovaya O. V. Assessment of the impact of no-till and conventional tillage technologies on the microbiome of southern agrochernozems // Eurasian Soil Science. 2020. Vol. 53. P. 1782–1793. DOI: 10.1134/S106422932012008X.

17. Gómez-Muñoz B., Jensen L. S., Munkholm L., Olesen J. E., Hansen E. M., Bruun S. Long-term effect of tillage and straw retention in conservation agriculture systems on soil carbon storage // Soil Science Society of America Journal. 2021. Vol. 85. Iss. 5. P. 1465–1478. DOI: 10.1002/saj2.20312.

18. Parajuli B., Ye R., Luo M., Ducey T. F., Park D., Smith M., Sigua G. Contrasting carbon and nitrogen responses to tillage at different soil depths: An observation after 40-year of tillage management // Science Society of America Journal. 2021. Vol. 85. Iss. 4. P. 1256–1268. DOI: 10.1002/saj2.20277.

19. Kholodov V. A., Belobrov V. P., Yaroslavtseva N. V., Yashin M. A., Yudin S. A., Ermolaev

N. R., Dridiger V. K., Ilyin B. S., Lazarev V. I. Influence of no-till system on the distribution of organic carbon and nitrogen by aggregate size fractions in protocalcic, endocalcic, and pantocalcic chernozems // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. P. 285–290. DOI: 10.1134/S1064229321020071.

20. Artemyeva Z. S., Danchenko N. N., Kirillova N. P., Masyutenko N. P., Dubovik E. V., Kuznetsov A. V., Kogut B. M. The effect of erosion processes on the content and composition of organic matter in macro-and microaggregates of haplic chernozem // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. P. 1659–1667. DOI: 10.1134/S1064229321110028.

21. Hedayatipoor A., Alamooti M. Y. Effect of conservative tillage on physical properties of soil and yield of rainfed wheat // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2020. Vol. 22. No. 1. P. 48–53.

22. Al-Kaisi M. M., Lal R. Aligning science and policy of regenerative agriculture // Soil Science Society of America Journal. 2020. Vol. 84. Iss. 6. P. 1808–1820. DOI: 10.1002/saj2.20162.

References

1. Sattolo T. M. S., Pereira L. M., Otto R., Francisco E., Duarte A. P., Kappes C., Prochnow L. I., Cherubin M. R. Effects of land use, tillage management, and crop diversification on soil physical quality in Cerrado agricultural systems // Soil Science Society of America Journal. 2021. Vol. 85. Iss. 5. P. 1799–1813. DOI: 10.1002/saj2.20306.

2. Cruz M. G., Hernandez E. A., Uddameri V. Vulnerability assessment of agricultural production systems to drought stresses using robustness measures // Scientific Reports. 2021. Vol. 11. Art. No. 21648. DOI: 10.1038/s41598-021-98829-5.

3. Savelyev Yu. A., Kukharev O. N., Laryushin N. P., Ishkin P. A., Dobrynin Yu. M. Soil moisture loss reduction owing to evaporation // Agricultural machinery and technologies. 2018. Vol. 12. No. 1. P. 42–47. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-1-42-47.

4. Gusev Ye. M., Dzhogan L. Ya., Nasonova O. N., Kovalev E. E. Scenario projections of the changes in water availability to wheat crops in the Steppe Crimea in the 21st century and some measures increasing the efficiency of its cultivation // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. P. 763–771. DOI: 10.1134/S1064229321050100.

5. Parkhomenko G. S., Parkhomenko S. G., Parkhomenko G. G. Simulation on a PC using the MVTU software package of an improved power ACS of the MTZ-80 tractor // Materials of the XLIII Scientific and Technical Conference, Chelyabinsk: Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Federal Agency for Agriculture. FSEI HPE “Chelyabinsk State Agroengineering University”, 2004. P. 22–26.

6. Masoudi M., Elhaeesahar M., Cerdà A. Risk assessment of land degradation (RALDE) in Khuzestan Province, Iran // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. P. 1228–1240. DOI: 10.1134/S1064229321080135.

7. Tsvetnov E. V., Makarov O. A., Strokov A. S., Tsvetnova O. B. The role of soils in land degradation assessment: a review // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. P. 441–447. DOI: 10.1134/S1064229321030169.

8. Bespamyatnova N. M., Belts A. F., Bosenko N. S. Structural synthesis of multifunctional units // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. 2001. No. 5. P. 10–13.

9. Amorim H. C. S., Ashworth A. J., Brye K. R., Wienhold B. J., Savin M. C., Owens P. R., Silva S. H. G. Soil quality indices as affected by long-term burning, irrigation, tillage, and fertility management // Soil Science Society of America Journal. 2020. Vol. 85. Iss. 2. P. 379–395. DOI: 10.1002/saj2.20188.

10. Rodríguez B. C., Zuazo V. H. D., Rodríguez M. S., Ruiz B. G., Gercia-Tejero I. F. Soil erosion and the efficiency of the conservation measures in Mediterranean hillslope farming (SE Spain) // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. P. 792–806. DOI: 10.1134/S1064229321050069.

11. Komissarov M. A., Klik A. The impact of no-till, conservation, and conventional tillage systems on erosion and soil properties in Lower Austria // Eurasian Soil Science. 2020. Vol. 53. P. 503–511. DOI: 10.1134/S1064229320040079.

12. Dubovik E. V., Dubovik D. V., Shumakov A. V. Influence of primary tillage practices on the macrostructure of typical chernozem // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. P. 1485–1495. DOI: 10.1134/S1064229321100057.

13. Nakhaei M., Tafreshi A. M., Tafreshi G. M. A new approach in comparison and evaluation of the overall accuracy of six soil-water retention models using statistical benchmarks and fuzzy method // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. P. 716–728. DOI: 10.1134/S1064229321050136.

14. Niu G., Shao L. T., Sun D. A., Guo X. A simplified directly determination of soil-water retention curve from pore size distribution // Geomechanics and Engineering. 2020. Vol. 20. No. 5. P. 411–420. DOI: 10.12989/gae.2020.20.5.411.

15. Belobrov V. P., Yudin S. S., Yaroslavtseva N. V., Yudina A. V., Dridiger V. K., Stukalov R. S., Kluev N. N., Zamotaev I. V., Ermolaev N. R., Ivanov A. L., Kholodov V. A. Changes in physical

properties of chernozems under the impact of no-till technology // Eurasian Soil Science. 2020. Vol. 53. P. 968–977. DOI: 10.1134/S1064229320070029.

16. Nikitin D. A., Ivanova E. A., Zhelezova A. D., Semenov M. V., Gadzhiumarov R. G., Tkhakakhova A. K., Chernov T. I., Ksenofontova N. A., Kutovaya O. V. Assessment of the impact of no-till and conventional tillage technologies on the microbiome of southern agrochernozems // Eurasian Soil Science. 2020. Vol. 53. P. 1782–1793. DOI: 10.1134/S106422932012008X.

17. Gómez-Muñoz B., Jensen L. S., Munkholm L., Olesen J. E., Hansen E. M., Bruun S. Long-term effect of tillage and straw retention in conservation agriculture systems on soil carbon storage // Soil Science Society of America Journal. 2021. Vol. 85. Iss. 5. P. 1465–1478. DOI: 10.1002/saj2.20312.

18. Parajuli B., Ye R., Luo M., Ducey T. F., Park D., Smith M., Sigua G. Contrasting carbon and nitrogen responses to tillage at different soil depths: an observation after 40-year of tillage management // Science Society of America Journal. 2021. Vol. 85. Iss. 4. P. 1256–1268. DOI: 10.1002/saj2.20277.

19. Kholodov V. A., Belobrov V. P., Yaroslavtseva N. V., Yashin M. A., Yudin S. A., Ermolaev N. R., Dridiger V. K., Ilyin B. S., Lazarev V. I. Influence of no-till system on the distribution of organic carbon and nitrogen by aggregate size fractions in protocalcic, endocalcic, and pantocalcic chernozems // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. P. 285–290. DOI: 10.1134/S1064229321020071.

20. Artemyeva Z. S., Danchenko N. N., Kirillova N. P., Masyutenko N. P., Dubovik E. V., Kuznetsov A. V., Kogut B. M. The effect of erosion processes on the content and composition of organic matter in macro-and microaggregates of haplic chernozem // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. P. 1659–1667. DOI: 10.1134/S1064229321110028.

21. Hedayatipoor A., Alamooti M. Y. Effect of conservative tillage on physical properties of soil and yield of rainfed wheat // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2020. Vol. 22. No. 1. P. 48–53.

22. Al-Kaisi M. M., Lal R. Aligning science and policy of regenerative agriculture // Soil Science Society of America Journal. 2020. Vol. 84. Iss. 6. P. 1808–1820. DOI: 10.1002/saj2.20162.

UDC 631.31

Parkhomenko G. G., Bozhko I. V., Kambulov S. I., Babenko O. S.

QUALITY OF MINIMUM TILLAGE WITH A FLAT-CUTTING WORKING BODY

Summary. *The intensification of agriculture leads to the physical degradation of the soil caused by the excessive impact of operating elements and mechanization on the cultivated environment. Resource-saving methodsof soil tillage contribute significantly to the maintenance of the agroecosystem productivity. These practices include minimum tillage. The purpose of the research was to determine the influence of the working body for minimal tillage on soil tillage quality. The studies were carried out in 2020–2021 at the Department of Mechanization of Crop Production of the Agricultural Research Center "Donskoy". The tillage depth was measured with a dipstick-ruler along the working bodies track; the device was inserted vertically down into the soil profile just to the untreated layer. For each experimental track, there were at least 50 measurements.The depth measurement error was ±1 cm. The height of the ridge was measured with a rail and a ruler; fourfold replication (forward-facing – twice; against the working body movement – twice). Measurement error – ±0.5 cm. There were at least 10 measurements in each replication. The operating element meets agrotechnical requirements. The standard deviation of the depth was ±0.45–2.0 cm, which does not exceed the allowable value (up to 2.0 cm). The height of the ridges is insignificant (3.8–4.0 cm) and does not go beyond the limits allowed by agrotechnical requirements (up to 4 cm) for operating elements for surface tillage. The coefficient of variation (2.53–15.21 %) indicates a small fraction of the spread relatively to the average value of the tillage depth by the operating element. The use of the operating element will decline the impact on the cultivated environment by reducing the number of passes for leveling the field and crushing crop residues, which will positively affect soil fertility and lead to cost reduction. The operating element as part of the combined unit can prepare the soil for winter crops after harvesting theprevious one or perform necessary operations on fallow fields including pre-sowing cultivation.*

Keywords: *working body, minimum tillage, flat cutter, ridgeness, tillage depth*

uniformity.

Пархоменко Галина Геннадьевна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела механизации растениеводства, структурное подразделение «СКНИИМЭСХ», ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14; e-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru.

Божко Игорь Владимирович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела механизации растениеводства, структурное подразделение «СКНИИМЭСХ», ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14; e-mail: i.v.bozhko@mail.ru.

Камбулов Сергей Иванович, доктор технических наук, главный научный сотрудник отдела механизации растениеводства, структурное подразделение «СКНИИМЭСХ», ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14; профессор кафедры "Технологии и оборудование переработки продукции АПК" ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», 344003, Россия, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1; e-mail: kambulov.s@mail.ru.

Бабенко Ольга Сергеевна, ассистент кафедры "Технологии и оборудование переработки продукции АПК, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», 344003, Россия, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1; e-mail: lelya.babenko.90@mail.ru.

Parkhomenko Galina Gennadievna, Cand. Sc. (Tech.), leading researcher of the Department of mechanization of crop production, structural unit SKNIIMESH, SSE Agricultural Research Center “Donskoy”; 14, Lenina Str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru.

Bozhko Igor Vladimirovich, Cand. Sc. (Tech.), senior researcher of the Department of mechanization of crop production, structural unit SKNIIMESH, SSE Agricultural Research Center “Donskoy”; 14, Lenina Str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: i.v.bozhko@mail.ru.

Kambulov Sergey Ivanovich, Dr. Sc. (Tech.), chief researcher of the Department of mechanization of crop production, structural unit SKNIIMESH, SSE Agricultural Research Center “Donskoy”; 14 Lenina Str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; professor of the Technologies and Equipment for Agricultural Products Processing Department, FSBEI of HE “Don State Technical University”; 1, Gagarin Square, Rostov-on-Don, Rostov Region, 344003, Russia; e-mail: kambulov.s@mail.ru.

Babenko Olga Sergeevna, assistant of the Technologies and Equipment for Agricultural Products Processing Department, FSBEI of HE “Don State Technical University”; 1, Gagarin Square, Rostov-on-Don, Rostov Region, 344003, Russia; e-mail: lelya.babenko.90@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 28.03.2022.
Дата принятия к печати – 10.04.2022.

UDC 633.522:631.352.5
EDN RAEKGS

Popov R. A.[1], Krupnov A. V.[2]

RESEARCH IMPACT OF CUTTING TOOTH SHAPES ON ENERGY CONSUMPTION WHEN CUTTING TECHNICAL HEMP STEMS

[1]Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Center of Bast Crops";
[2]Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Tver State Technical University"

Summary. *The priority direction of domestic hemp breeding today is the creation of new generation technical means for the cultivation of hemp in various areas of its application. Therefore, the development and research of new working bodies for harvesting technical hemp is an important and very urgent task in increasing the level of mechanization of harvesting operations in hemp agriculture. The purpose of the research is to determine the optimal parameters of the cut of the stems of technical hemp, providing minimal energy costs. The research was performed in 2021 in the Laboratory of Agroengineering Technologies at the experimental production of Federal Scientific Center of Bast Crops together with the Department of Power Supply and Electrical Engineering of Tver State Technical University. The work is aimed at creating a mock-up sample of an adapter for cutting stems of technical hemp. For performed research, an experimental installation of a cutting machine with replaceable cutting segments was constructed. For the operation of the installation with the possibility of electric motors soft start and speed control, a basic power supply scheme has been developed. The cut of stems with toothed segments in the shape of a circle, parabola and rounded trapezoid was studied at different levels of variation of factors affecting energy consumption. The consumed power was determined by a digital measuring device SHM-120. We determined thatshape of the cutting edge has the greatest impact on the energy consumption during cutting. It was found that the cleanest and highest-quality cut is performed by segments with a parabolic shape of the tooth, as well as the shape of a circle. At the same time, the minimum energy consumption is 102 and 122 W, respectively. According to the research results, optimal parameters that ensure minimal energy consumption for cutting technical hemp stems have been determined. They are: teeth profile – circle and parabola; cutting tooth height – 11–15 mm; sharpening angle – 45 degrees; teeth thickness – 2– 2.5 mm; cutting disc rotation speed – 800–900 rpm; the feed rate of the stems – 1.4 m/s; cutting speed – 34–38 m/s. These parameters can be recommended when developing a cutting machine prototype.*

Keywords: *technical hemp Cannabis sativa L., cutting machine, hemp cut, shape of cutting tooth, energy consumption, parameters.*

Для цитирования: *Popov R. A., Krupnov A. V. Research impact of cutting tooth shapes on energy consumption when cutting technical hemp stems // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 2(30). С. 103–110. EDN: RAEKGS.*

For citation: *Popov R. A., Krupnov A. V. Research impact of cutting tooth shapes on energy consumption when cutting technical hemp stems // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 2(30). P. 103–110. EDN: RAEKGS.*

Introduction

Technical hemp (*Cannabis sativa* L.) is a strategic agricultural crop grown in Russia and abroad for the production of hemp fiber, hemp oil, etc. Due to its unique properties, hemp annually acquires new, innovative uses.

Technical hemp stems cutting in the process of harvesting has its own characteristics, which causes certain difficulties in the operation of cutting machines of harvesters. During the period of technical ripeness, a strong bast fiber layer, which has, among others, abrasive

properties, is formed in the structure of the stem [1]. It causes rapid wear of cutting elements, clogging of working bodies and disruption of the technological process. In addition, increased energy consumption and short life of the cutting edges do not meet the increasing requirements for modern harvesting equipment [2–4].

One of the most important and responsible working bodies of hemp harvester is the cutting machine. Currently, the most widely used devices for technical hemp stems cutting are rotary-type ones. They work on the principle of a without-prop cutting and have a number of advantages over other types of devices: high productivity and cutting speed, simplicity of design, etc. [5–9].

Considering the solid structure of the hemp stem, there is a need for continuous improvement of working bodies, the search for new design solutions that provide not only a guaranteed cut of stems, but also a reduction in energy consumption and an increase in the resource of cutting elements. Therefore, the development and research of working bodies for harvesting technical hemp is of great practical importance in the domestic hemp industry and the technical equipment of the sub-sector.

Research objective is todetermine the optimal parameters of technical hemp stems cutting providing the minimum costs of energy.

Materials and methods of research

The researches were performed on the base of the Federal Scientific Center of Bast Crops in 2021.The objects of research are an experimental rotary-type cutting machine, *C. sativa* stems selected (bred) in the Penza division of Federal Scientific Center of Bast Crops. The initial data of the research objects are given in Table 1.

Table 1 – Initial data for experimental research

Parameter		Value
Technical hemp variety		‘Nadezhda’, ‘Lyudmila’
Ecotype		Central Russian
Stem moisture content, %		60.0–70.0
Average height of cut stems, m		1.5
Stems diameter, mm:	minimum	10.0
	maximum	20.0
Fiber content in stems, %		26…34
Type of cutting machine		Rotary
Principle of cutting stems		Without-prop cutting
Shape of cutting tooth (shape of cutting edge)		Circle/parabola/trapezoid
Cutting disc diameter, m		0.8

An experimental installation with replaceable cutting segments of various profiles (Figure 1) was made at the experimental production of the Federal Scientific Center of Bast Crops for the study of without-prop cut of technical hemp stems. The installation (Figure 1) consists of a chassis (frame) 1, a cutting machine including a reduction drive with a transformation of the direction of rotation 2, a cutting disc 3 with replaceable toothed segments 4.The cutting machine is operated by an electric motor 5 with a power of 1.5 kW through a V-belt transmission. The plants are fed to the cutting machine by conveyor 6, where the stems are located in rows and fixed cantilevered in a vertical position, which allows you to simulate a cut of plants in the field. The conveyor 6 is driven by an electric motor 7 with a power of 1.1 kW. The feed rate of the stems is regulated by a frequency converter.

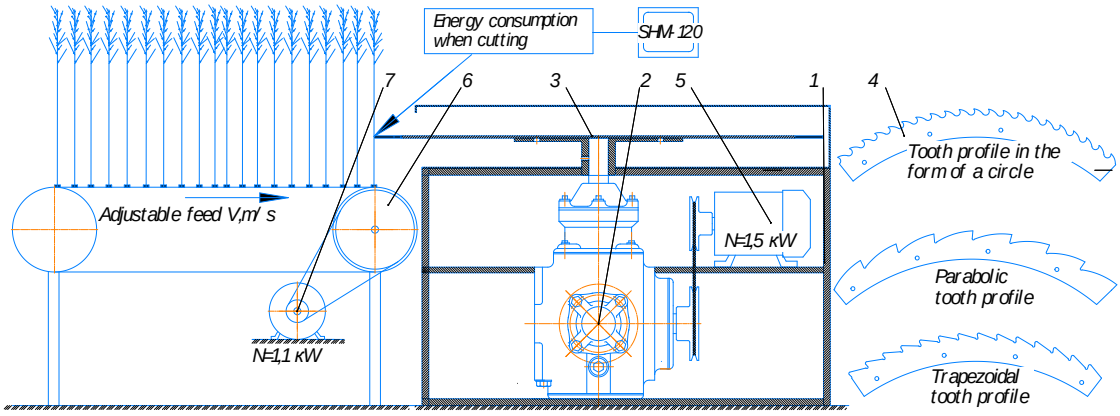


Figure 1 – Diagram of the installation for the study of energy consumption when cutting stems

Note. *1 – chassis (frame); 2 – reduction drive with a transformation of the direction of rotation; 3 – cutting disc; 4 – replaceable toothed segments; 5 – electric motor of the cutting device; 6 – feed conveyor;7 – electric motor of the conveyor drive.*

In the process of research, the effect of such factors as diameter of the stems and their feed rate, speed of rotation of cutting disc, shape of cutting teeth on the energy consumption of the process of hemp stems cutting was considered.

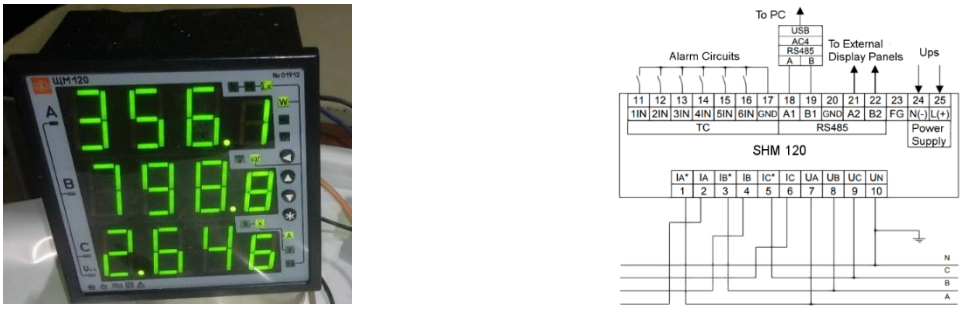
The research was performed according to the methodology of planning a multifactorial experiment of agricultural processes [10]. When compiling the experiment planning matrix, the following factors and levels of their variation were selected (Table 2):

Table 2 – Experiment planning matrix

Factor, unit of measurement	Designation		Levels of variation of factors			Variation interval
	Natural	Coded	Upper	Zero	Lower	
			+	0	–	
Feed rate of stems, m/s	V	X_1	1.4	1.3	1.2	0.1
Tooth profile	profile	X_2	parabola	trapezoid	circle	1

Each of the selected factors X_i varied at three levels: upper (+), lower (–) and zero (main).

For determination of the consumed active power on a cut of stems of technical hemp, a digital multifunctional measuring device SHM-120 (in Russian ЩМ-120) was inserted into the power supply circuit of the installation (into the circuit of the electric motor of the cutting machine) (Figure 2).



A **B**

Figure 2 - General view (A) and connection diagram (B) of measuring device SHM-120

For the operation of the experimental installation, we have specially developed an electrical diagram of its power supply (Figure 3) to study energy consumption in different operating modes with the possibility of soft start of electric motors.

The experimental installation was powered from a three-phase alternating current power grid with a voltage of 380 V and a frequency of 50 Hz. Circuit breakers QF protect the installation and fuses FU protect circuit “frequency converter – electric motor”. For soft start of asynchronous motors and speed control, motors are connected to the power grid via frequency converters “VESPER” E2-8300.

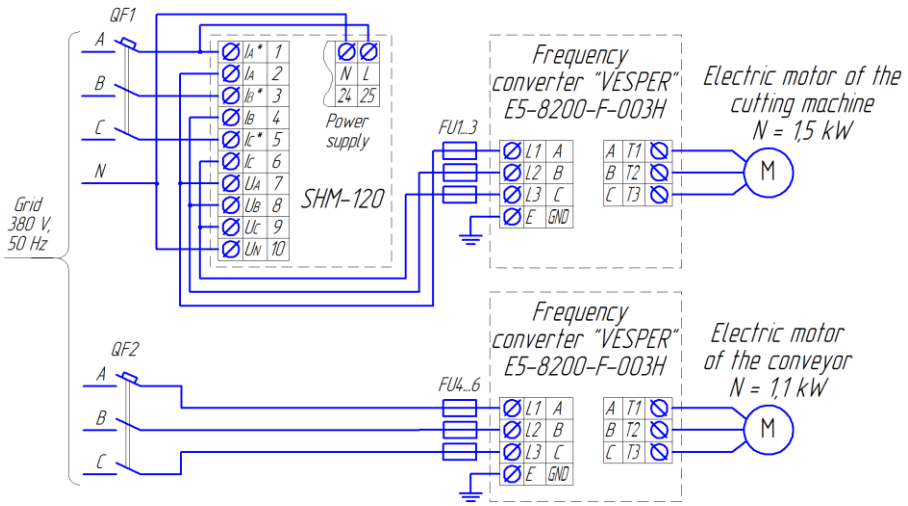


Figure 3 – Electrical power supply scheme of the installation for the study of energy consumption during the cutting of stems

Results and discussion

The main factors determining the quality indicators of cutting stems and energy consumption during the process are the dynamic characteristics of the cutting machine, as well as the optimal parameters of the cutting working body. Therefore, when studying the cut, first of all it is necessary to identify criteria that contribute to minimizing energy consumption [11], the main of which are:

– the resistance of the stems to the cut, which is determined by the technological properties of the plant material and depends on both the characteristics of the stem and the parameters of the cutting working body (cutting angle, blade sharpening angle, linear and angular velocity of the cutting disc);

– the material from which the cutting working body is made, as well as the tooth itself (blade), which affects the durability of work after sharpening and determines the mass of the cutting machine and, accordingly, the moment of its inertia.

Therefore, to optimize energy consumption, the following parameters should be considered: the physical and mechanical properties of the stem, the shape of the cutting tooth, the speed and angle of cutting the stems.

The features of the process of cutting fibrous materials are considered in [12]. For a rotary-type cutting machine, there is a critical cutting speed. When it is exceeded, the impact of the blade on the material being cut occurs and the blade begins to chop, but not to cut the material. This kind of speed is determined by the formula:

$$V_{CRIT} = \frac{120 \cdot n_{bl}}{\pi \cdot d} \cdot \sqrt{\frac{7 \cdot E}{6 \cdot S \cdot (5 \cdot \pi - n_{bl}) \cdot (8 \cdot \pi - n_{bl})}} \quad (1)$$

where n_{bl} – quantity of blades on the cutting disc, pcs.;

d – cutting disc diameter, m;

E – elasticity modulus of the stem material, MPa;

S – hemp stem density, kg/m^3.

Formula (1) shows that the critical cutting speed is directly proportional to the number of blades on the cutting disc and inversely proportional to its diameter.

Federal Scientific Center of Bast Crops is performing research work on the creation of a mock-up sample adapter for cutting stems of technical hemp. Within the scope of this work and taking into account the parameters discussed above, cutting segments with different tooth profiles were developed and manufactured (Figure 4), which will serve as the basis for the manufacture of cutting adapter rotors.

A **B** **C**

Figure 4 – Fragments of cutting segments on a disk with a profile of the cutting edge in the form of a circle (A); parabola (B); trapezoid (C)

According to the results of experimental studies, the following has been determined. Guaranteed cutting of stems is performed by all developed profiles of cutting segments at different levels of varying factors. The cleanest and highest-quality cut is performed by segments with a parabolic tooth shape (profile 2) because of the longer length of the cutting edge exceeding the diameter of the stem, as well by segments with a circle tooth shape (profile 1). The teeth in the form of a trapezoid (profile 3) have a greater impact of the knife on the material being cut and the cut is obtained by chopping.

At the same time, it was discovered that the shape of the cutting edge of the blade has the greatest impact on the energy efficiency of the process, which determines the cutting speed, the sliding coefficient of the blade and the quality of the cut. The results of experimental studies of the cut of stems of technical hemp are presented in Table 3.

Table 3 – Results of research on the power consumed by cutting the stems of technical hemp with teeth of various shapes

Parameter	Tooth profile 1 in the form of a circle			Tooth profile 2 in the form of a parabola			Tooth profile 3 in the form a trapezoid		
	feed rate of stems, V, m/s			feed rate of stems, V, m/s			feed rate of stems, V, m/s		
	1.2	1.3	1.4	1.2	1.3	1.4	1.2	1.3	1.4
thin stems (average diameter – 10 mm)									
Power per cut of stems, *N*, W	125	126	122	102	108	118	138	149	175
thick stems (average diameter – 20 mm)									
Power per cut of stems, *N*, W	176	187	193	181	209	256	190	230	296
Cut quality (visually)	clean cut			clean cut			rough cut (chopping)		

Analysis of the research results shows that with an increase in the feed rate of stems, the power consumption per cut increases. This is due to the fact that elastic deformations occur in the cutting zone, the deformation rate changes the mechanical properties of the material being cut (stem), the total deformation decreases, the coefficient of friction decreases. The dependences of the power expended on the cut of the stem with a different tooth profile, feed rate and different diameter of the stems are graphically depicted in Figures 5–9.

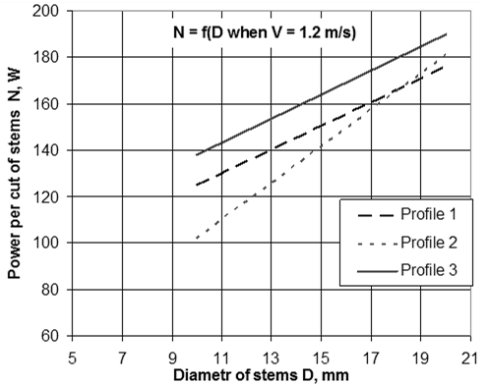


Figure 5 – Dependence of the power consumed on a cut of a stem of different diameters at a constant feed rate of 1.2 m/s and with a different tooth profile

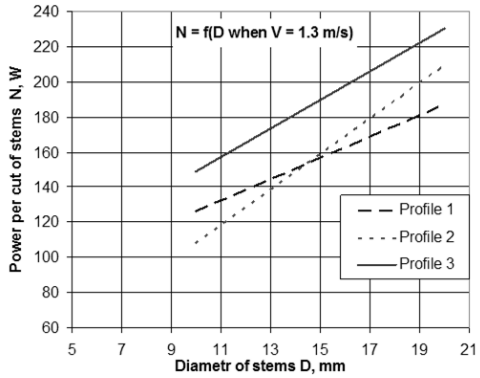


Figure 6 – Dependence of the power consumed on a cut of a stem of different diameters at a constant feed rate of 1.3 m/s and with a different tooth profile

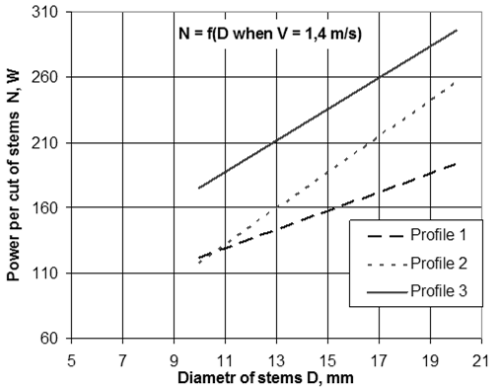


Figure 7 – Dependence of the power consumed on a cut of a stem of different diameters at a constant feed rate of 1.4 m/s and with a different tooth profile

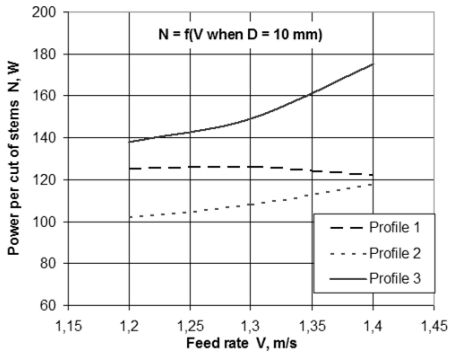


Figure 8 – Dependence of the power consumed per stem cut on the feed rate with different tooth profile and constant average stem diameter of 10 mm

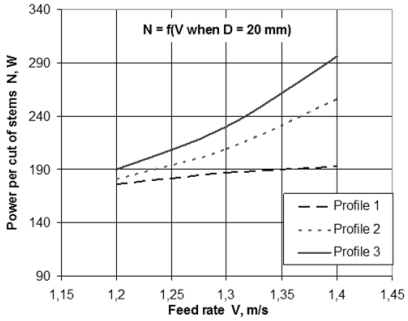


Figure 9 – Dependence of the power consumed per stem cut on the feed rate with different tooth profile and constant average stem diameter of 20 mm

As we have learned from the graphical dependencies, the lowest energy consumption is observed when cutting thin stems by segments with a parabolic and circle tooth shape (102 and 122 watts). This is ensured due to the optimal cutting angle of the stems, the sharpening angle of the cutting edge and high cutting speed.

Conclusions

As a result of the research, the optimal parameters of the cut of the stems of technical hemp, which can be recommended when developing a prototype of a cutting machine, were determined: the profile of the teeth – cutting segments in the shape of a circle (profile 1) and parabola (profile 2); the height of the cutting tooth h = 11–15 mm; the sharpening angle – 45°; the thickness of the teeth t = 2.0–2.5 mm; the rotation speed of the cutting disc n = 800–900 rpm; the feed rate of the stems V = 1.4 m/s; the cutting speed V_{CUT} = 34–38 m/s. It is established that cutting segments with a parabolic tooth shape (profile 2), as well as teeth in the shape of a circle (profile 1) provide the most high-quality cut of stems, thereby using less energy N (102 and 122 watts) due to the shape of the cutting edge.

Work was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Task of the FSBSI "Federal Scientific Center of Bast Crops" (No. FGSS-2022-0005).

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (№ FGSS-2022-0005).

References

1. Pashin E. L., Zhukov S. V., Pashina L. V., Stepanov G. S. Research of morphological and technological properties of stalks of the small hemp new cultivars // Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. 2010. No. 4(325) P. 21–24.
2. Popov R. A., Perov G. A. Analysis of the cutting machine operation for free-standing cutting of stems industrial hemp // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2020. No.3 P. 14–21. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-3-14-21.
3. Dmitriev S. Yu. Optimum parameters of the hemp stalks cut // Agricultural Machinery and Technologies. 2014. No. 4. P. 26–28.
4. Popov R.A. Innovative developments and modern technical means for seeded hemp harvesting // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 1 (25). P. 150–163. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-1-25-150-163.
5. Popov V. B., Golushko P. E., Ivanov A. A., Chaus V. P. Analysis of the technological process of mowing plants with rotary cutting machines // Vestnik GSTU named after P.O. Sukhoi. 2009. No. 4(39). P. 32–39.
6. Trubilin E. I., Ablikov V. A. Machines for harvesting crops (designs, theory and calculation). Study guide. 2nd ed. reprinted and added. Krasnodar: Kuban SAU, 2010 325 p.
7. Aldoshin N. V., Zolotov A. A., Lylin N.A. Ways of increasing performance quality of mowers and headers //Vestnik of Federal state educational establishment of higher professional education "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin". 2017. No. 4(80). P. 7–13.
8. Popov R. A., Chernikov V. G. Technical hemp harvesting cutting machine parameters and operation modes calculation // The Agrarian Scientific Journal. 2021. No. 3. P. 82–85. DOI: 10.28983/asj.y2021i3pp82-85.
9. Kemper S., Lang Th., Frerichs L. Analysis of the overlaying cut in rotary mowers // Landtechnik. Agricultural Engineering. 2012. No. 5. P. 346–349.
10. Melnikov S.V., Aleshkin V.R., Roshchin P.M. Experiment planning in agricultural processes research. Leningrad: Kolos, 1972. 200 p.
11. Popov R. A., Abramov I. L. On the issue of the oretical substantiation and development of a cutting working body for harvesting industrial hemp // Machinery and Equipment for Rural Area. 2021. No. 8. P. 22–26. DOI: 10.33267/2072-9642-2021-8-22-26.

12. Pelenko V. V., Zuev N. A., Olshevsky R. G., Azaev R. A., Kuzmin V. V. Fundamental features of the process of cutting food products with a blade tool // Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Seriya: Processy i apparaty pishchevyh proizvodstv. 2008. No. 1. P. 40–42.

УДК 633.522:631.352.5

Попов Р. А., Крупнов А. В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМ РЕЖУЩИХ ЗУБЬЕВ НА ЗАТРАТЫ ЭНЕРГИИ ПРИ СРЕЗЕ СТЕБЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНОПЛИ

Реферат. *Приоритетное направление отечественного коноплеводства на сегодняшний день – создание технических средств нового поколения для возделывания конопли по различным направлениям ее использования. Поэтому разработка и исследование новых рабочих органов для уборки технической конопли является важной и весьма актуальной задачей в повышении уровня механизации уборочных работ в коноплеводстве. Цель исследований – определение оптимальных параметров среза стеблей технической конопли, обеспечивающих минимальные затраты энергии. Исследования проведены в 2021 г. в лаборатории агроинженерных технологий и на опытном производстве ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» совместно с кафедрой электроснабжения и электротехники ФГБОУ «Тверской государственный технический университет». Работа направлена на создание макетного образца адаптера для среза стеблей технической конопли. Для проведения исследований изготовлена экспериментальная установка режущего аппарата со сменными режущими сегментами. Для работы установки с возможностью плавного запуска электродвигателей и управления частотой вращения разработана принципиальная электрическая схема питания. Исследовали срез стеблей зубчатыми сегментами в форме окружности, параболы и скругленной трапеции при различных уровнях варьирования факторов, влияющих на энергозатраты. Затрачиваемую мощность определяли цифровым счетчиком мощности ЩМ-120. Определено, что наибольшее влияние на энергозатраты при срезе оказывает форма режущей кромки. Установлено, что наиболее чистый и качественный срез осуществляется сегментами с параболической формой зуба, а также в форме окружности. При этом расход энергии минимален – 102 и 122 Вт соответственно. По результатам исследований определены оптимальные параметры, обеспечивающие минимальные затраты энергии на срез стеблей технической конопли: профиль зубьев – в форме окружности и в форме параболы, высота режущего зуба – 11–15 мм, угол заточки – 45°, толщина зубьев – 2,0–2,5 мм, частота вращения режущего диска – 800–900 об./мин, скорость подачи стеблей – 1,4 м/с, скорость резания – 34–38 м/с, которые могут быть рекомендованы при разработке опытного образца режущего аппарата.*

Ключевые слова: *техническая конопля, режущий аппарат, срез конопли, профиль зуба, энергозатраты, параметры.*

Popov Roman Andreevich, Cand. Sc. (Tech.), leading researcher of the Laboratory of agroengineering technologies; FSBSI “Federal Scientific Center of Bast Crops”; 17/56, Komsomolsky pr., Tver, 170041, Russia; e-mail: r.popov@fnclk.ru.

Krupnov Anrey Vladimirovich, senior lecturer of the Department of power supply and electrical engineering, FSBEI of HE “Tver State Technical University” (“TvSTU”); 22, A. Nikitina naberezhnaya, Tver, 170026, Russia; e-mail: AV.Krupnov@yandex.ru.

Попов Роман Андреевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агроинженерных технологий, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»; 170041, Россия, г. Тверь, Комсомольский проспект 17/56; e-mail: r.popov@fnclk.ru.

Крупнов Андрей Владимирович, старший преподаватель кафедры электроснабжения и электротехники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет»; 170026, Россия, г. Тверь, наб. Афанасия Никитина, 22; e-mail: av.krupnov@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 23.03.2022.
Дата принятия к печати – 17.04.2022.

УДК 631.874:633.111.1
EDN TXIUJR

Приходько А. В., Черкашина А. В.

ВЛИЯНИЕ СИДЕРАЛЬНЫХ КУЛЬТУР НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. *Основным источником поступления в почву органического вещества в естественных условиях являются остатки растений. В различных почвенно-климатических условиях накоплен значительный опыт выращивания растений, биомасса которых заделывается в почву и используется в качестве зеленого удобрения (сидератов). Целью исследований было установить влияние видового состава сидеральных культур на процессы формирования урожая и показатели качества зерна пшеницы озимой. Исследования проведены в 2017–2020 гг. в ФГБУН «НИИСХ Крыма». Размещение вариантов опыта систематическое, повторность трёхкратная. Площадь делянок – 720 м^2. В качестве сидератов использовали следующие фитоценозы: многолетних трав – донника желтого, клевера лугового, эспарцета песчаного; озимых культур – ржи озимой, тритикале озимой, вики паннонской и смеси выше перечисленных озимых культур; ранней яровой культуры фацелии пижмолистной. Почва – чернозем южный слабогумусированный. Установлено, что перед посевом пшеницы озимой наибольшее количество нитратного азота (1,9–2,3 мг/100 г почвы) содержалось после сидерации бобовых культур: донника, эспарцета и клевера, подвижных фосфора (3,3 мг/100 г почвы) и калия (32,7 мг/100 г почвы) – после фацелии. В среднем за три года исследований максимальная урожайность зерна озимой пшеницы – 3,84 т/га, получена после использования в качестве зеленого удобрения смеси озимых культур, а наименьшая – после тритикале (3,11 т/га). Вегетационный сезон 2018/19 гг. характеризовался благоприятным гидротермическим режимом, средняя по опыту урожайность зерна была максимальной и составила 4,27 т/га. Наибольшее количество продуктивных стеблей (530–545 шт./м^2) и зерен с колоса (49,3–53,6 шт.) пшеница озимая формировала в вариантах с сидерацией фацелии, вики, эспарцета и донника. Использование в качестве сидератов бобовых культур – многолетних трав донника и эспарцета позволило получить более высокое содержание в зерне протеина – 14,2–14,5 % и клейковины – 28,7–29,6 %.*

Ключевые слова: *пшеница озимая Triticum aestivum L., сидераты, плодородие, урожайность, зерно, белок, клейковина.*

Для цитирования: *Приходько А. В., Черкашина А. В. Влияние сидеральных культур на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 2(30). С. 111–120. EDN: TXIUJR.*

For citation: *Prikhodko A. V., Cherkashyna A. V. Influence of green manure crops on winter wheat grain productivity and quality // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 2(30). P. 111–120. EDN: TXIUJR.*

Введение

Современные мировые тенденции развития земледелия направлены на решение проблем повышения плодородия почвы, снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду, производство экологически чистой продукции [1–3]. Все более широкое применение в агротехнологиях находят приемы биологизации земледелия [4, 5].

Важнейшим фактором стабилизации плодородия почв и повышения эффективности возделывания сельскохозяйственных культур является применение органических удобрений в системе севооборотов [6].

Основным источником поступления в почву органического вещества в естественных условиях являются остатки растений. В мировом земледелии накоплен значительный опыт выращивания растений-фитомелиорантов, биомасса которых заделывается в почву и используется в качестве зеленого удобрения (сидератов) [7].

Сидерация способствует повышению биологической активности почвы, обогащает её органическим веществом и элементами питания [8], улучшает агрофизические, агрохимические свойства, структурность почвы [9–11], позволяет создавать более благоприятные условия для реализации генетического потенциала продуктивности современных сортов сельскохозяйственных культур [12].

Вместе с увеличением на 34–49 % урожайности озимой пшеницы при использовании в качестве сидерата вики [7], происходит улучшение качества зерна. В наших опытах по влиянию сидератов мы наблюдали тенденцию повышения содержания клейковины в зерне пшеницы озимой до 26,2–27,6 % (в контроле 24,2 %) [13]. По влиянию сидератов на содержание белка в литературе есть различные сведения. Так, P. R. Miller с соавторами [14] показал, что после использования в качестве сидеральных удобрений гороха посевного и гороха зимующего улучшалось качество зерна, кроме содержания белка в зерне, которое было недостаточным для соответствия стандартам органической мукомольной промышленности. M. Z. Alam с соавторами [15] сообщает о повышении урожайности зерна и содержания белка в зерне пшеницы после бобовых культур. По данным J. E. Olesen с соавторами, это увеличение произошло в большей степени за счет азота сидеральной культуры (клевер), чем при внесении навоза, вероятно, из-за разного времени поступления азота [16].

Однако в регионах с засушливым климатом, к которым относится и степной Крым, использование растений в качестве зеленого удобрения имеет свои особенности. Они обусловлены высоким температурным режимом и дефицитом атмосферных осадков. Продуктивность биомассы сидеральных культур при этом характеризуется нестабильностью, а процесс минерализации растительных остатков замедляется [17–18].

Эффективность применения сидератов при возделывании сельскохозяйственных культур во многом обусловливается агрометеорологическими условиями и видовым составом культур, используемых в качестве зеленого удобрения [19].

Цель исследований – установить влияние видового состава сидеральных культур на процессы формирования урожая и показатели качества зерна пшеницы озимой.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2017–2020 гг. в отделении полевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма», расположенном в степной части Крыма согласно методики Б.А. Доспехова [20]. Почва опытного участка– черноземы южные слабогумусированные, развитые на четвертичных желто-бурых лессовидных легких глинах [21]. Мощность гумусового слоя составляет 57–70 см, в том числе горизонт А – 24–36 см. На пашне содержание гумуса (по методу Тюрина) составляет 2,4–2,7 %. В пахотном слое содержание элементов питания составляет 52 мг/кг легкогидролизуемого азота, 10–25 мг/кг подвижного фосфора и 420 мг/кг обменного калия (по методу Мачигина). Вскипание от соляной кислоты наблюдается от

глубины 32–49 см. Сумма поглощенных щелочей – 28,5–38,3 мг-экв. на 100 г почвы [22].

Размещение вариантов систематическое, в трёхкратной повторности. Площадь делянок – 720 м^2. Пшеницу озимую (*Triticum aestivum* L.) сорта Багира высевали по сидеральному пару. В качестве сидератов использовали следующие фитоценозы: многолетних трав – донника желтого (*Melilotus officinalis* Mill.), сорт Донче, клевера лугового (*Trifolium pratense* L.), сорт Наследник, эспарцета песчаного (*Onobrychis arenaria* (Kit. ex Willd.) DC.), сорт Крымский; озимых культур – ржи озимой (*Secale cereale* L.), сорт Марусенька, тритикале озимой (*Triticale aestivumforme*), сорт Аллегро, вики озимой (*Vicia pannonica*), сорт Паннонская и смеси выше перечисленных озимых культур; ранней яровой культуры фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Bent.), сорт Услада. Применяли общепринятую в степной части Крыма агротехнику выращивания [23]. Посев осуществляли во второй–третьей декадах октября нормой высева 4,5 млн всхожих семян на 1 гектар.

Наблюдения и учёты проводили согласно «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» [24]. Содержание в почве нитратного азота определяли перед посевом озимой пшеницы ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86), подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91).Дисперсионный анализ однофакторного опыта проводили по Б. А. Доспехову [21].

Сидеральные культурыиспользовали в качестве зеленого удобренияв период максимального накопления питательных веществ в биомассе, что соответствовало длякультурсемейства злаковых (рожь, тритикале) фазе «начало колошения», для культур других семейств – «бутонизация – начало цветения». Заделкуих биомассы в почву (после скашивания и измельчения) осуществляли тяжелой дисковой бороной БДТ-6 на глубину 10–15 см. До посева озимой пшеницыобработка почвы заключалась в выравнивании почвыдискованием на 5–6 см, двух культиваций на 6–8 и двух на 5–6 см.

Климат степного Крыма континентальный, характеризуется резкими переходами от низких температур к высоким. Зима умеренно мягкая, с незначительным снежным покровом или полным его отсутствием. Лето – жаркое, засушливое. Среднегодовая температура воздуха – 10,2 °С, среднемноголетнее количество осадков – 428 мм, гидротермический коэффициент – 0,5–0,7. Распределение осадков неравномерное. Ежегодно отмечаются неблагоприятные погодные явления в виде суховеев, воздушных и почвенных засух [25, 26].

Среднесуточная температура за вегетационный период пшеницы озимой во все годы исследований превысила среднемноголетнюю норму [26] на 2,5 °С в 2017/18, на 1,3 °С 2018/19 и на 2,2 °С в 2019/20 сельскохозяйственных годах (рисунок 1).

Среднемноголетняя норма осадков за вегетационный период пшеницы озимой (ноябрь-июнь) в степной зоне Крыма составляет 290 мм [25]. В 2018–2019 гг. выпало на 96,8 мм (33,3 %) больше осадков, гидротермические условия были наиболее благоприятными (рисунок 2).

Условия вегетации растений в 2017/18 и 2019/20 гг. характеризовались дефицитом осадков, их количество составило 72,5 и 83,8 % от нормы.

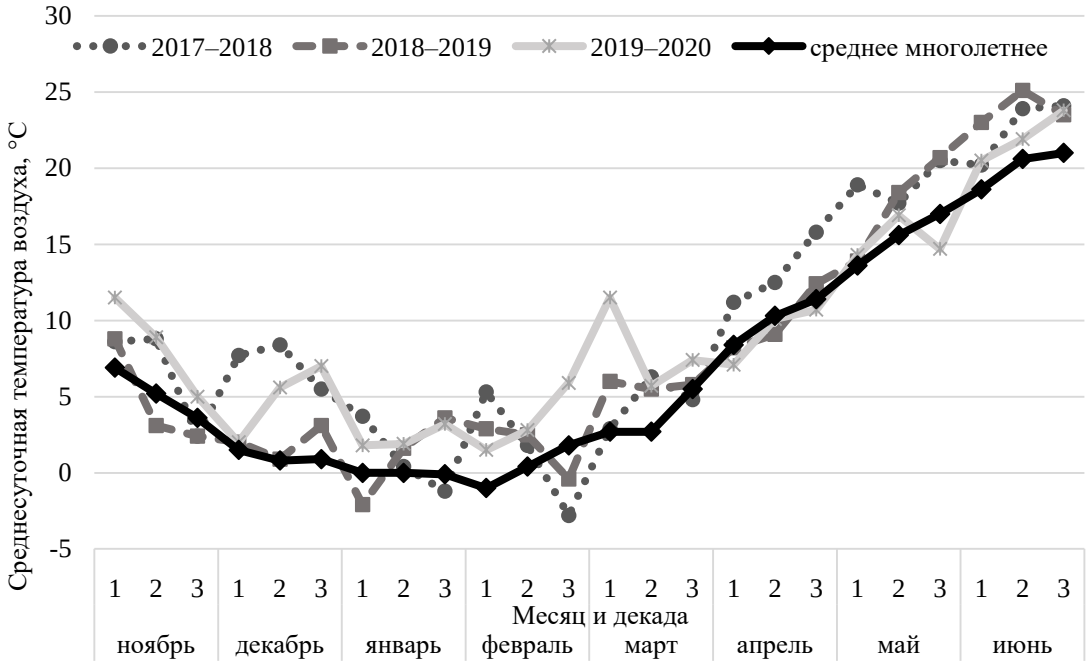


Рисунок 1 – Среднесуточная температура воздуха за период вегетации пшеницы озимой

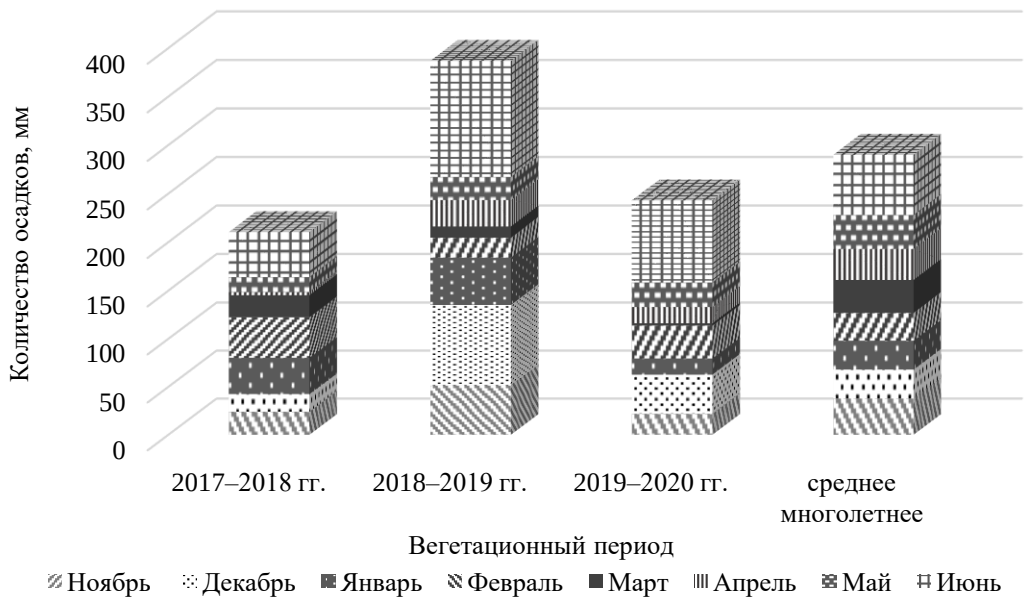


Рисунок 2 – Количество осадков за вегетационный период пшеницы озимой

Результаты и их обсуждение

Изучаемые сидеральные культуры значительно различаются между собой по биологическим признакам и хозяйственному назначению, особенностям минерального питания и водопотребления, продуктивности растений и химическому составу их биомассы. Их влияние на плодородие почвы было различным. В таблице 1 приведены данные обеспеченности корнеобитаемого слоя почвы основными элементами питания и влаги перед посевом озимой пшеницы, доступными для растений.

Наибольшее содержание нитратного азота – 1,9–2,3мг/100 г почвы отмечено после сидерации бобовых культур: донника, эспарцета и клевера, наименьшее –

после тритикале и ржи 1,1–1,2мг/100 г. По количеству подвижного фосфора и обменного калия более высокие показатели отмечены после использования на зеленое удобрение фацелии, соответственно 3,3 и 32,7мг/100 г почвы.

Таблица 1 – Содержание в почве основных элементов питания и запасы продуктивной влаги после сидератов перед посевом озимой пшеницы (2017–2019 гг.)

Сидеральная культура	Элементы питания в слое 0–30 см, мг/100 г почвы			Влагозапасы в метровом слое, мм
	$N\text{-}NO_3$	P_2O_5	K_2O	
Донник желтый	2,0	2,8	29,7	44,4
Клевер луговой	1,9	2,3	29,2	42,0
Эспарцет песчаный	2,3	2,7	30,4	37,1
Тритикале озимая	1,2	2,8	30,3	37,0
Рожь озимая	1,1	2,9	32,2	39,5
Вика паннонская	1,7	2,9	27,0	51,1
Смесь озимых	1,3	3,1	28,3	37,4
Фацелия пижмолистная	1,5	3,3	32,7	43,1

Относительно благоприятные запасы влаги перед посевом озимой пшеницы сложились только осенью 2018 г. В остальные годы по всем сидеральным предшественникам наблюдался дефицит влаги. В среднем за период исследований самые низкие запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы отмечены после тритикале – 37,0 мм; эспарцета –37,1 мм; смеси озимых – 37,4 мм и ржи – 39,5 мм. Несколько выше они (от 42 до 51 мм) после фитоценозов фацелии, клевера, донника и вики, однако их количество оценивалось как недостаточное для удовлетворения потребностей озимой пшеницы перед уходом в зиму.

Урожайность зерна озимой пшеницы определялась не только видовым составом сидеральных культур, но и значительно зависела от погодных условий (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние предшественников–сидератов на урожайность зерна пшеницы озимой, т/га

Предшественник	Год			Среднее
	2018	2019	2020	
Донник желтый	2,59	4,34	2,99	3,31
Клевер луговой	2,38	4,34	3,29	3,34
Эспарцет песчаный	2,74	4,40	3,10	3,41
Тритикале озимая	2,62	3,98	2,74	3,11
Рожь озимая	3,38	4,02	2,76	3,39
Вика паннонская	3,67	4,63	2,99	3,76
Смесь озимых	3,74	4,37	3,40	3,84
Фацелия пижмолистная	3,95	4,06	3,13	3,71
Средняя по опыту	3,13	4,27	3,05	3,48
$НСР_{05}$	0,56	0,43	0,47	

В условиях 2018 г. максимальную урожайность зерна обеспечила пшеница озимая, выращиваемая после фацелии – 3,95 т/га, смеси озимых культур – 3,74 т/га, вики – 3,67 т/га. Эти посевы дали достоверную прибавку относительно других сидеральных культур, урожайность которых составила 3,38–2,62 т/га. В 2019 г. более высокой продуктивностью зерна характеризовалась озимая пшеница, выращиваемая после вики, эспарцета, донника, клевера, а также смеси озимых культур – 4,34–4,63 т/га. Достоверная прибавка урожая зерна пшеницы зафиксирована после вики относительно посевов, возделываемых после ржи и тритикале на 0,61–0,65 т/га (15,2–16,3 %). В 2020 г. наибольший урожай зерна –

3,40 т/га получен после смеси озимых культур, достоверно на 0,64–0,66 т/га превысив показатели продуктивности посевов, возделываемых после ржи и тритикале. В среднем за годы исследований максимальная урожайность зерна озимой пшеницы – 3,84 т/га получена после использования в качестве зеленого удобрения смеси озимых культур, а наименьшая – после тритикале (3,11 т/га).

Сидеральные культуры оказывали различное влияние на развитие растений и процессы формирования урожая озимой пшеницы (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние сидеральных культур на структуру урожая озимой пшеницы (среднее за 2017–2019 гг.)

Предшественник	Густота, шт./м^2			Количество зерен с растения		Длина колоса
	растений	стеблей				
		всего	продуктивных	шт.	г	см
Донник желтый	304	770	536	49,3	1,48	6,8
Клевер луговой	301	729	498	46,7	1,42	7,0
Эспарцет песчаный	312	788	530	49,8	1,52	7,3
Тритикале озимая	285	644	496	45,8	1,44	6,8
Рожь озимая	300	752	514	49,1	1,62	6,8
Вика паннонская	309	734	541	53,6	1,59	7,4
Смесь озимых	292	685	512	48,2	1,61	6,9
Фацелия пижмолистная	311	735	545	50,8	1,62	7,1
$НСР_{05}$	14	41	22	5,7	0,17	0,7

Наиболее развитый стеблестой озимая пшеница сформировала после сидерации донника и эспарцета – 770 и 788 шт./м^2, то есть у тех вариантов, где были лучшие условия по обеспеченности растений азотом. Но в процессе весенней вегетации эти посевы в большей степени испытывали дефицит влаги, особенно в засушливые годы. К моменту уборки урожая эти посевы уже уступали по количеству продуктивных стеблей (на 5–15 шт./м^2) стеблестоям пшеницы, сформировавшимся после сидерации вики и фацелии, где эти показатели составили 541 и 545 шт./м^2 соответственно. Наиболее изреженный стеблестой (644 и 685 шт./м^2) пшеница сформировала после тритикале и смеси озимых. К уборке урожая наименьшее число продуктивных стеблей – 496–498 шт./м^2, а также меньшее количество зерен растения пшеницы сформировали после клевера и тритикале, соответственно 46,7 шт. (14,2 г) и 45,8 шт. (14,4 г). По длине колоса достоверных различий не было, однако наблюдали тенденцию по формированию более крупных колосьев длиной 7,3–7,4 см у растений пшеницы, выращиваемых после эспарцета и вики.

Изучаемые сидеральные культуры оказали влияние и на показатели качества зерна (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние сидеральных культур на качество зерна озимой пшеницы, (среднее за 2017–2019 гг.)

Культура	Содержание, %		Масса 1000 зерен, г	Натурная масса, г/л	Стекловидность, %
	протеин	клейковина			
Донник желтый	14,2	28,7	29,6	717	72,8
Клевер луговой	13,2	26,2	30,4	719	76,4
Эспарцет песчаный	14,5	29,6	29,6	719	71,0
Тритикале озимая	11,2	21,0	32,0	744	62,0
Рожь озимая	11,3	21,3	33,0	748	66,8
Вика паннонская	13,8	27,8	30,6	721	82,7
Смесь озимых	12,6	24,8	32,8	738	70,6
Фацелия пижмолистная	13,5	27,0	32,1	743	72,4
$НСР_{05}$			$F_ф<F_т$	$F_ф<F_т$	

За период исследований наиболее высокое содержание протеина – 14,2–14,5 % и клейковины – 28,7–29,6 % в зерне пшеницы получено после многолетних бобовых трав донника и эспарцета, что по этим показателям соответствует зерну второго класса. После злаковых культур тритикале и ржи показатели содержания белка снизилось до 11,2–11,3 %, а клейковины – до 21,0–21,3 %.

Так как два из трех лет исследований были засушливыми, растения пшеницы озимой в среднем сформировали мелкое зерно. Масса 1000 семян варьировала от 29,6 до 33,0 г. Наблюдали тенденцию по увеличению натурной массы зерна после сидерации озимой ржи, тритикале и фацелии – более 740 г/л. После бобовых культур этот показатель варьировал в пределах 717–721 г/л. Наиболее высокая стекловидность – 82,7 % – получена после озимой вики.

Выводы

Наибольшее количество нитратного азота в почве перед посевом пшеницы озимой содержалось после сидерации бобовых культур (1,9–2,3мг/100 г почвы): донника, эспарцета и клевера, наименьшее – после тритикале и ржи (1,1–1,2мг/100 г). Максимальное содержание подвижного фосфора (3,3мг/100 г почвы) и калия (32,7мг/100 г почвы)отмечено после использования на зеленое удобрение фацелии.

В среднем за три года исследований максимальная урожайность зерна озимой пшеницы – 3,84 т/га, получена после использования в качестве зеленого удобрения смеси озимых культур, а наименьшая – после тритикале (3,11 т/га). Вегетационный период 2018–2019 гг. характеризовался благоприятным гидротермическим режимом, средняя по опыту урожайность зерна была максимальной и составила 4,27 т/га.

Наибольшее количество продуктивных стеблей (530–545шт./м^2)и зерен с колоса (49,3–53,6 шт.) пшеница озимая формировала в вариантах с сидерацией фацелии, вики, эспарцета и донника.

Использование в качестве сидератов бобовых культур– многолетних трав донника и эспарцета позволило получить более высокое содержание в зерне протеина – 14,2–14,5 % и клейковины – 28,7–29,6 %.

Литература

1. Terzic D., Popovic V. M., Malic N., Ikanovic J., Rajicic V., Popovic S., Loncar M., Loncarevic V. Effects of long-term fertilization on yield of siderates and organic matter content of soil in the process of recultivation // Journal of Animal and Plant Sciences. 2019. Vol. 29. Iss. 3. P. 790–795.

2. Thomas C. L., Acquah G. E., Whitmore A. P., McGrath S. P., Haefele S. M. The effect of different organic fertilizers on yield and soil and crop nutrient concentrations // Agronomy. 2019. Vol. 9. Iss. 12. Art. No. 776. DOI: 10.3390/agronomy9120776.

3. Турин Е. Н. Преимущества и недостатки системы земледелия прямого посева в мире (Обзор) // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 2(22). С. 150–168. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-2-22-150-168.

4. Baibekov R. F., Esaulko A. N., Lobankova O. Yu., Golosnoy E. V., Ozheredova A. Yu. Biologization of fertilizer systems: a step towards organic farming // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. Iss. 4. P. 1694–1701.

5. Файзуллин И. И., Набиуллин Р. З., Ахметзянов М. Р. Биологизация земледелия – основа высокопродуктивного хозяйства // Вестник Казанского ГАУ. 2011. № 1 (19). С. 153–156.

6. Bhunia S., Bhowmik A., Mallick R., Mukherjee J. Agronomic efficiency of animal-derived organic fertilizers and their effects on biology and fertility of soil: a review. // Agronomy. 2021. Vol. 11. Iss. 5. Art. No 823. DOI: 10.3390/agronomy11050823.

7. Amede T., Legesse G., Agegnehu G., Gashaw T., Degefu T., Desta G., Mekonnen K., Schulz S., Thorne P. Short term fallow and partitioning effects of green manures on wheat systems in East African highlands // Field Crops Research. 2021. Vol. 269. Art. No. 108175. DOI: 10.1016/j.fcr.2021.108175.

8. Prikhodko A. V., Cherkashyna A. V., Zubochenko A. A., Svyatyuk Y. V., Gongalo A. A., Pikhtereva A. V., Moreva T. B. Influence of composition species of green manure crops on soil fertility // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Fundamental and Applied Scientific Research in

the Development of Agriculture in the Far East (AFE 2021). Ussurijsk: IOP Publishing Ltd, 2021. Vol. 937. Iss. 2. Art. No. 032022. DOI: 10.1088/1755-1315/937/3/032022.

9. Cerbari V., Cojocaru O. Evaluation of quality amendments in ordinry chernozem after incorporation in the soil a harvest of intermediate culture the vetch as a green mass // Scientific papers. Series A. Agronomy. 2019. Vol. 62. Iss. 1. P. 13–18.

10. Xue N. W., Yang Z. P., Gao Z. Q., Zhang C. L., Xue J. F., Liu X. L., Sun M., Du T. Q. Effects of green manures during fallow on moisture and nutrients of soil and winter wheat yield on the Loss Plateau of China // Emirates Journal of Food and Agriculture. 2017. Vol. 29. Iss. 12. P. 978–987. DOI: 10.9755/ejfa.2017.v29.i12.1568.

11. Киреев А. К., Жусупбеков Е. К., Тыныбаев Н. К. Сидераты – малозатратный прием повышения плодородия почвы и урожайности культур на богарных землях юго-востока Казахстана // Агроснабфорум. 2018. № 8 (164). С. 60–62.

12. Турусов В. И., Гармашов В. М., Абанина О. А., Михина Т. И. Сидеральный пар как прием повышения плодородия почвы и продуктивности озимой пшеницы // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. Вып. 3. № 45. Ч. 3. С. 125–126. DOI: 10.18454/IRJ.2016.45.170.

13. Приходько А. В., Сусский А. Н., Моляр С. А. Влияние различных видов органических удобрений на показатели урожайности и качества зерна пшеницы озимой в условиях степного Крыма // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 4(12). С. 98–107.

14. Miller P. R., Lighthiser E. J., Jones C. A., Holmes J. A., Rick T. L., Wraith J. M. Pea green manure management affects organic winter wheat yield and quality in semiarid Montana. // Canadian Journal of Plant Science. 2011. Vol. 91. Iss. 3. P. 497–508. DOI: 10.4141/CJPS10109.

15. Alam M. Z., Lynch D. H., Tremblay G., Gillis-Madden R., Vanasse. A. Optimizing combining green manures and pelletized manure for organic spring wheat production // Canadian Journal of Soil Science. 2018. Vol. 98. Iss. 4. P. 638-649. DOI: 10.1139/cjss-2018-0049.

16. Olesen J.E., Askegaard M, Rasmussen I. A. Winter cereal yields as affected by animal manure and green manure in organic arable farming // European Journal of Agronomy. 2009. Vol. 30. Iss. 2. P. 119–128. DOI: 10.1016/j.eja.2008.08.002.

17. Chuckran P. F., Reibold R., Throop H. L., Reed S. C. Multiple mechanisms determine the effect of warming on plant litter decomposition in a dryland // Soil Biology & Biochemistry. 2020. Vol. 145. Art. No. 107799. DOI: 10.1016/j.soilbio.2020.107799.

18. Паштецкий В. С., Приходько А. В. Использование сидератов для воспроизводства плодородия почв в условиях степного Крыма // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2019. № 5 (79). С. 44–46.

19. Приходько А. В., Черкашина А. В. Продуктивность сидеральных культур в различных гидротермических условиях // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 3(27). С. 144-154. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-144-154.

20. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Пятое издание, переработанное и дополненное. М.: Альянс, 2014. 351 с.

21. Половицкий И. Я., Гусев П. Г. Почвы Крыма и повышение их плодородия. Симферополь: Таврия, 1987. 152 с.

22. Гусев В. П., Колесниченко В. Т. Почвы сельскохозяйственной опытной станции и прилегающих районов Крымских степей // Труды Крымской Государственной сельскохозяйственной опытной станции. Симферополь: Крымиздат, 1955. Т. 1. С. 21–49.

23. Николаев Е. В., Изотов А. М., Тарасенко Б. А. Растениеводство Крыма. Симферополь: Фактор, 2006. 352 с.

24. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры). Вып. 2. М.: Калининская областная типография, 1989. 195 с.

25. Довідник з агрокліматичних ресурсів України (Агрокліматичні ресурси) Серія 2. Ч. 1. Том 1. К.: Держкомгідромет України, 1995. 201 с.

26. Агрокліматичний довідник по Автономній Республіці Крим (1986-2005 рр.): Довідкове видання // За ред. Прудка О. І. та Адаменко Т. І. Сімферополь: ЦГМ в АРК, 2011. 344 с.

References

1. Terzic D., Popovic V. M., Malic N., Ikanovic J., Rajicic V., Popovic S., Loncar M., Loncarevic V. Effects of long-term fertilization on yield of siderates and organic matter content of soil in the process of recultivation // The Journal of Animal and Plant Sciences. 2019. Vol. 29. Iss. 3. P. 790–795.

2. Thomas C. L., Acquah G. E., Whitmore A. P., McGrath S. P., Haefele S. M. The effect of different organic fertilizers on yield and soil and crop nutrient concentrations // Agronomy. 2019. Vol. 9. Iss. 12. Art. No. 776. DOI: 10.3390/agronomy9120776.

3. Turin E. N. Advantages and disadvantages of no-till farming around the world (review) // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2020. No. 2(22). P. 150-168. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-2-22-150-168.

4. Baibekov R. F., Esaulko A. N., Lobankova O. Yu., Golosnoy E. V., Ozheredova A. Yu. Biologization of fertilizer systems: a step towards organic farming // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. Iss. 4. P. 1694–1701.

5. Fayzullin I.I., Nabiullin R.Z., Akhmetzyanov M.R. Biologization of agriculture is the basis of a highly productive economy // Vestnik of the Kazan State Agrarian University.2011. No.1 (19). P. 153–156.

6. Bhunia S., Bhowmik A., Mallick R., Mukherjee J. Agronomic efficiency of animal-derived organic fertilizers and their effects on biology and fertility of soil: a review. // Agronomy. 2021. Vol. 11. Iss. 5. Art. No. 823. DOI: 10.3390/agronomy11050823.

7. Amede T., Legesse G., Agegnehu G., Gashaw T., Degefu T., Desta G., Mekonnen K., Schulz S., Thorne P. Short term fallow and partitioning effects of green manures on wheat systems in East African highlands // Field Crops Research. 2021. Vol. 269. Art. No. 108175. DOI: 10.1016/j.fcr.2021.108175.

8. Prikhodko A. V., Cherkashyna A. V., Zubochenko A. A., Svyatyuk Y. V., Gongalo A. A., Pikhtereva A. V., MorevaT. B. Influence of composition species of green manure crops on soil fertility // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE 2021). Ussurijsk: IOP Publishing Ltd., 2021. Vol. 937. Iss. 2. Art. No. 032022. DOI: 10.1088/1755-1315/937/3/032022.

9. Cerbari V., Cojocaru O. Evaluation of quality amendments in ordinry chernozem after incorporation in the soil a harvest of intermediate culture the vetch as a green mass // Scientific papers. Series A. Agronomy. 2019. Vol. 62. Iss. 1. P. 13–18.

10. Xue N. W., Yang Z. P., Gao Z. Q., Zhang C. L., Xue J. F., Liu X. L., Sun M., Du T. Q. Effects of green manures during fallow on moisture and nutrients of soil and winter wheat yield on the Loss Plateau of China // Emirates Journal of Food and Agriculture. 2017. Vol. 29. Iss. 12. P. 978–987. DOI: 10.9755/ejfa.2017.v29.i12.1568.

11. Kireyev A. K., Zhussupbekov Ye. K., Tynybaev N. K. Green manure – a low-cost technique for increasing soil fertility and crop yields on the rainfed lands of south-east Kazakhstan // Agrosnabforum. 2018. No. 8 (164). P. 60–62.

12. Turusov V. I., Garmashov V. M., Abanina O. A., Mihina T. I. Pairs of green manure as a method of improving soil fertility and productivity of winter wheat // International Research Journal. 2016. Iss. 3. No. 45. Part 3. P. 125–126. DOI: 10.18454/IRJ.2016.45.170.

13. Prikhodko A. V., Susskiy A. N., Molyar S. A. Influence of different types of organic fertilizers on the productivity and quality parameters of winter wheat grain under the conditions of steppe Crimea // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2017. No. 4(12). P. 98–107.

14. Miller P. R., Lighthiser E. J., Jones C. A., Holmes J. A., Rick T. L., Wraith J. M. Pea green manure management affects organic winter wheat yield and quality in semiarid Montana // Canadian Journal of Plant Science. 2011. Vol. 91. Iss. 3. P. 497–508. DOI: 10.4141/CJPS10109.

15. Alam M. Z., Lynch D. H., Tremblay G., Gillis-Madden R., Vanasse. A. Optimizing combining green manures and pelletized manure for organic spring wheat production // Canadian Journal of Soil Science. 2018. Vol. 98. Iss. 4. P. 638-649. DOI: 10.1139/cjss-2018-0049.

16. Olesen J. E., Askegaard M., Rasmussen I. A. Winter cereal yields as affected by animal manure and green manure in organic arable farming // European Journal of Agronomy. 2009. Vol. 30. Iss. 2. P. 119–128. DOI: 10.1016/j.eja.2008.08.002.

17. Chuckran P. F., Reibold R., Throop H. L., Reed S. C. Multiple mechanisms determine the effect of warming on plant litter decomposition in a dryland // Soil Biology & Biochemistry. 2020. Vol. 145. Art. No. 107799. DOI: 10.1016/j.soilbio.2020.107799.

18. Pashtetskiy V. S., Prikhodko A. V. The use of green manure crops to recover soil fertility under the conditions of Crimean steppes // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2019. No. 5 (79). P. 44–46.

19. Prikhodko A. V., Cherkashyna A. V. Productivity of green manure crops depending on hydrothermal conditions // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 3(27). P. 144–154. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-144-154.

20. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Alliance, 2014. 351 p.

21. Polovitsky I. Ya. Gusev P.G. Soils of the Crimea and increasing their fertility. Simferopol: Tauria, 1987. 152p.

22. Gusev V. P., Kolesnichenko V. T. Soils of the Agricultural Experimental Station and the surrounding areas of the Crimean steppes// Scientific works of the Crimean State Agricultural Experimental station. Simferopol: Krymizdat. 1955. Vol.1. P. 21–49.

23. Nikolaev E. V., Izotov A. M., Tarasenko B. A. Crop production in the Crimea. Simferopol: Factor, 2006. 352 p.

24. Methods of the State variety testing of agricultural crops (grain, cereal, legume, fodder crops and corn). Iss. 2. Moscow: Kalininskaya Regional Printing House, 1989. 195 p.

25. Reference agro-climatic resources of Ukraine (Agro climatic resources). Series 2. Part 1. Kyiv: State Committee for Hydrometeorology Ukraine, 1995. Vol. 1. 201 p.

26. Agrarian climatic handbook of the Autonomous Republic of Crimea (1986–2005) // Ed. by Prudko A. I., Adamenko T. I. Simferopol: Central hydrometeorology in the Autonomous Republic of Crimea, 2011. 344 p.

UDC 631.874:633.111.1

Prikhodko A. V., Cherkashyna A. V.

INFLUENCE OF GREEN MANURE CROPS ON WINTER WHEAT GRAIN PRODUCTIVITY AND QUALITY

Summary. *The main source of organic matter in soils is plant residues.Under various soil and climatic conditions, scientists have gained considerable experience in growing plants, the biomass of which is incorporated in the soil and used as green manure. The aim of the current research was to determine the influence of green manure crops species composition on winter wheat grain yield formation and quality indicators.The studies were conducted in 2017–2020 on the experimental fields of the Research Institute of Agriculture of Crimea. Position of the variants – systematic, triple replication. Fields square – 720 m^2. The following phytocenoses were used as green manure: perennial grasses –Melilotus officinalis Mill., Trifolium pratense L., Onobrychis arenaria (Kit. ex Willd.) DC.); winter crops – Secale cereale L.,Triticale aestivumforme,Vicia pannonica and a mixture of the aforementioned crops; early spring crop – Phacelia tanacetifolia Bent. Soil – chernozemssouthernlow-humus. In the course of the research, we found that just before winter wheat sowing, the largest amount of nitrate-nitrogen (1.9–2.3 mg/100 g of soil) was after incorporating legumes (sweet clover, sainfoin and clover) into the soil; mobile phosphorus (3.3 mg/100 g of soil) and potassium (32.7 mg/100 g of soil) – after phacelia.On average, over three years of research, the best winter wheat grain yield (3.84 t/ha) was obtained after using a mixture of winter crops as a green fertilizer; the worst – after triticale (3.11 t/ha).Growing season 2018–2019 was favorable in terms of the hydrothermal regime. The average grain yield was the highest and amounted to 4.27 t/ha.The largest number of productive stems (530–545 stems per m^2) and grains per ear (49.3–53.6 pcs) were formed in variants with phacelia, vetch, sainfoin and sweet clover incorporation.The use of legumes (perennial sweet clover and sainfoin) as green manure made it possible to obtain higher content of protein and gluten in T. aestivum grain – 14.2–14.5% and 28.7–29.6%, respectively.*

Keywords: *winter wheat Triticum aestivum L., green manure, soil fertility, yield, grain, protein, gluten.*

Приходько Александр Валентинович, старший научный сотрудник лаборатории земледелия, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: prihodko_a@niishk.ru.

Черкашина Анна Владимировна, научный сотрудник лаборатории земледелия ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: cherkashyna_a@niishk.ru.

Prikhodko Aleksandr Valentinovich, senior researcher of the Laboratory of agriculture, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: prihodko_a@niishk.ru.

Cherkashyna Anna Vladimirovna, researcher of the Laboratory of agriculture, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150 Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia; e-mail: cherkashyna_a@niishk.ru.

Дата поступления в редакцию – 10.03.2022.
Дата принятия к печати – 10.05.2022.

УДК 631.421
EDN UDJMIX

Сухановский Ю. П., Нитченко Л. Б., Хлюпина С. В., Прущик И. А.

ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ БЕССМЕННЫХ КУЛЬТУР ПО ДАННЫМ МНОГОЛЕТНЕГО ОПЫТА ФБГНУ «КУРСКИЙ ФАНЦ»

ФГБНУ «Курский Федеральный аграрный научный центр»

Реферат. *Проведён статистический анализ многолетних рядов урожайности бессменных посевов озимой пшеницы, ячменя, кукурузы на зелёный корм, сахарной свёклы, многолетних трав на сено. Цель анализа – оценка достоверности среднемноголетних значений урожайностей и разности этих урожайностей, а также оценка риска получения урожайности меньше заданного значения. Для каждой культуры изучали четыре варианта: 1) безотвальная обработка почвы, без удобрений; 2) безотвальная обработка почвы, с минеральными удобрениями; 3) отвальная обработка почвы, без удобрений; 4) отвальная обработка почвы, с минеральными удобрениями. Данные по урожайности бессменных посевов многофакторного полевого опыта проанализированы за 20 лет (1999–2018 гг.). Подтверждена гипотеза, что для анализа многолетних рядов урожайности можно использовать функцию нормального распределения вероятности. Используя эту функцию и её свойства, для урожайности бессменных культур получены следующие результаты. 1. Для каждой культуры и каждого варианта проведена оценка достоверности среднемноголетней урожайности. 2. Для каждой культуры проведена оценка достоверности разницы среднемноголетних урожайностей для разных вариантов опыта. Из 30 возможных комбинаций в 15 разница была достоверная, в 15 – недостоверная. Для достоверной разницы рассчитано различие урожайностей. 3. Проведённые расчёты показали: для озимой пшеницы у варианта 1 (безотвальная обработка почвы, без минеральных удобрений) риск в 5,4 раза больше, чем у варианта 4 (отвальная обработка почвы, с минеральными удобрениями). 4. По данным того же многофакторного полевого опыта достоверно установлено, что в севообороте урожайность озимой пшеницы (Triticum aestivum L.) на 79 % (на 1,5 т/(га год)) больше, чем в бессменных посевах, урожайность ярового ячменя (Hordeum distichon L.) – на 71 % (на 1,2 т/(га год)).*

Ключевые слова: *бессменные посевы, варианты опыта, урожайность, достоверность, оценка риска.*

Для цитирования: *Сухановский Ю. П., Нитченко Л. Б., Хлюпина С. В., Прущик И. А. Оценка урожайности бессменных культур по данным многолетнего опыта ФБГНУ «Курский ФАНЦ» // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 2(30). С. 121–131. EDN: UDJMIX.*

For citation: *Sukhanovskii Yu. P., Nitchenko L. B., Khlupina S. V., Prushchik I. A. Evaluation of yields of permanent crops according to the long-term studies carried out in the Federal Agricultural Kursk Research Center // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 2(30). P. 121–131. EDN: UDJMIX.*

Введение

Снижение урожайности бессменных сельскохозяйственных культур связывают с увеличением поражённости растений вредителями и болезнями, а также с повышением засорённости посевов. Это ведёт, с одной стороны, к необходимости увеличивать затраты на средства защиты растений, а, с другой стороны – к увеличению количества загрязнителей почвы, грунтовых и поверхностных вод. Следуя за конъюнктурой рынка, производитель заинтересован в выборе наиболее

выгодных культур. Эти культуры со временем меняются, что предполагает переход к другим культурам и другим технологиям. Чем меньше культур, тем меньше затрат на технику. Переход к безотвальной обработке почвы сокращает затраты, а отсутствие обработки (No-Till) ещё больше их сокращает. Это определяет коммерческий интерес к севооборотам с меньшим количеством культур (включая бессменные посевы) и к обработкам почвы с минимальными затратами.

При переходе на другие культуры и технологии их возделывания необходимо знать ожидаемую среднюю урожайность, её стабильность (наличие или отсутствия тренда), а также риск (вероятность), что урожайность может быть меньше заданного минимального значения. С этой целью проводят многолетние полевые опыты для разных вариантов производства растениеводческой продукции за рубежом [1–4] и в России [5–12]. Особенно актуальны опыты с большим количеством вариантов, так как при изменении конъюнктуры рынка можно выбирать наиболее подходящие из уже проверенных вариантов. Примером таких возможностей являются данные для 38 вариантов [9]. Эти варианты разделены на три группы: шестипольные севообороты (24 варианта), двухпольные севообороты (шесть вариантов), бессменные посевы (восемь вариантов). Для экономической оценки полученных результатов использованы два показателя: прибыль (руб./(га год)) и рентабельность (%). Максимальная прибыль 9896,3 руб./(га год) с рентабельностью 20,7 % была у двухпольного севооборота (яровая твердая пшеница – кукуруза на силос, без удобрений). Максимальная рентабельность – 209,7 % с прибылью 5095,8 руб./(га год) была у бессменного ярового ячменя без использования удобрений. Эти два экономических показателя лучше, чем у 24 вариантов шестипольных севооборотов. Убытки (отрицательная прибыль) были в 15 вариантах, из них 12 вариантов – это шестипольные севообороты с использованием удобрений. Имея такие данные за прошедшее время, можно надёжнее планировать будущие работы. Для повышения информативности многолетних полевых опытов необходимо следующее: 1. Оценивать погрешность среднемноголетних урожайностей и достоверность их разностей. 2. Оценивать стабильность средней урожайности. 3. Оценивать риск (вероятность) получить урожайность меньше заданного минимального значения (например, вероятность получить убытки (отрицательное значение прибыли)). Существует много разных методов, которые можно использовать для анализа многолетних рядов урожайности. Лучше выбирать простые методы, которые подходят для решения конкретной задачи.

Цель исследований – применение методов статистического анализа для оценки достоверности и риска урожайности бессменных культур на примере действующего многолетнего полевого опыта.

Материалы и методы исследований

Использованы многолетние данные по урожайности бессменных культур стационарного многофакторного полевого опыта (МПО) ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» (Курская область, Медвенский район). Почва – чернозём типичный тяжелосуглинистый слабоэродированный. Содержание гумуса в слое почвы 0–20 см – 5,3 ± 0,3 % (ГОСТ 26213-84), щёлочногидролизуемого азота (метод Корнфилда) – 18,0 мг/100 г, подвижного фосфора (ГОСТ 26204-91) – 14,8 мг/100 г, калия (ГОСТ 26204-91) – 11,7 мг/100 г почвы, pH_{Kcl} (ГОСТ 26483-85) – 6,5 ед. Делянки расположены на приводораздельной части склона (северной экспозиции с уклоном до 1°), их площадь 40 × 5 = 200 м^2. Изучены бессменные посевы озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), ярового ячменя (*Hordeum distichon* L.), кукурузы (*Zéa mays*) на зеленый корм, сахарной свёклы (*Beta vulgaris)* и многолетних трав (*Bromopsis inermis* H.) на сено. Основная обработка

почвы представлена двумя вариантами: отвальная и безотвальная, с применением и без применения минеральных удобрений. Под озимую пшеницу и ячмень обработку почвы проводили на глубину 20–22 см, подкукурузу и сахарную свёклу – 28–30 см. Под многолетние травы почву обрабатывали только в начале закладки опыта, минеральные удобрения вносили ежегодно осенью, весной проводили боронование трав. В таблице 1 представлена схема полевого опыта с бессменными культурами.

Таблица 1 – Схема опыта с бессменными культурами

Культура	№ варианта	Вариант обработки почвы	Минеральные удобрения, кг/(га год)*
Озимая пшеница	1	безотвальная	без удобрений
	2	безотвальная	$N_{40}P_{80}K_{80}$
	3	отвальная	без удобрений
	4	отвальная	$N_{40}P_{80}K_{80}$
Ячмень	1	безотвальная	без удобрений
	2	безотвальная	$N_{60}P_{60}K_{60}$
	3	отвальная	без удобрений
	4	отвальная	$N_{60}P_{60}K_{60}$
Кукуруза (на зеленый корм)	1	безотвальная	без удобрений
	2	безотвальная	$N_{180}P_{160}K_{180}$
	3	отвальная	без удобрений
	4	отвальная	$N_{180}P_{160}K_{180}$
Сахарная свекла	1	безотвальная	без удобрений
	2	безотвальная	$N_{180}P_{160}K_{180}$
	3	отвальная	без удобрений
	4	отвальная	$N_{180}P_{160}K_{180}$
Многолетние травы (на сено)	1	безотвальная	без удобрений
	2	безотвальная	$N_{60}P_{60}K_{60}$
	3	отвальная	без удобрений
	4	отвальная	$N_{60}P_{60}K_{60}$

Примечание. ** доза удобрений в килограммах действующего вещества.*

Методы. Использованы данные по урожайности, полученные в многофакторном полевом опыте за 20 лет наблюдений (1999–2018 гг.). Эти данные имеют две особенности. Первая – данные по урожайности отсутствуют за некоторые годы. Вторая – значения урожайности больше нуля.

Для каждой культуры и каждого варианта опыта использован ряд имеющихся значений урожайности:

$$\{x_i\},\ i=1, 2, 3\ldots n, \tag{1}$$

где x_i– измеренное значение урожайности, i – порядковый номер, n – количество значений.

Урожайность является случайной непрерывной величиной. Ряд (1) называют случайной выборкой измеренных значений с объёмом n. Для выборки (1) рассчитано среднее арифметическое:

$$\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i, \tag{2}$$

стандартное отклонение:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\overline{x})^2}{n-1}}, \tag{3}$$

коэффициент вариации:

$$C_v = 100\frac{s}{\overline{x}}. \tag{4}$$

Результат измерения (ГОСТ Р 8.736-2011) представлен интервалом погрешности:

$$\overline{x} \pm \Delta_x, \quad (5)$$

$$\Delta_x = k_p \cdot s, \quad (6)$$

Где Δ_x – абсолютная погрешность урожайности за год, k_p – безразмерный коэффициент, зависящий от вероятности P интервала погрешности.
Относительная погрешность (в %):

$$\delta_x = 100\frac{\Delta_x}{\overline{x}} \quad (7)$$

Для результатов исследований необходима оценка их достоверности (ГОСТ 7.32-2017). Величина δ_x определяет долю абсолютной погрешности Δ_x в измеренном значении $\overline{x}$. При $\delta_x \geq 100\%$ ($\overline{x} \leq \Delta_x$) измеренное значениенаходится в пределах его погрешности, то есть, оно недостоверное. Показателем достоверности измеренного значения является его погрешность – чем меньше погрешность, тем больше достоверность.

Интервал (5) соответствует урожайности за год. Для описания случайных выборок использовано нормальное распределение вероятности. Функция распределения вероятности представлена в виде

$$N(x, \mu, \sigma), \quad (8)$$

где x – значение случайной величины, μ – среднее значение генеральной совокупности, σ – стандартное отклонение этой совокупности.

Так как значения μ и σ неизвестные, то при расчётах вместо них используют выборочные значения $\overline{x}$ (2) и s (3). Функция (8) определяет вероятность, с которой значение случайной величины будет меньше значения x. Это распределение имеет следующее свойство. Если выборку (1) описывает функция (8), то средние значения$\overline{x}$ также описывает функция нормального распределения

$$N(\overline{x}, \mu, \sigma_{\overline{x}}), \quad (9)$$

$$\sigma_{\overline{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}. \quad (10)$$

Для проведения расчётов вместо μи $\sigma_{\overline{x}}$ используют, соответственно, $\overline{x}$ и стандартное отклонение:

$$s_{\overline{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}. \quad (11)$$

Интервал погрешности для среднего значения $\overline{x}$ запишется, как:

$$\overline{x} \pm \Delta_{\overline{x}}, \quad (12)$$

$$\Delta_{\overline{x}} = k_p \frac{s}{\sqrt{n}}, \quad (13)$$

где $\Delta_{\overline{x}}$ – абсолютная погрешность, в данном случае, значения среднемноголетней урожайности $\overline{x}$(2).
Относительная погрешность:

$$\delta_{\overline{x}} = 100\frac{\Delta_{\overline{x}}}{\overline{x}} = 100k_p\frac{s}{\overline{x}\sqrt{n}}. \quad (14)$$

Для нормального распределения вероятности при k_p = 1 интервал погрешности соответствует вероятности P = 0,68, при k_p = 2 соответствует P = 0,95. Из (13) и (14) следует, что погрешность уменьшается с увеличением объёма выборки n(с увеличением продолжительности наблюдений за урожайностью).

В исследованиях часто сравнивают результаты измеренийурожайности на двух разных вариантах. Разность среднемноголетних значений урожайности достоверная, если она больше суммы их погрешностей, то есть:

$$\left|\overline{x1} - \overline{x2}\right| > \left(\Delta_{\overline{x1}} + \Delta_{\overline{x2}}\right), \quad (15)$$

где 1 – соответствует первому варианту, 2 – соответствует второму варианту. Вертикальные скобки определяют абсолютное значение. Неравенство (15) определяет, что интервалы погрешностей не пересекаются.

Различие урожайностей (для достоверной разности) рассчитано по равенству:

$$\varepsilon_{12} = 100\frac{\overline{x2} - \overline{x1}}{\overline{x1}}, \quad (16)$$

где ε_{12} – превышение урожайности $\overline{x2}$над урожайностью $\overline{x1}$, %.

Результаты и их обсуждение

Оценка тренда урожайности. На рисунке показана динамика урожайности ячменя в варианте 4. Визуально из этой динамики следует, что за 20 лет детерминированные факторы (например, деградация почвы) практически не повлияли на урожайность, по сравнению со случайными факторами (метеорологические условия). Следовательно, можно принять, что тренд урожайности отсутствует, то есть средняя урожайность является стабильной. Аналогичная динамика урожайности для всех других культур и вариантов.

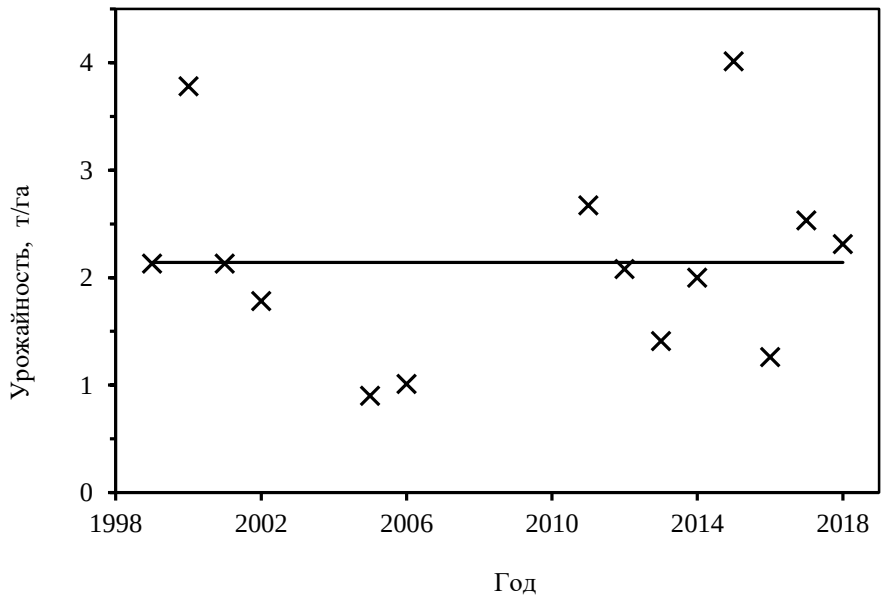


Рисунок – Динамика урожайности ячменя: отвальная обработка с удобрениями

Примечание. *× – урожайность; сплошная линия – среднемноголетняя урожайность.*

Оценка урожайности. Учитывая особенности рядов (1), была принята гипотеза: значения урожайности являются независимыми случайными значениями, описываемые усечённым нормальным распределением вероятности. Для нормального распределения случайная величина изменяется в интервале (-∞, +∞). В данном случае для усечённого нормального распределения урожайность изменяется в интервале (0, +∞). Применение критерия Колмогорова-Смирнова [13] при уровне значимости 0,05 подтвердило эту гипотезу для всех культур и вариантов

(исключение один случай – многолетние травы в варианте 1). Это означает, что такой статистический анализ можно проводить для данных, в которых отсутствуют некоторые значения урожайности. Для усечённого нормального распределения вероятность значения урожайности меньше нуля $P(Y<0) = 0$. Используя функцию нормального распределения, проведены расчёты вероятности, что урожайность может быть меньше нуля: $P(Y<0) = N(Y=0, m, \sigma)$. Результаты расчёта привели к следующим выводам: 1. Для всех выборок вероятность $P(Y<0)$ была в интервале значений от 8×10^{-4} до 3×10^{-2}, что много меньше доверительной вероятности $P = 0{,}68$ для интервала погрешности при $k_p = 1$. Это означает, что усечённое распределение достаточно близко к нормальному распределению. 2. Для приближённых расчётов можно использовать функцию $N(Y, m, \sigma)$ и свойства этого распределения. Из свойства нормального распределения [13] следует, что среднемноголетнюю урожайность $\overline{x}$ описывает функция (9).

В таблице 2 представлены статистические характеристики урожайности за период наблюдений 1999–2018 гг. Из данных этой таблицы следует, что все $\overline{x}$ являются достоверными (их относительная погрешность $\delta_{\overline{x}}$< 100%). Эти значения можно использовать при дальнейшем анализе. Для всех культур и вариантов относительная погрешность для средней урожайности является малой величиной. Это подтверждает сделанный визуально вывод, что среднемноголетняя урожайность является стабильной.

Таблица 2 – Статистические характеристики выборок урожайности при k_p = 1

Культура	№ варианта	Статистические характеристики урожайности			
		$m \pm \Delta_n$, т/(га год)	σ, т/(га год)	C_v, %	δ_n, %
Озимая пшеница (n =13)	1	1,5 ± 0,2	0,8	53	13
	2	2,2 ± 0,3	1,2	55	14
	3	1,9 ± 0,2	0,7	37	11
	4	2,3 ± 0,2	0,8	35	9
Сахарная свёкла (n = 8)	1	15 ± 2	6	40	13
	2	20 ± 3	9	45	15
	3	18 ± 3	8	44	17
	4	23 ± 4	10	43	17
Ячмень (n = 14)	1	1,4 ± 0,2	0,7	50	14
	2	1,9 ± 0,2	0,9	47	11
	3	1,7 ± 0,2	0,7	41	12
	4	2,1 ± 0,2	0,9	43	10
Кукуруза на зелёный корм (n = 14)	1	18 ± 2	7	39	11
	2	25 ± 3	12	48	12
	3	19 ± 2	6	32	11
	4	25 ± 2	8	32	8
Многолетние травы на сено (n = 12)	1	3,6 ± 0,4	1,5	42	11
	2	4,9 ± 0,7	2,5	52	14
	3	4,1 ± 0,5	1,6	39	12
	4	5,1 ± 0,6	2,0	39	12

Примечание. *объём выборки n < 20 означает отсутствие некоторых данных урожайности за период наблюдений 20 лет.*

Устойчивость урожайности. Чем меньше значение коэффициента вариации C_v, тем лучше устойчивость урожайности за год относительно воздействия случайных факторов. Из данных таблицы 2 следует, что: 1. При отвальной обработке почвы (варианты 3 и 4) устойчивость озимой пшеницы лучше, чем при безотвальной обработке. 2. Для остальных культур коэффициент C_v изменяется относительно в небольшом интервале значений.

Оценка риска. Используя значения для$\bar{x}$ и s (см. таблицу 2) по функции N(Y, $\bar{x}$, s) можно оценить риск (вероятность), что урожайность за год может быть меньше заданного значения $x_{зад}$. Значения $x_{зад}$= 1 т/(га год). Для варианта 1 риск$P(x<x_{зад})$ = $N(x_{зад}$ =1, $\bar{x}$=1,5, s =0,8) = 27%, для варианта 4 риск $P(x<x_{зад})$ =$N(x_{зад}$ =1, $\bar{x}$=2,3, s =0,8) = 5%. Риск у варианта 1 (безотвальная обработка, без удобрений) больше в 5,4 раза по сравнению с риском у варианта 4 (отвальная обработка, с удобрениями).

Оценка достоверности разности среднемноголетних урожайностей. Имея для культур значения средних урожайностей и их абсолютные погрешности (таблица 2, $\bar{x} \pm \Delta_{\bar{x}}$), можно оценить достоверность разницы среднемноголетних урожайностей для двух разных вариантов. Пример 1: сравнение урожайностей озимой пшеницы для вариантов 1 и 2 (см. таблицу2). Интервалы погрешностей, соответственно, (1,5 ± 0,2) т/(га год) и (2,2 ± 0,3) т/(га год). Для этих интервалов выполняется неравенство (15). Следовательно, разность достоверная (её называют ещё существенной). Рассчитанное по формуле (16) ε_{12} = 47%. Это значит, что достоверно среднемноголетняя урожайность озимой пшеницы в варианте 2 (с безотвальной обработкой и с минеральными удобрениями) больше на 47 % (на 0,7 т/(га год)) урожайности в варианте 1 (с безотвальной обработкой и без минеральных удобрений). Другими словами, при безотвальной обработке почвы применение минеральных удобрений ($N_{40}P_{80}K_{80}$) достоверно увеличило на 47 % (на 0,7 т/(га год)) среднемноголетнюю урожайность озимой пшеницы. Неравенство (15) можно использовать для сравнения любых двух вариантов. Пример 2: сравнение среднемноголетних урожайностей озимой пшеницы для вариантов 2 и 3. Интервалы погрешностей, соответственно, (2,2 ± 0,3) т/(га год) и (1,9 ± 0,2) т/(га год). Неравенство (15) не выполняется. Следовательно, разность недостоверная (её называют ещё несущественной). Другими словами, в пределах погрешностей среднемноголетняя урожайность озимой пшеницы одинаковая в варианте 2 (безотвальная обработка с минеральными удобрениями) и в варианте 3 (отвальная обработка без удобрений). В этом случае не имеет смысла рассчитывать значение ε_{23} по формуле (16). Пример 3: сравнение среднемноголетних урожайностей кукурузы на зелёный корм для вариантов 2 и 3. Интервалы погрешностей, соответственно, (25 ± 3) т/(га год) и (19 ± 2) т/(га год). Неравенство (15) выполняется – разность достоверная. Рассчитанное по (16) значение ε_{23} = –24%. Знак «-» означает, что урожайность кукурузы в варианте 3 (отвальная обработка без удобрений) меньше урожайности в варианте 2 (безотвальная обработка с минеральными удобрениями) на 24 % (на 6 т/(га год)) (см. таблицу2).

В таблице 3 представлены результаты оценки достоверности разности среднемноголетних урожайностей для всех пар вариантов опыта. Для достоверной разности по формуле (16) рассчитано количественное различие урожайностей.Обоснование выбора kp = 1. В таблице 3 представлены результаты сравнения для всех культур и всех комбинаций вариантов опыта (общее количество 5×6 = 30). Из них с достоверной разностью 15 комбинаций (это 50 %) и с недостоверной разностью тоже 15 (50 %). Эти результаты получены при kp = 1, то есть, за абсолютную погрешность принято стандартное отклонение s, а интервалу погрешности соответствует вероятность p = 0,68. Отсутствует однозначное решение

для выбора значения вероятности P. Часто используют p = 0,95, соответствующее уровню значимости 0,05. В таком случае этой вероятности соответствует kp = 2, а из формул (11) и (13) следует, что абсолютная погрешность Δx=2sx. Аналогичные расчёты были проведены для kp = 2 и получены результаты, аналогичные результатам в таблице 3.

Таблица 3 – Оценка разности среднемноголетних урожайностей для вариантов опыта

Культура	Номера сравниваемых вариантов опыта					
	1 и 2	1 и 3	1 и 4	2 и 3	2 и 4	3 и 4
Озимая пшеница	да/47	да/27	да/53	нет	нет	да/21
Сахарная свёкла	да/33	нет	да/53	нет	нет	нет
Ячмень	да/36	нет	да/50	нет	да/11	да/24
Кукуруза (на зеленый корм)	да/39	нет	да/39	да/-24	нет	да/32
Многолетние травы (на сено)	да/36	нет	нет	нет	нет	нет

Примечание. *да – достоверная разность, нет – недостоверная, «да/47» – число после «да» означает, насколько (в %) урожайности разные.*

Из 30 комбинаций только в одном случае была достоверная разность среднемноголетних урожайностей (для вариантов 1 и 4 озимой пшеницы). Для увеличения количества достоверных результатов необходимо увеличивать объём выборки n (увеличивать продолжительность опыта). Для конкретного случая [14] показано, что при kp = 2 продолжительность опыта должна быть больше 120 лет. Такая продолжительность нереальная. Для испытания новой агротехнологии даже 20 лет может быть слишком большим сроком (за это время она может устареть). Для получения в полевых опытах большего количества достоверно разных среднемноголетних урожайностей за абсолютную погрешность можно принять стандартное отклонение s, то есть kp = 1.

Сравнение со среднемноголетней урожайностью в севообороте. В этом же многофакторном полевом опыте есть вариант с отвальной обработкой почвы без применения удобрений и с севооборотом (чистый пар, озимая пшеница, сахарная свёкла, ячмень). В статье Д.В. Дубовика и соавторов [14] для этого опыта представлены данные по урожайности озимой пшеницы и ячменя за период 1985–2000 гг. Используя статистические данные этого варианта, при kp = 1 и объёме выборки n = 14, получены среднемноголетние значения урожайностей: (3,4 ± 0,3) т/(га год) для озимой пшеницы и (2,9 ± 0,2) т/(га год) для ячменя. Для бессменных культур это соответствует варианту 3 (отвальная обработка без удобрений). Из сравнения урожайностей в бессменных посевах и в севообороте получены следующие результаты: 1) разности среднемноголетних урожайностей достоверные (существенные); 2) в севообороте среднемноголетняя урожайность озимой пшеницы на 79% (на 1,5 т/(га год)) больше, а ячменя больше на 71% (на 1,2 т/(га год)).

Выводы

Установлено, что для статистического анализа случайных выборок урожайности, полученных в многолетнем многофакторном полевом опыте, можно использовать функцию нормального распределения вероятности. Используя эту функцию и её свойства, для урожайности бессменных культур получены следующие результаты. 1. Для каждого варианта проведена оценка достоверности среднемноголетней урожайности. 2. Для каждой культуры проведена оценка достоверности разницы среднемноголетних урожайностей для разных вариантов. Из

30 возможных комбинаций в 15 разница была достоверная, в 15 – недостоверная. Для достоверной разницы рассчитано различие урожайностей. 3. Проведённые расчёты показали: для озимой пшеницы у варианта 1 (безотвальная обработка почвы, без минеральных удобрений) риск в 5,4 раза больше, чем у варианта 4 (отвальная обработка почвы, с минеральными удобрениями). 4. По данным того же многофакторного полевого опыта достоверно установлено, что в севообороте урожайность озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) на 79% (на 1,5 т/(га год)) больше, чем в бессменных посевах, урожайность ярового ячменя (*Hordeum distichon* L.) – на 71% (на 1,2 т/(га год)).

Работа выполнена в рамках государственного задания ФБГНУ «Курский ФАНЦ» по теме № FGZU-2022-0005.

Литература

1. Nielsen D. C., Vigil M. F. Wheat yield and yield stability of eight dryland crop rotations // Agronomy Journal. 2018. Vol. 110. No. 2. P. 594–601. DOI: 10.2134/agronj 2017.07.0407.
2. Flower K. C., Hüberli D., Collins S. J., Thomas G., Ward P. R., Cordingley N. Progression of plant-parasitic nematodes and foliar and root diseases under no-tillage with different crop rotation // Soil and Tillage Research. 2019. Vol. 191. P. 18–28. DOI: 10.1016/j.still.2019.03.010.
3. Dachraoui M., Sombrero A. Effect of tillage systems and different rates of nitrogen fertilization on the carbon footprint of irrigated maize in a semiarid area of Castile and Leon, Spain // Soil and Tillage Research. 2020. Vol. 196. Art. No. 104472. DOI: 10.1016/j.still.2019.104472.
4. Wozniak A. Effect of crop rotation and cereal monoculture on the yield and quality of winter wheat grain and on crop infestation with weeds and soil properties // International Journal of Plant Production. 2019. Vol. 13. No. 3. P. 177–182. DOI: 10.1007/s42106-019-00044-w.
5. Белявский Ю. В. Многолетнее бессменное выращивание озимой ржи: состояние и перспективы // Известия ТСХА. 2012. Вып. 3. С. 107–117.
6. Шабанова И. В., Нещадим Н. Н. Влияние агротехнологий на содержание тяжелых металлов в почве и качество зерна озимого ячменя // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 1(17). С.103–111. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-103-111.
7. Степных Н. В. Повышение конкурентоспособности зернового производства при минимальных и нулевых технологиях // Защита и карантин растений. 2013. № 1. С. 21–23.
8. Кириллова Е. В., Копылов А. Н. Эффективность применения минеральных удобрений в севообороте и на бессменной пшенице в центральной лесостепи Зауралья // Аграрный вестник Урала. 2015. № 4 (134). С. 33–39.
9. Максютов Н. А., Зенкова Н. А., Зоров А. А., Яковлев С. Н. Экономическая и энергическая оценка севооборотов и бессменных посевов сельскохозяйственных культур в степной зоне Южного Урала// Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 1. С. 190–196.
10. Гилев С. Д., Суркова Ю. В.Длительное возделывание яровой пшеницы в бессменных посевах на чернозёмах Зауралья // Кормопроизводство. 2018. № 7. С. 20–24.
11. Митрофанов Д. В. Влияние метеоусловий и влажности почвы на выход зерна в севооборотах и урожайность бессменных посевов на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 2. С. 218–228.
12. Кохан А. В., Глущенко Л. Д., Лень А. И., Олепир Р. В., Самойленко Е. А. Бессменное выращивание озимой пшеницы и её влияние на фитосанитарное состояние посевов, агрохимическое и агрофизическое состояние почвы, уровень продуктивности // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 181–186.
13. Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ. М.: Мир, 1982. С. 418–420.
14. Дубовик Д. В., Сухановский Ю. П., Нитченко Л. Б., Прущик А. В. Оценка ожидаемой урожайности по данным краткосрочных полевых опытов // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 8. С. 5–9. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10801.

References

1. Nielsen D. C., Vigil M. F. Wheat yield and yield stability of eight dryland crop rotations // Agronomy Journal. 2018. Vol. 110. No. 2. P. 594–601. DOI:10.2134/agronj2017.07.0407.

2. Flower K. C., Hüberli D., Collins S. J., Thomas G., Ward P. R., Cordingley N. Progression of plant-parasitic nematodes and foliar and root diseases under no-tillage with different crop rotation // Soil and Tillage Research. 2019. Vol. 191. P.18–28. DOI: 10.1016/j.still.2019.03.010.

3. Dachraoui M., Sombrero A. Effect of tillage systems and different rates of nitrogen fertilization on the carbon footprint of irrigated maize in a semiarid area of Castile and Leon, Spain // Soil and Tillage Research. 2020. Vol. 196. Art. No. 104472. DOI: 10.1016/j.still.2019.104472.

4. Wozniak A. Effect of crop rotation and cereal monoculture on the yield and quality of winter wheat grain and on crop infestation with weeds and soil properties // International Journal of Plant Production. 2019. Vol. 13. No. 3. P. 177–182. DOI: 10.1007/s42106-019-00044-w.

5. Belyavsky Yu. V. Long-term, permanent winter rye cultivation: condition and prospects // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2012. Vol. 3. P. 107–117.

6. Shabanova I. V., Neshchadim N. N. Influence of agrotechnologies on the content of heavy metals in soil and grain quality of winter barley //Taurida Herald of the Agrarian Sciences.2019. No. 1(17). P. 103-111. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-103-111.

7. Stepnykh N. V. Increase of competitiveness of grain production at the minimum and zero technologies //Plant Protection and Quarantine. 2013. No. 1. P. 21–23.

8. Kirillova E. V., Kopylov A.N. Efficiency of application of chemical fertilizers in crop rotation and on permanent wheat in the central forest-steppe of Trans-Urals //Agrarian Bulletin of the Urals. 2015. No. 4 (134). P. 33–39.

9. Maksyutov N. A., Zenkova N. A., Zorov A. A.,Yakovlev S. N. Economic and energy assessment of rotations and monocrops in the steppe zone of the Southern Urals //Animal Husbandry and Fodder Production. 2018. Vol. 101. No. 1. P. 190–196.

10. Gilev S. D., Surkova Yu. V. Continuous cultivation of spring wheat on the Trans-Ural chernozem //Fodder Production. 2018. No. 7. P. 20–24.

11. Mitrofanov D. V. Influence of meteorological conditions and soil moisture on yield of grain in crop rotations and productivity of permanent crops on chernozems of southern Orenburg Cis-Urals // Animal Husbandry and Fodder Production. 2018. Vol. 101. No. 2. P. 218–228.

12. Kokhan A. V., Glushchenko L. D., Len A. I.,Olepir R. V., Samoilenko E. A. Permanent cultivation of winter wheat and its impact on phytosanitary state of crops, agrochemical and agrophysical state of soil, level of yield // Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2019. No. 2. P. 181–186.

13. Afifi A., Eyzen S.Statistical analysis: Computer approach. Moscow: Mir, 1982. P. 418–420.

14. Dubovik D. V., Sukhanovskii Yu. P., Nitchenko L. B., Prushchik A. V. Estimation of the expected yield according to the data from short-term field experiments // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2019. Vol. 33. No. 8. P. 5–9. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10801.

UDC 631.421

Sukhanovskii Yu. P., Nitchenko L. B., Khlupina S. V., Prushchik I. A.

EVALUATION OF YIELDS OF PERMANENT CROPS ACCORDING TO THE LONG-TERM STUDIES CARRIED OUT IN THE FEDERAL AGRICULTURAL KURSK RESEARCH CENTER

Summary. *Statistical analysis of long-term series of yields of permanent crops of winter wheat, barley, maize for green forage, sugar beet, perennial herbs for hay was carried out. The analysis purpose was to evaluate the reliability of the average long-term values of yields and the difference in these yields, as well as to assess the risk of obtaining yields less than a given value. For each crop, four variants were studied: 1) subsoiling, without mineral fertilizers; 2) subsoiling, with mineral fertilizers; 3) plowing, without mineral fertilizers; 4) plowing, with mineral fertilizers. Data on the yield of permanent crops in the multi-factor field experiment carried out in theFederal Agricultural Kursk Research Center were analyzed for the 20-year period (1999–2018). Available data confirm the hypothesis that the function of the normal probability distribution can be used to analyze long-term yield series. Using this function and its properties, for the yield of permanent crops, we obtained the following results. 1. The accuracy of the average summer yields was estimated for each crop and in every variant. 2. The accuracy of the difference in average summer yields for different variants was estimated for each crop. Of*

the 30 possible combinations, the difference was significant in 15 of them; inaccurate – in 15 either. For significant ones, the difference in yields was calculated. 3. The calculations showed that for winter wheat, Variant 1(subsoiling, without mineral fertilizers) the risk was 5.4 times higher than that of the Variant 4 (plowing, with mineral fertilizers). 4. According to the multi-factor field experiment, it has been reliably established that in crop rotation the yield of winter wheat (Triticum aestivum L.) was 79 % (1.5 t/(ha year)) more than in permanent crops; the yield of barley (Hordeum distichon L.) – 71 % (1.2 t/(ha year)).

Keywords: *permanent crops, variants of the experiment, crop yield, accuracy, risk assessment.*

Сухановский Юрий Петрович, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории моделирования и защиты почв от эрозии, ФГБНУ «Курский Федеральный аграрный научный центр»; 305021, Россия, г. Курск, ул. Карла Маркса, 70Б; e-mail: soil-er@kursknet.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, ул. Карла Маркса, 70Б; e-mail: nitchenko58@yandex.ru.

Хлюпина Светлана Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории севооборотов и адаптивных агротехнологий, ФГБНУ «Курский Федеральный аграрный научный центр»; 305021, Россия, г. Курск, ул. Карла Маркса, 70Б; e-mail: sveta46agro@yandex.ru.

Прущик Иван Алексеевич, младший научный сотрудник, лаборатории севооборотов и адаптивных агротехнологий, ФГБНУ «Курский Федеральный аграрный научный центр»; 305021, Россия, г. Курск, ул. Карла Маркса, 70Б; e-mail: kursk.iva@inbox.ru.

Sukhanovskii Yurii Petrovich, Dr. Sc. (Agr.), leading researcher of the Laboratory modeling and soil erosion protection, Federal Agricultural Kursk Research Center; 70B, Karl Marks str., Kursk, 305021, Russia; e-mail: soil-er@kursknet.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 Marks str., Kursk, 305021, Russia; e-mail: nitchenko58@yandex.ru.

Khlupina Svetlana Viktorovna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher of the Laboratory of crop rotations and adaptive agricultural technologies, Federal Agricultural Kursk Research Center; 70B, Karl Marks str., Kursk, 305021, Russia; e-mail: sveta46agro@yandex.ru.

Prushchik Ivan Alekseevich, junior researcher of the Laboratory of crop rotations and adaptive agricultural technologies, Federal Agricultural Kursk Research Center; 70B, Karl Marks str., Kursk, 305021, Russia; e-mail: kursk.iva@inbox.ru.

Дата поступления в редакцию – 20.01.2020.
Дата принятия к печати – 01.03.2020.

УДК 633.81:57.085.2
EDN ZSCEBK

Тевфик А. Ш., Егорова Н. А., Коваленко М. С.

ОСОБЕННОСТИ КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ МОНАРДЫ ДВОЙЧАТОЙ НА ЭТАПЕ ВВЕДЕНИЯ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO*

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. *Монарда двойчатая (Monarda didyma L.) является лекарственным, пряно-ароматическим и эфиромасличным растением семейства Lamiaceae. Листья и соцветия монарды отличаются высоким содержанием эфирного масла – до 3,0 %. Его наиболее ценные компоненты (тимол и карвакрол) обусловливают высокую бактерицидную, фунгицидную, противовоспалительную и антигельминтную активность, что способствует применению этого растения в медицине. Растительное сырье монарды также используют в косметологии и кулинарии. Известно, что клональное микроразмножение позволяет ускорять селекционный процесс, получать генетически однородный и оздоровленный посадочный материал, создавать коллекции in vitro ценных образцов и сортов. Цель исследования – изучение влияния состава питательной среды и типа экспланта на развитие микропобегов на первом этапе микроразмножения M. didyma in vitro. Исследования проводили в лаборатории биотехнологии в 2020–2021 гг. В результате экспериментов получены данные о морфогенезе двух типов эксплантов при их культивировании на 14-ти вариантах питательной среды Мурасиге и Скуга (МС). Анализ влияния гормонального состава среды на морфометрические показатели эксплантов показал преимущество использования в качестве регулятора роста кинетина по сравнению с 6-бензиламинопурином и тидиазуроном. Установлено, что оптимальной питательной средой на этапе введения является среда МС с 1,0 мг/л кинетина, на которой получено 2,9 микропобегов на эксплант длиной 2,7 см с 2,2–2,9 узлами. При сравнении морфогенетического потенциала двух типов эксплантов (верхушек побегов и сегментов стебля с узлом) не выявлено существенных различий по количеству побегов на эксплант и их длине. Показано, что на средах с кинетином и на безгормональной питательной среде происходило корнеобразование с частотой 42,1–60,6 %. Результаты исследований являются основой для разработки методики клонального микроразмножения M. didyma.*

Ключевые слова: *Monarda didyma L., клональное микроразмножение, эксплант, in vitro, питательная среда.*

Для цитирования: *Тевфик А. Ш., Егорова Н. А., Коваленко М. С. Особенности клонального микроразмножения монарды двойчатой на этапе введения в культуру in vitro // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 2(30). С. 132 –142. EDN: ZSCEBK.*

For citation: *Tevfik A. Sh., Yegorova N. A., Kovalenko M. S. Features of Monarda didyma clonal micropropagation at the stage of introduction into culture in vitro // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 2(30). P. 132–142. EDN: ZSCEBK.*

Введение

Монарда двойчатая (*Monarda didyma* L.) – многолетнее травянистое растение семейства Lamiaceae, высотой 65–120 см. Надземные части растения содержат до 3 % эфирного масла, которое сосредоточено в основном в листьях и соцветиях. Благодаря широкому фармакологическому спектру действия монарда может использоваться как бактерицидное, противовирусное, противогрибковое, противомикоплазменное, антигельминтное, антисклеротическое, противоонкологическое, противовоспалительное

и обезболивающее средство [1–6]. Экстракты и эфирное масло монарды применяют при инфекционных заболеваниях верхних дыхательных путей и легких, а также при воспалениях слизистой оболочки полости рта и носоглотки. Кроме того, ряд исследователей отмечают седативное действие на центральную нервную систему, усиление действия антибиотиков и стимулирование регенерации поврежденных покровов кожи при использовании эфирного масла этого растения. Некоторые ученые в своих работах описывали высокую антиоксидантную активность эфирного масла монарды, которое способствовало нормализации ферментных окислительно-восстановительных реакций [7]. Есть сведения о его выраженном иммуномодулирующем действии. Монарда может быть востребована в качестве натурального ароматизатора, консерванта и антиоксиданта в пищевой и в ликёроводочной промышленности [1].

В ФГБУН «НИИСХ Крыма» проводят селекционную работу по получению новых сортов монарды, в процессе которой необходимо быстро размножить перспективные образцы, обладающие комплексом полезных признаков [8]. Клональное микроразмножение является одним из наиболее востребованных биотехнологических приемов, который позволяет в более короткие сроки размножить в условиях *in vitro* селекционный материал в необходимом количестве для его дальнейшего изучения. Кроме того, широкое использование этой технологии на практике обусловлено оздоровлением растений от различных инфекций, получением генетически однородного посадочного материала и возможностью депонировать ценные образцы в виде медленно растущих коллекций *in vitro* [9]. В настоящее время активно разрабатывают и используют биотехнологические приемы для микроразмножения и сохранения ряда эфиромасличных культур [10–12]. В большинстве литературных источников, касающихся *Monarda didyma* L., представлены данные об изучении биохимического состава эфирного масла [13–17] или об интродукции этого растения [18]. В доступной литературе имеются лишь фрагментарные сведения о микроразмножении некоторых видов монарды [3]. Так, J. Žiarovska et al. провели исследования по оптимизации условий ПЦР для RAPD анализа размноженных *in vitro* растений *M. didyma* для выявления их генетической стабильности после субкультивирования [19].

Цель исследований – изучение влияния состава питательной среды и типа эксплантa на развитие микропобегов на первом этапе клонального микроразмножения *Monarda didyma* L.

Материалы и методы исследований

Материалом для исследований служили ткани и органы растений монарды двойчатой (*Monarda didyma* L.) из коллекции эфиромасличных, пряно-ароматических и лекарственных растений [https://ckp-rf.ru/usu/507515] ФГБУН «НИИСХ Крыма». Исследования проводили в лаборатории биотехнологии в 2020–2021 гг. Исходные растения выращивали в условиях закрытого грунта. В работе использовали общепринятые методы культуры органов и тканей растений [20]. В качестве первичных эксплантов использовали верхушки побегов (ВП) и сегменты стебля с узлом (У) длиной 8–10 мм. Для стерилизации растительного материала использовали следующие антисептики: этанол («Росспиртпром», Россия); «ДезТаб» – 43 % $C_3O_3N_3Cl_3$, 20 % $NaC_3O_3N_3Cl_2$ («Ахлор Донге ЛТД», КНР). Экспланты культивировали на различных модификациях питательной среды Мурасиге и Скуга (МС) [21] с добавлением тидиазурона (ТДЗ), гиббереллoвой кислоты ($ГК_3$), кинетина (Кин), 6-бензиламинопурина (БАП), β-индолил-3-масляной кислоты (ИМК), β-индолил-3-уксусной кислоты (ИУК). Культивирование проводили при температуре 24–26 °С, относительной влажности воздуха 70 % и освещенности 2–3 тысячи люкс с фотопериодом 16 часов. Анализ морфометрических параметров развивающихся

эксплантов проводили на 30 сут. При этом определяли количество и длину побегов, количество узлов на побег, количество витрифицированных побегов, частоту ризогенеза (количество побегов с корнями в % от общего числа культивируемых), количество и длину корней. Коэффициент размножения рассчитывали как произведение количества побегов (на эксплант) на число узлов на побеге. В статье использовали два показателя коэффициента размножения: теоретический (ТКР – с учетом витрифицированных побегов) и фактический (ФКР – без учета витрифицированных побегов).

В каждом варианте опыта анализировали не менее 20 эксплантов, повторность опыта двух–трехкратная. Статистическую обработку данных проводили согласно стандартным методам, с использованием пакета программ Microsoft Office (Excel 2010). В таблицах представлены средние значения определений и их стандартные ошибки, а на графиках – средние значения и доверительные интервалы.

Результаты и их обсуждение

В ходе экспериментов подобраны условия получения асептической культуры растительного материала монарды. Установлено, что для оптимальных результатов (88,2 % стерильных эксплантов и 85,5 % жизнеспособных эксплантов) необходимо использовать последовательную стерилизацию 70 % этанолом (40 сек) и 0,3 % раствором препарата «ДезТаб» (10 мин).

При введении в культуру *in vitro* эксплантов (сегментов стебля с узлом или верхушек побегов) через одну–две недели наблюдали развитие основного или пазушных побегов, а также индукцию адвентивных почек и побегов. Одним из главных условий для эффективного формирования дополнительных побегов является состав регуляторов роста в питательной среде.

В данной работе представлены результаты анализа влияния состава 14 модификаций среды МС, различающихся составом и концентрацией цитокининов и ауксинов (рисунок 1, таблица 1).

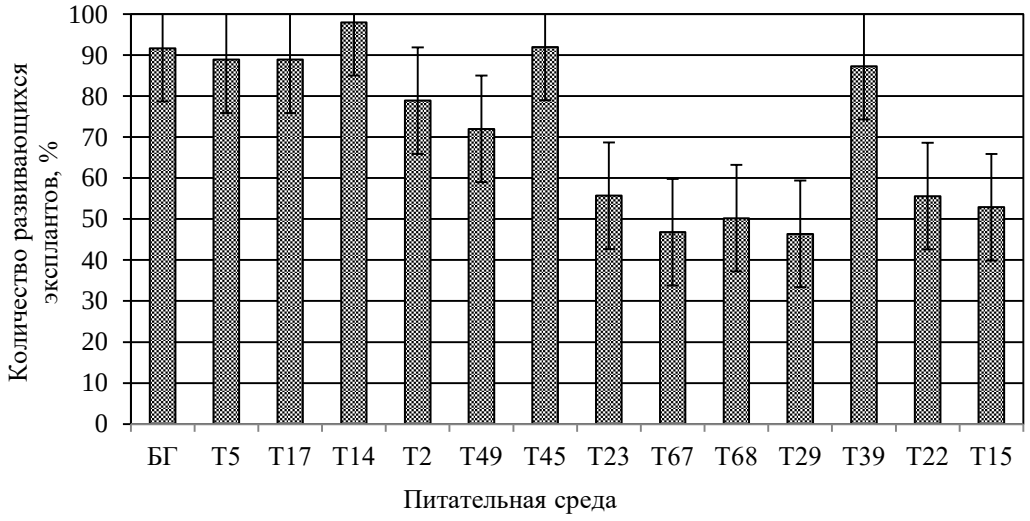


Рисунок 1 – Влияние состава питательной среды на количество развиваюшихся эксплантов при культивировании *M. didyma* на этапе введения *in vitro*

Примечание. *Здесь и далее: состав питательных сред указан в таблице 1.*

В процессе исследований выявлено, что на питательных средах, содержащих $ГК_3$ (Т45) или кинетин (отдельно или совместно с $ГК_3$, ИУК, ИМК), а также на среде

без регуляторов роста получено наибольшее количество развивающихся эксплантов (87,3–98,0 %). Вместе с тем, при культивировании эксплантов на питательных средах, дополненных ТДЗ и БАП, этот показатель снизился в 1,1–2,1 раза (см. рисунок 1).

Изучение влияния гормонального состава на морфометрические показатели эксплантов на этапе введения показало, что максимальное количество побегов на эксплант получено на питательных средах с БАП и ТДЗ (см. таблица 1). Так, питательные среды, содержащие ТДЗ, позволили увеличить этот показатель в 1,1–3,2 раза, а с БАП – в 1,5–2,8 раза по сравнению со средами, в состав которых входил один цитокинин кинетин.

Анализ влияния состава регуляторов роста на длину эксплантов показал, что культивирование на средах с кинетином, $ГК_3$ (Т45) и на безгормональной питательной среде способствовало увеличению длины микропобегов до 2,2–3,1 см. При этом использование в качестве цитокинина БАП снижало длину эксплантов до 2,0–2,1 см, ТДЗ – 1,0–1,6 см по сравнению со средой без регуляторов роста или с добавлением кинетина. Подобная тенденция отмечена и при изучении влияния регуляторов роста на количество узлов на побеге.

Таблица 1 – Влияние состава питательной среды на развитие эксплантов при введении в культуру *in vitro M. didyma*

№ питательной среды	Регуляторы роста в среде МС, мг/л	Количество побегов, шт. на эксплант	Длина побега, см	Количество узлов, шт. на побег
БГ	–	2,0 ± 0,2	3,0 ± 0,3	2,1 ± 0,2
Т5	Кин – 1,0	2,9 ± 0,2	2,7 ± 0,3	2,0 ± 0,2
Т17	Кин – 1,0 + $ГК_3$ – 1,0	2,6 ± 0,2	2,4 ± 0,2	1,5 ± 0,2
Т14	Кин – 1,0 + ИУК – 0,5	2,5 ± 0,3	2,5 ± 0,3	1,8 ± 0,1
Т39	Кин – 1,0 + ИМК – 0,5	2,4 ± 0,2	2,8 ± 0,5	2,2 ± 0,3
Т2	БАП – 1,0	4,4 ± 0,5	2,0 ± 0,2	1,7 ± 0,2
Т49	ТДЗ – 1,0	3,2 ± 0,3	1,6 ± 0,2	1,4 ± 0,1
Т45	$ГК_3$ – 1,0	1,7 ± 0,1	3,1 ± 0,4	2,1 ± 0,2
Т23	Кин – 3,0	3,0 ± 0,2	2,9 ± 0,3	2,1 ± 0,3
Т67	Кин – 1,0 + ТДЗ – 0,5	4,6 ± 0,6	1,3 ± 0,2	1,4 ± 0,2
Т68	Кин – 1,0 + БАП – 1,0	5,9 ± 0,6	2,1 ± 0,2	1,8 ± 0,1
Т29	ТДЗ – 1,0 + $ГК_3$ – 1,0	7,7 ± 0,9	1,0 ± 0,1	1,2 ± 0,1
Т22	БАП – 1,0 + ИУК – 0,5	4,4 ± 0,3	2,1 ± 0,3	2,0 ± 0,3
Т15	БАП – 1,0 + $ГК_3$ – 1,0	4,7 ± 0,4	2,0 ± 0,2	2,1 ± 0,3

На рисунке 2 продемонстрировано развитие эксплантов *M. didyma* на различных питательных средах на 30 сут культивирования. Так, видно, что среды с БАП и ТДЗ стимулировали активное адвентивное побегообразование у эксплантов, а среда с кинетином позволила получить большую длину побегов.

Следует отметить, что при культивировании эксплантов на питательных средах, содержащих БАП и ТДЗ, часть образовавшихся побегов были оводненными (17,4–50,5 %), что, в свою очередь, значительно снижало количество побегов, которые можно использовать для дальнейшего микроразмножения. О витрификации побегов при микроразмножении отдельных видов растений упоминается в работах некоторых ученых [22–26], которые связывают такие физиологические, морфологические и анатомические изменения развития растений *in vitro* с низкой эффективностью фотосинтеза и нарушением работы устьичного аппарата. Это может быть обусловлено высокой влажностью и избытком сахаров или минеральных веществ у растений при культивировании *in vitro*. Для более корректной оценки эффективности использования цитокининов у монарды на этапе введения в культуру *in vitro* мы рассчитывали два показателя коэффициента размножения: теоретический (с учетом витрифицированных побегов) и фактический (без учета витрифицированных побегов).

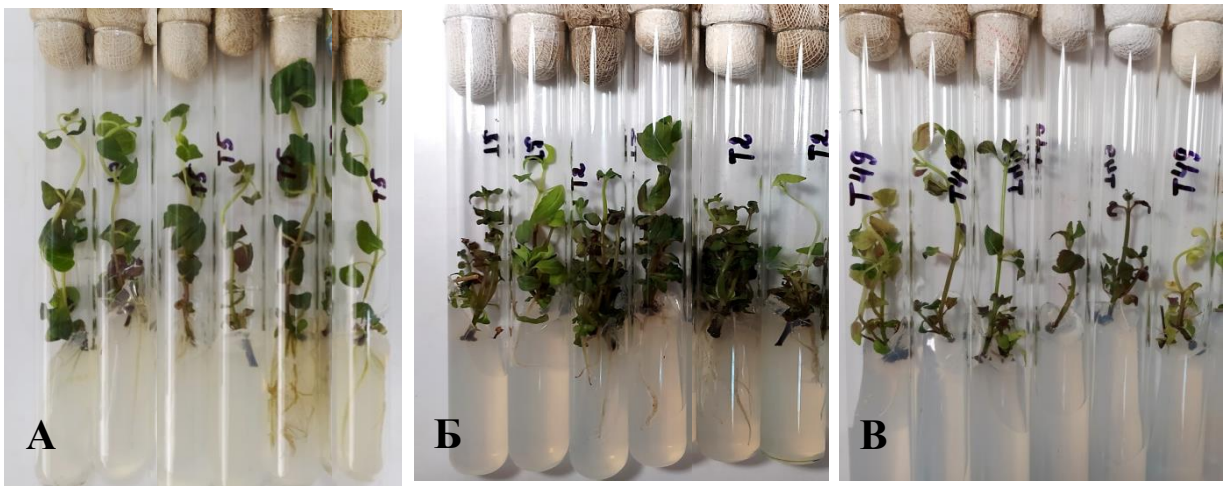


Рисунок 2 – Развитие эксплантов *M. didyma* на первом этапе клонального микроразмножения на питательной среде МС с 1 мг/л Кин (А), 1 мг/л БАП (Б) и 1 мг/л ТДЗ (В)

В результате изучения влияния гормонального состава питательной среды на коэффициент размножения показано, что при использовании ТДЗ или БАП совместно с $ГК_3$ и ИУК (среды Т15, Т22 и Т29) происходило значительное повышение теоретического коэффициента размножения (в 1,4–2,4 раза) по сравнению с применением в составе среды кинетина (рисунок 3). Однако на этих питательных средах частота образования оводненных побегов была высокой (29,4–50,5 %). При этом на всех питательных средах, содержащих в качестве цитокинина кинетин, это нежелательное явление не выявлено.

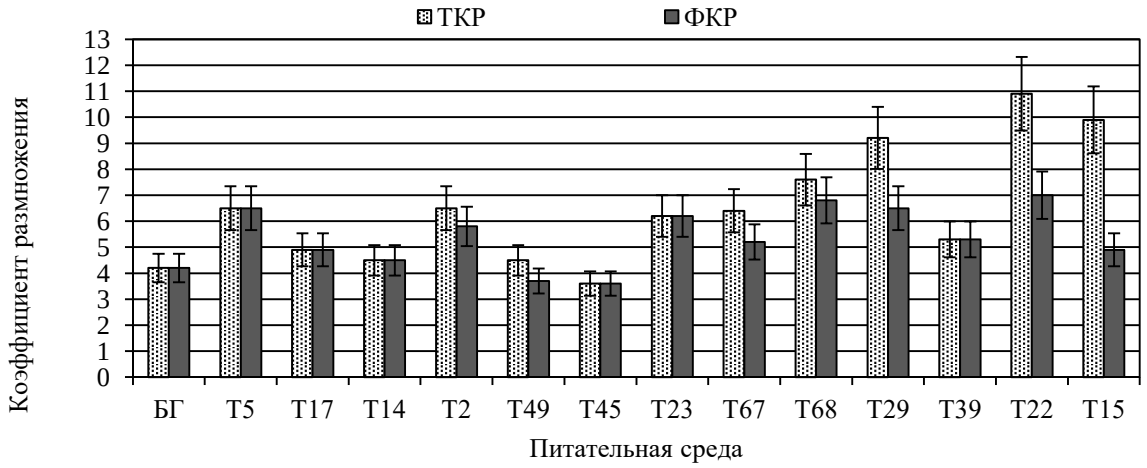


Рисунок 3 – Влияние состава питательной среды на коэффициент размножения *M. didyma*

Примечание. *ТКР – теоретический коэффициент размножения, ФКР – фактический коэффициент размножения.*

Следует отметить, что культивирование на содержащих кинетин питательных средах позволило получить темно-зеленые микропобеги с большим количеством узлов и таким образом размножать *M. didyma,* используя два метода – микрочеренкования и индукции адвентивных побегов. Поэтому для лучшего развития эксплантов и

последующего размножения на этапе введения необходимо использовать питательную среду МС, содержащую 1,0 мг/л кинетина.

Изучение влияния типа экспланта на морфометрические показатели эксплантов на этапе введения в культуру *in vitro* показало, что сегменты стебля с узлом и верхушки побегов не имели существенных различий при культивировании на большинстве питательных сред. При культивировании на питательной среде с БАП из верхушек побегов было получено в 1,4 раза больше побегов на эксплант, чем из сегментов стебля с узлом (рисунок 4). При сравнении длины побегов при культивировании разных типов эксплантов отмечена тенденция увеличения этого показателя при использовании верхушек побега (рисунок 5).

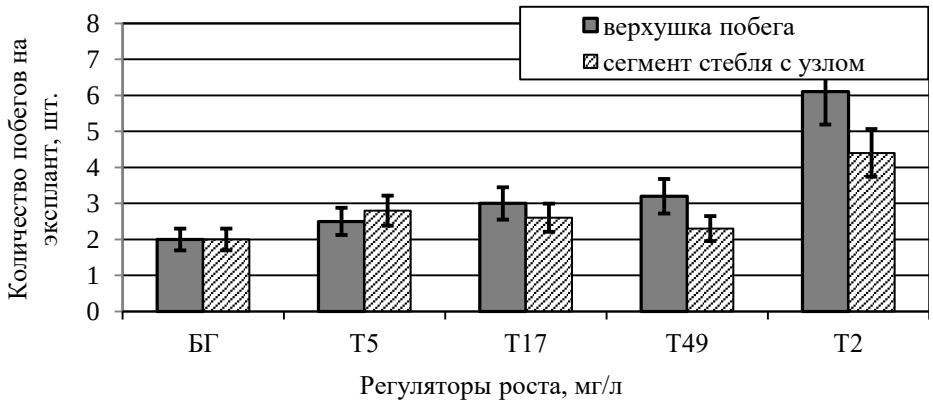


Рисунок 4 – Влияние типа экспланта и состава питательной среды на количество побегов на эксплант при введении *M. didyma* в культуру *in vitro*

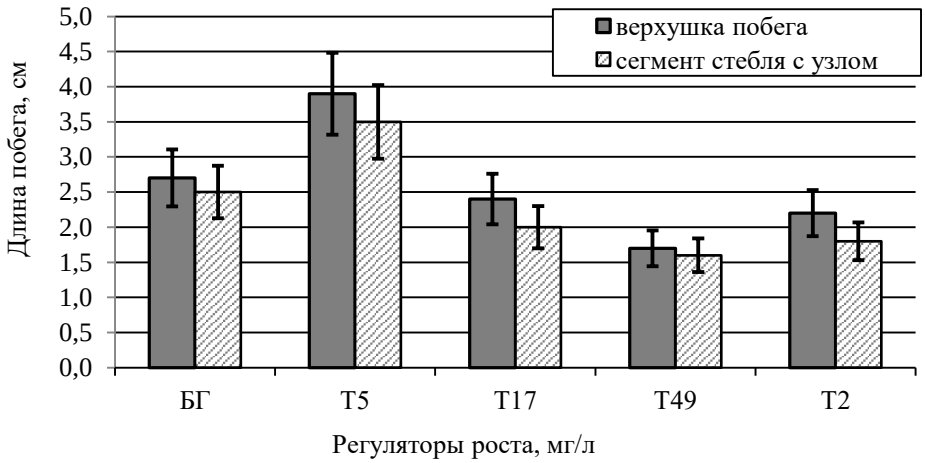


Рисунок 5 – Влияние типа экспланта и состава питательной среды на длину побега при введении *M. didyma* в культуру *in vitro*

При сравнении коэффициентов размножения у изучаемых эксплантов на оптимальной питательной среде (Т5) существенных различий не отметили. В связи с этим использование двух типов эксплантов целесообразно для клонального микроразмножения монарды, так как позволяет получить больше эксплантов с одного растения и быстрее размножить ценные образцы.

Установлено, что на питательных средах, изученных на этапе введения в культуру *in vitro,* было отмечено корнеобразование у микропобегов с частотой до 60,6 % (таблица 2). Максимального значения этот показатель достигал при культивировании на питательной среде без регуляторов роста. Из трех используемых

цитокининов наибольшая частота ризогенеза была получена при введении в состав среды кинетина. Так, культивирование на питательных средах с кинетином увеличило частоту ризогенеза в 1,6–2,2 раза по сравнению с БАП. Наименьшая частота корнеобразования была на питательных средах с добавлением ТДЗ и $ГК_3$ (до 17,6 %).

Таблица 2 – Влияние состава питательной среды на укоренение микропобегов *M. didyma* при введении эксплантов *in vitro*

№ питательной среды	Регуляторы роста в среде МС, мг/л	Частота корнеобразования, %	Количество корней, шт. на эксплант	Длина корня, см
БГ	–	60,6 ± 5,6	3,5 ± 0,3	2,3 ± 0,2
Т5	Кин –1,0	50,0 ± 4,5	4,0 ± 0,4	3,4 ± 0,3
Т17	Кин –1,0 + $ГК_3$ – 1,0	7,2 ± 1,3	3,2 ± 0,4	2,8 ± 0,3
Т14	Кин –1,0 + ИУК–0,5	42,1 ± 4,4	2,8 ± 0,4	2,5 ± 0,3
Т2	БАП –1,0	26,3 ± 2,6	2,4 ± 0,2	2,3 ± 0,2
Т49	ТДЗ – 1,0	17,6 ± 2,0	1,8 ± 0,2	2,0 ± 0,2
Т45	$ГК_3$ – 1,0	3,8 ± 3,4	2,2 ± 0,2	2,5 ± 0,2
Т23	Кин – 3,0	47,1 ± 4,5	3,3 ± 0,3	2,5 ± 0,3
Т67	Кин – 1,0 + ТДЗ – 0,5	0	0	0
Т68	Кин – 1,0 + БАП –1,0	50,3 ± 4,6	3,1 ± 0,4	2,6 ± 0,3
Т29	ТДЗ – 1,0 + $ГК_3$ – 1,0	0	0	0
Т39	Кин – 1,0 + ИМК – 0,5	57,1 ± 5,6	3,2 ± 0,4	3,4 ± 0,4
Т22	БАП – 1,0 + ИУК – 0,5	20,0 ± 2,3	2,1 ± 0,2	1,5 ± 0,2
Т15	БАП – 1,0 + $ГК_3$ – 1,0	16,7 ± 2,2	1,1 ± 0,1	1,3 ± 0,1

При анализе зависимости количества и длины корней от гормонального состава питательной среды также отмечена тенденция повышения этих показателей при использовании кинетина и среды без регуляторов роста по сравнению с использованием БАП и ТДЗ. Это может позволить исключить специальный третий этап микроразмножения, объединив этап собственно микроразмножения с этапом ризогенеза. Такая возможность выявлена и у некоторых других видов эфиромасличных растений [11, 12].

Выводы

В результате исследований выявлены особенности морфогенеза эксплантов *M. didyma* на первом этапе клонального микроразмножения *in vitro* в зависимости от состава регуляторов роста в питательной среде и типа экспланта. Выявлено, что применение трех типов цитокининов по отдельности при введении в культуру *in vitro* вызывало разные морфогенетические реакции эксплантов. Показано, что БАП и ТДЗ стимулировали адвентивное побегообразование у основания эксплантов, однако большая часть образовавшихся микропобегов была оводненной (17,4–50,5 %). Установлено, что использование в качестве цитокинина кинетина способствовало увеличению длины побегов в 1,2–3,0 раза по сравнению с применением БАП или ТДЗ. Показана эффективность культивирования эксплантов монарды на этапе введения в культуру *in vitro* на питательной среде МС с 1,0 мг/л кинетина, что позволяет получить высокий коэффициент размножения 6,6. Выявлена целесообразность использования на первом этапе клонального микроразмножения *in vitro* двух типов эксплантов (верхушек побегов и сегментов стебля с узлом). Установлено, что при культивировании на безгормональной питательной среде и на средах с кинетином происходило укоренение микропобегов с частотой 42,1–60,6 %, при этом формировалось 2,8–4,0 корней (на побег). Полученные данные являются основой для разработки методики клонального микроразмножения *Monarda didyma* L.

Литература

1. Бедуленко М. А. Интродукция, экологический аспект и современные направления изучения и применения лекарственного, пряно-ароматического и эфирномасличного растения *Monarda fistulosa* L. (обзор) // Труды БГУ. 2013. Т. 8. Ч. 2. С. 52–60.
2. Adebayo O., Dang T., Bélanger A., Khanizadeh Sh. Antifungal studies of selected essential oils and a commercial formulation against *Botrytis cinerea* // Journal of Food Research. 2013. Vol. 2. No. 1. P. 217–226. DOI: 10.5539/JFR.V2N1P217.
3. Moeller E. L. Induction of autotetraploidy and characterization of the effects of genome duplication on native ornamental species *Monarda punctata* and *Monarda fistulosa* (Lamiaceae) // Thesis for degree of Master of Science in Plant Agriculture. Guelph, Ontario, Canada, 2015. 129 p.
4. Ricci D., Epifano F., Fraternale D. The essential oil of *Monarda didyma* L. (Lamiaceae) exerts phytotoxic activity *in vitro* against various weed seeds open access // Molecules. 2017. Vol. 22(2). P. 222–231. DOI: 10.3390/molecules22020222.
5. Côté H., Pichette A., St-Gelais A., Legault J. The biological activity of *Monarda didyma* L. essential oil and its effect as a diet supplement in mice and broiler chicken // Molecules. 2021. Vol. 26. P. 3368. DOI: 10.3390/molecules26113368.
6. Zaimenko N. V., Hnatyuk N. O., Ivanytska B. O. Allelopathic activity of secretions of plant mass and soil from the form of Monarda (*Monarda didyma* L.) // Ukrainian Journal of Ecology. 2020. Vol. 10 (2). P. 141–145. DOI: 10.15421/2020_77.
7. Fraternale D., Giamperi L., Bucchini A., Ricci D., Epifano F., Burini G., Curini M. Chemical composition, antifungal and *in vitro* antioxidant properties of *Monarda didyma* L. essential oil // Journal of Essential Oil Research. 2006. Vol. 18. No. 5. P. 581–585. DOI: 10.1080/10412905.2006.9699174.
8. Невкрытая Н. В., Мишнев А. В. Актуальные направления биохимических исследований эфиромасличных растений (обзор, часть 2). Анализ содержания и компонентного состава эфирного масла в растениях для целей селекции и семеноводства // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 1(17). С. 71–82. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-71-82.
9. Cardoso J. C., Gerald L. T. S., Teixeira da Silva J. A. Micropropagation in the Twenty-First Century. In: Plant cell culture protocols (4th edition) // Ed. by Loyola-Vargas V.M., Ochoa-Alejo N. NY: Humana Press, 2018. P. 17–46.
10. Митрофанова И. В., Митрофанова О. В., Иванова Н. Н., Егорова Н. А., Кузьмина Т. Н., Лесникова-Седошенко Н. П., Тевфик А. Ш., Челомбит С. В. Этапы регенерации *in vitro* декоративных, ароматических и плодовых культур // В книге: Основы создания генобанка *in vitro* видов, сортов и форм декоративных, ароматических и плодовых культур. Симферополь: Ариал, 2018. С. 27–126.
11. Егорова Н. А. Биотехнология эфиромасличных растений: создание новых форм и микроразмножение *in vitro*. Симферополь: Автограф, 2021. 315 с. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-978-5-6045452-9-4.
12. Тевфик А. Ш., Егорова Н. А. Влияние условий культивирования и гормонального состава питательной среды на микроразмножение *in vitro* тимьяна обыкновенного // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 1(17). С. 92–102. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-93-102.
13. Markovska O. Y., Svydenko L. V., Dudchenko V. V., Sydiakina O. V. Morphobiological and biochemical characteristics of *Monarda* L. varieties under conditions of the Southern steppe of Ukraine // Journal of Ecological Engineering. 2020. Vol. 21(8). P. 99–107. DOI: 10.12911/22998993/127093.
14. Дмитриева В. Л., Дмитриев Л. Б. Изучение состава эфирных масел эфиромасличных растений Нечерноземной зоны России // Известия ТСХА. 2011. Вып. 3. С. 106–119.
15. Мяделец М. А., Домрачев Д. В., Крикливая А. Н., Высочина Г. И. Зависимость состава эфирного масла *Monarda didyma* L. (Lamiaceae) от возраста растений и характера сырья // Химия растительного сырья. 2014. № 1. С. 215–219. DOI: 10.14258/jcprm.1401215.
16. Красюк Е. В., Пупыкина К. А. Сезонная динамика накопления эфирных масел в видах монарды, интродуцированных в Республике Башкортостан // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). Фармацевтические науки. 2015. № 3. С. 154–155.
17. Федотов С. В. Эфирные масла монард видов *Monarda fistulosa* L., *Monarda didyma* L., *Monarda citriodora* Cervantes ex Lag., их хемотипы и биологическая активность // Сборник научных трудов ГНБС. 2015. Т. 141. С. 131–147.
18. Ciurușniuc A. M., Robu T. Study of the behaviour of cultivated species of the genus *Monarda* L. in Vaslui county, to introduce them in cultivation as medicinal, aromatic and decorative plants // Lucrări Ştiinţifice. 2012. Vol. 55 (2). P. 309–312.
19. Žiarovska J., Bezo M., Hrdlickova M., Fernandez E. Standardization and reproducibility of random marker based analysis of micropropagated crimson beebalm // Genetika. 2014. Vol. 46. No. 3. P. 855–864. DOI: 10.2298/GENSR1403855Z.
20. Калинин Ф. Л., Сарнацкая В. В., Полищук В. Е. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений. К.: Наукова думка, 1980. 488 с.

21. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiol. Plant. 1962. Vol. 15. № 3. P. 473–497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x.

22. Hazarika B. N. Morpho-physiological disorders in *in vitro* culture of plants // Scientia Horticulturae. 2006. Vol. 108(2). P. 105–120. DOI: 10.1016/j.scienta.2006.01.038.

23. Поливанова О. Б., Чередниченко М. Ю. Пути преодоления витрификации многоколосника фенхельного *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze (Lamiaceae) в культуре *in vitro* // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2017. Вып. 5. С. 17–28. DOI: 10.26897/0021-342X-2017-5-17-28.

24. Ziv M. Quality of micropropagated plants – vitrification // In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant. 1991. Vol. 27 (2). P. 64–69. DOI: 10.1007/BF02632130.

25. Матушкина О.В., Пронина И.Н., Ткачёв Е.Н. Витрификация побегов *in vitro*: анатомическое строение и возможные пути решения проблемы // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 9. С. 58–60.

26. Chiruvella K. K., Mohammed A., Ghanta R. G. Phenotypic aberrations during micropropagation of *Soymida febrifuga* (Roxb.) Adr. Juss. // Notulae Scientia Biologicae. 2014. No. 6(1). P. 99–104. DOI: 10.15835/NSB619202.

References

1. Bedulenko M. A. Introduction, environmental aspect and modern trends of study and application of medicinal, aromatic and essential oils *Monarda fistulosa* L. (review) // Proceedings of the Belarusian State University. 2013. Vol. 8. Part 2. P. 52–60.

2. Adebayo O., Dang T., Bélanger A., Khanizadeh Sh. Antifungal studies of selected essential oils and a commercial formulation against *Botrytis cinerea* // Journal of Food Research. 2013. Vol. 2. No. 1. P. 217–226. DOI: 10.5539/JFR.V2N1P217.

3. Moeller E. L. Induction of autotetraploidy and characterization of the effects of genome duplication on native ornamental species *Monarda punctata* and *Monarda fistulosa* (Lamiaceae) // Thesis for degree of Master of Science in Plant Agriculture. Guelph, Ontario, Canada, 2015. 129 p.

4. Ricci D., Epifano F., Fraternale D. The essential oil of *Monarda didyma* L. (Lamiaceae) exerts phytotoxic activity *in vitro* against various weed seeds open access // Molecules. 2017. Vol. 22(2). P. 222–231. DOI: 10.3390/molecules22020222.

5. Côté H., Pichette A., St-Gelais A., Legault J. The biological activity of *Monarda didyma* L. essential oil and its effect as a diet supplement in mice and broiler chicken // Molecules. 2021. Vol. 26. P. 3368. DOI: 10.3390/molecules26113368.

6. Zaimenko N. V., Hnatyuk N. O., Ivanytska, B. O. Allelopathic activity of secretions of plant mass and soil from the form of Monarda (*Monarda didyma* L.) // Ukrainian Journal of Ecology. 2020. Vol. 10 (2). P. 141–145. DOI: 10.15421/2020_77.

7. Fraternale D., Giamperi L., Bucchini A., Ricci D., Epifano F., Burini G., Curini M. Chemical composition, antifungal and *in vitro* antioxidant properties of *Monarda didyma* L. essential oil // Journal of Essential Oil Research. 2006. Vol. 18. No. 5. P. 581–585. DOI: 10.1080/10412905.2006.9699174.

8. Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V. Actual and contemporary directions of biochemical research of oil-bearing aromatic plants (review, part 2). Analysis of the content and component composition of the essential oil in plants for the purpose of breeding and seed growing // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2019. No. 1(17). P. 71–82. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-71-82.

9. Cardoso J. C., Gerald L. T. S., Teixeira da Silva J. A. Micropropagation in the Twenty-First Century. In: Plant cell culture protocols (4th edition) // Ed. by Loyola-Vargas V.M., Ochoa-Alejo N. NY: Humana Press, 2018. P. 17–46.

10. Mitrofanova I. V., Mitrofanova O. V., Ivanova N. N., Yegorova N. A., Kuzmina T. N., Lesnikova-Sedoshenko N. P., Tevfik A. Sh., Chelombit S. V. Stages of *in vitro* regeneration of decorative, aromatic and fruit crops // In book: Fundamentals of the creation of an *in vitro* genebank of species, varieties and forms of decorative, aromatic and fruit crops. Simferopol: Arial, 2018. P. 27–126.

11. Yegorova N. A. Biotechnology of essential oil plants: creation of new forms and micropropagation *in vitro*. Simferopol: Avtograf, 2021. 315 p. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-978-5-6045452-9-4.

12. Tevfik A. Sh., Yegorova N. A. Influence of cultivation conditions and culture medium gormonal compositions on the micropropagation *Thymus vulgaris* L. *in vitro* // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2019. No. 1(17). P. 92–102. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-93-102.

13. Markovska O. Y., Svydenko L. V., Dudchenko V. V., Sydiakina O. V. Morphobiological and biochemical characteristics of *Monarda* L. varieties under conditions of the Southern steppe of Ukraine // Journal of Ecological Engineering. 2020. Vol. 21(8). P. 99–107. DOI: 10.12911/22998993/127093.

14. Dmitrieva V. L., Dmitriev L. B. Studying the composition of essential oils of essential oil plants of the non-black earth zone of Russia // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2011. No. 3. P. 106–119.

15. Myadelets M. A., Domrachev D. V., Kriklivaya A. N., Vysochina G. I. Dependence of the composition of essential oil of *Monarda didyma* L. (Lamiaceae) from the age and nature of plant materials // Khimija rastitel'nogo syr'ja (Chemistry of plant raw material). 2014. No. 1. P. 215–219. DOI: 10.14258/jcprm.1401215.

16. Krasyuk E. V., Pupykina K. A. Seasonal dynamics of accumulation of essential oils in species of Monarda introduced in the Republic of Bashkortostan // Eurasian Union of Scientists (EUS). Pharmaceutical Sciences. 2015. No. 3. P. 154 –155.

17. Fedotov S. V. Monarda essential oils of *Monarda fistulosa* L., *Monarda didyma* L., *Monarda citriodora* Cervantes ex Lag., their chemotypes and biological activity // Works of the State Nikit. Botan. Gard. 2015. Vol. 141. P. 131–147.

18. Ciurușniuc A. M., Robu T. Study of the behaviour of cultivated species of the genus *Monarda* L. in Vaslui county, to introduce them in cultivation as medicinal, aromatic and decorative plants // Lucrări Ştiinţifice. 2012. Vol. 55 (2). P. 309–312.

19. Žiarovska J., Bezo M., Hrdlickova M., Fernandez E. Standardization and reproducibility of random marker based analysis of micropropagated crimson beebalm // Genetika. 2014. Vol. 46. No. 3. P. 855–864. DOI: 10.2298/GENSR1403855Z.

20. Kalinin F. L., Sarnatskaya V. V., Polishchuk V. E. Methods of tissue culture in plant physiology and biochemistry. Kiev: Naukova dumka, 1980. 488 p.

21. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiol. Plant. 1962. Vol. 15. № 3. P. 473–497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x.

22. Hazarika B. N. Morpho-physiological disorders in *in vitro* culture of plants // Scientia Horticulturae. 2006. Vol. 108(2). P. 105–120. DOI: 10.1016/j.scienta.2006.01.038.

23. Polivanova O. B., Cherednichenko M. Yu. Ways of vitrification overcoming of *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze (Lamiaceae) in *in vitro* culture // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2017. No. 5. P. 17–28. DOI: 10.26897/0021-342X-2017-5-17-28.

24. Ziv M. Quality of micropropagated plants – vitrification // In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant. 1991. Vol. 27 (2). P. 64–69. DOI: 10.1007/BF02632130.

25. Matushkina O. V., Pronina I. N., Tkachyov E. N. Shoot vitrification *in vitro*: anatomic structure and possible ways of the problem solution // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2012. No. 9. P. 58-60.

26. Chiruvella K. K., Mohammed A., Ghanta R. G. Phenotypic aberrations during micropropagation of *Soymida febrifuga* (Roxb.) Adr. Juss. // Notulae Scientia Biologicae. 2014. No. 6(1). P. 99–104. DOI: 10.15835/NSB619202.

UDC 633.81:57.085.2

Tevfik A. Sh., Yegorova N. A., Kovalenko M. S.

FEATURES OF MONARDA DIDYMA CLONAL MICROPROPAGATION AT THE STAGE OF INTRODUCTION INTO CULTURE *IN VITRO*

Summary. *Monarda didyma L. is a medicinal, aromatic and essential oil plant of the Lamiaceae family. The content of essential oil in the leaves and inflorescences of Monarda is rather high – up to 3.0 %. Its most valuable components (thymol and carvacrol) cause high bactericidal, fungicidal, anti-inflammatory and anthelmintic activity, which contributes to the use of this plant in medicine. Moreover, Monarda raw materials are used in cosmetology and cooking. It is known that clonal micropropagation allows us to speed up breeding process, obtain genetically homogeneous and healthy planting material, create in vitro collections of valuable samples and cultivars. The aim of the research was to study the influence of the culture medium composition and explant type on the microshoots development at the first stage of M. didyma L. micropropagation in vitro. The studies were carried out in 2020–2021 in the Laboratory of Biotechnology. The experiments have resulted in obtaining data on the morphogenesis of two explant types during their cultivation on 14 variants of Murashige and Skoog (MS) culture medium. An analysis of the effect of the medium hormonal composition on the explants morphometric parameters showed the advantage of using kinetin as growth regulators compared to 6-benzylaminopurine and thidiazuron. It has been established that the optimal culture medium at the introduction stage is MS medium with 1.0 mg/l kinetin. In this variant, we obtained 2.9 microshoots per explant (length – 2.7 cm; number of nodes –*

2.2-2.9). When comparing the morphogenetic potential of two explant types (shoot tips and stem segments with a node), no significant differences in the number of shoots per explant and their length were found. It was shown that on media with kinetin and on a hormone-free culture medium, root formation occurred with a frequency of 42.1-60.6 %. The research results are the basis for the development of a protocol for M. didyma clonal micropropagation.

Keywords: *Monarda didyma L., clonal micropropagation, explant, in vitro, culture medium.*

Тевфик Арзы Шевкиевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биотехнологии, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: tevfik.arzy@yandex.ru.

Егорова Наталья Алексеевна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биотехнологии ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: yegorova.na@mail.ru.

Коваленко Мария Сергеевна, младший научный сотрудник лаборатории биотехнологии, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: mary-exo-l@yandex.ru

Tevfik Arzy Shevkievna, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher of the Laboratory of biotechnology, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: tevfik.arzy@yandex.ru.

Yegorova Natalia Alekseevna, Dr. Sc. (Biol.), chief researcher, head of the Laboratory of biotechnology, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: yegorova.na@mail.ru.

Kovalenko Maria Sergeevna, junior researcher of the Laboratory of biotechnology, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: mary-exo-l@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 21.02.2022.
Дата принятия к печати – 20.03.2022.

УДК 633.13:631. 527
EDN AIRDGB

Тулякова М. В., Баталова Г. А., Пермякова С. В.

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ОВСА ПЛЕНЧАТОГО В УСЛОВИЯХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»

Реферат. *Для создания новых сортов овса пленчатого необходим исходный материал, устойчивый к региональным абиотическим стрессорам северного земледелия. Цель исследований – выделить высокоурожайные коллекционные сортообразцы для дальнейшего использования в качестве исходного материала при выведении новых сортов, устойчивых к почвенной кислотности, обладающих высокой адаптивностью. Исследования проведены в 2018–2020 гг. на естественном провокационном почвенном фоне по алюмокислотности (pH – 3,7–3,9 ед; Al^{3+}– 26,5–28,4 мг/100 г почвы) Фалёнской селекционной станции – филиале ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого». Объект исследований – 14 коллекционных образцов овса и сорт-стандарт Кречет. Расчет адаптивного потенциала проводили по показателю «урожайность г/м^2». В годы исследований индекс условий среды (I_j) варьировал от –67 до +60. Выделены ген-источники: с высокой генетической гибкостью к-3880, к-15353, к-15348 (($У_1$ –$У_2$)/2 = от 152 до 147 г/м^2); с высокой устойчивостью к стрессу к-3722, к-3739, к-3732 ($У_2$–$У_1$ = от –39 до –106 г/м^2). Выделены образцы интенсивного типа к-3880 (b_i = 1,52; И = 124,8), к-3716 (b_i = 1,29; И = 110,9), к-3866 (b_i = 1,13; И =109,1) с повышенной урожайностью (250; 215 и 195 г/м^2) при улучшении условий выращивания в 2018 г., в условиях неблагоприятного 2020 г. (54; 52 и 51 г/м^2). Высокая стабильность была у образцов к-3880, к-3739, к-3756 (S_i^2 = от 5,36 до 21,31). Низкую вариабельность и высокую гомеостатичность наблюдали у образцов к-3732, к-3756 (C_V = 31,1 и 36,9 %; Hom = 4,50 и 3,93), с высоким индексом стабильности (Ис = 3,23 и 2,71), коэффициентом выравненности (В = 68,9 и 63,1 %) и коэффициентом адаптивности (КА = 109 и 108,4). Интерес для селекции представляют сортообразцы к-3732, к-3756 с высоким потенциалом адаптивности, которые способны формировать высокую урожайность (140 и 145 г/м^2) в меняющихся погодных условиях.*

Ключевые слова: *овес (Avena sativa L.), сортообразец, урожайность, индекс условий среды, адаптивность, стабильность, пластичность.*

Для цитирования: *Тулякова М. В., Баталова Г. А., Пермякова С. В. Адаптивный потенциал коллекционных образцов овса пленчатого в условиях Кировской области // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 2(30). С. 143–154. EDN: AIRDGB.*

For citation: *Tulyakova M. V., Batalova G. A., Permyakova S. V. Adaptive potential of filmy Avena sativa L. samples under conditions of the Kirov region // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 2(30). P. 143–154. EDN: AIRDGB.*

Введение

Овес – одна из наиболее важных зерновых культур Кировской области. Возделывание его всё чаще связано с неблагоприятными условиями выращивания [1], низким плодородием и высокой кислотностью почв, поэтому необходим генетический материал устойчивый к абиотическому стрессу [2].

Почвы с повышенной кислотностью в Кировской области составляют более 75 %, в том числе 41 % – сильнокислых (pH менее 4,5 ед.) [3, 4]. Значительное снижение урожайности в условиях кислых почв вызывают соединения алюминия [5], которые затрудняют рост корней, поглощение воды и питательных веществ [6]. В

результате повышенной почвенной кислотности в России возрастают ежегодные потери продукции растениеводства, в пересчете на зерно они насчитывают 16–18 млн тонн [7, 8]. Определение параметров адаптивности, экологической пластичности и стабильности даёт возможность с большей точностью предоставить лучшие сорта для конкретной зоны исследования [9–11]. Эдафический стресс на фоне изменчивых метеорологических условий может быть одним из главных факторов, снижающих развитие и урожайность сельскохозяйственных культур [12]. Немаловажным требованием, предъявляемым к сортам, считается устойчивость к абиотическим факторам среды, а также увеличение экологической устойчивости сортов и внедрение их адаптивного потенциала обуславливает высокую стабильную урожайность [13]. Как правило, повышенную урожайность имеют сорта, которые более адаптивны к местным почвенно-климатическим условиям [14]. При создании новых сортов важно применять хорошо изученный и подобранный исходный материал, обладающий высокой адаптивностью и стрессоустойчивостью, который может быть использован в работе селекционных программ [15–18].

Актуальным направлением в селекционных программах ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» является создание сортов ярового овса, устойчивых к региональным биотическим и абиотическим стрессорам северного земледелия, а также внедрение их в производство [12]. Поэтому систематическое изучение генетического разнообразия пленчатого овса и подбор источников, эффективных в селекции для почвенно-климатических условий Кировской области актуально.

Цель исследований – в результате оценки параметров адаптивности по признаку «урожайности» овса (*Avena sativa* L.) выделить коллекционные сортообразцы для дальнейшего использования в качестве исходного материала при выведении новых сортов, наиболее приспособленных к абиотическому стрессу в условиях Кировской области.

Материалы и методы исследований

Работа выполнена в 2018–2020 гг. на опытном участке Фалёнской селекционной станции – филиале ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Представлены результаты оценки 14 коллекционных сортообразцов овса пленчатого *(Avena sativa* L.): к-3716 CEV/ESM/KAR, к-3722 CEV/PAR/AGA/ESM/JAD, к-3732 ESM/JAD/SAI, к-3739 CHI/SAI/JAD//CEV/OBS, к-3741 AGA/ESM/CHI//CEV/KAR, к-3756 CHI/CEV/OBS/, к-3864 AGA/CHI/OBS, к-3866 AGA/KAR/OBS//ESM/JAD, к-3877 ESM/CEV//AGA/JAD, к-3880 OBS/SAI//PAR/ES (Россия), к-15348 HURDAL, к-15352 HAGA, к-15353 ODAL (Норвегия), к-15410 Duffy (Германия) и сорт стандарт Кречет (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока). Посев осуществляли на естественном провокационном почвенном фоне по алюмокислотности. Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая, сформированная на покровных суглинках (pH солевой вытяжки – 3,7–3,9 ед. (ГОСТ Р 26483-85); содержание ионов Al^{3+}– 26,5–28,4 мг/100 г почвы (по Соколову А. В.); подвижного фосфора – 72–102 мг/кг; подвижного калия – 66–100 мг/кг (по Кирсанову, ГОСТ Р 54650-2011). Предшественник – чистый пар, сортообразцы высевали на делянки площадью 1 м^2, повторность трехкратная. Агротехника – принятая для овса в условиях Северо-Восточного региона Европейской части РФ. Воздействие факторов окружающей среды на урожайность сортообразцов овса рассчитывали по коэффициенту регрессии (b_i), параметру стабильности (S_i^2), а также определяли индекс условий среды (I_j) по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell в изложении Пакудина В. З. и Лопатиной Л. М. [19]; стрессоустойчивость рассчитывали по уравнениям A. A. Rossiel, J. Hemblin в изложении Гончаренко А. А. [20]; гомеостатичность (Hom) по Хангильдину В. В.; коэффициент выравненности (B) по Доспехову Б.А. в изложении Аниськова Н. И. и др. [21]; индекс стабильности и

показатель интенсивности (Ис и И) считали по Удачину Р. А., Головченко А. П.; по Неттевичу Э. Д. определяли показатель уровня стабильности сорта (ПУСС), а коэффициент адаптивности (КА) по Животкову Л. А. и др. в изложении Поползухина и др. [22]. Статистическая обработка данных выполнена с использованием пакета селекционно-ориентированной программы AGROS, версия 2.07.

Метеорологические условия в годы исследований значительно различались как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков. Гидротермический коэффициент (ГТК Селянинова) определяли стандартно. В 2018 г. погодные условия периода вегетации складывались благоприятно для формирования высокого урожая зерна (ГТК = 1,30), а 2019 г. характеризовался пониженным температурным режимом и избыточным увлажнением (ГТК = 1,91), что неблагоприятно сказалось на росте и развитии растений овса – это стало следствием неравномерного созревания посевов и осыпания зерна при полегании. В 2020 г. наблюдали недостаток влаги и повышенный температурный режим в период от начала фазы «кущения» до фазы «цветения» (ГТК = 0,71), это негативно отразилось на урожайности овса (таблица 1).

Таблица 1 – Метеорологические условия периода вегетации овса

Месяц	Декада	Средняя температура воздуха, °С				Сумма осадков, мм			
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	средне-много-летняя	2018 г.	2019 г.	2020 г.	средняя много-летняя
Май	1	7,4	14,1	13,5	8,4	13,6	6,2	1,0	13,8
	2	13,7	13,5	11,0	10,1	10,2	9,7	13,2	13,9
	3	10,8	12,1	11,8	12,0	34,3	17,1	50,9	18,5
За месяц		10,6	13,2	12,1	10,2	58,1	33,0	65,1	46,2
июнь	1	8,5	15,3	15,8	14,3	45,1	66,4	24,4	16,9
	2	13,4	13,9	15,5	16,2	27,6	10,1	5,8	23,6
	3	20,5	16,0	11,5	17,4	4,5	31,5	15,6	25,6
За месяц		14,1	15,1	14,3	16,0	77,2	108	45,8	66,1
Июль	1	20,7	14,9	20,5	17,9	25,6	21,5	16,4	30,2
	2	20,4	16,9	22,1	17,8	45,3	29,7	11,4	20,7
	3	19,8	15,8	17,9	17,7	2,9	24,1	56,3	26,0
За месяц		20,3	15,9	20,2	17,8	73,8	75,3	84,1	76,9
Август	1	17,4	15,8	16,1	16,5	8,8	88,1	33,8	19,5
	2	16,3	16,0	11,9	14,6	27,1	37,0	6,9	23,7
	3	14,4	14,4	16,0	13,1	8,4	32,2	11,6	22,8
За месяц		16,0	15,4	14,7	14,7	44,3	157,3	52,3	66,0

Результаты и их обсуждение

Согласно двухфакторному дисперсионному анализу, погодные условия (фактор А – год), сорта (фактор В), а также их взаимодействие А×В оказали достоверное влияние на урожайность овса на 5 %-м уровне значимости (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа урожайности коллекционных образцов овса 2018-2020 гг.

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	$F_ф$	F_{05}	Доля вклада фактора, %
Общее	2060433,87	402	-	-	-	-
Варианты	2060343,25	134	-	-	-	-
Фактор А (год)	1630364,87	2	815182,44	2605481,75*	19,0	79,1
Фактор В (сорт)	143328,61	44	3257,47	10411,50*	1,59	6,96
Взаимодействие А×В	286649,75	88	3257,38	10411,23*	1,39	13,9
Остаток	83,85	268	0,31	-	-	-

Примечание. ** – значимо на 5 %-м уровне.*

Наибольшее влияние на урожайность внес фактор «год» – 79 %. Доля вклада генотипа в формирование урожайности овса составила 7 %, а взаимодействие факторов А и В – 14 %, то есть при использовании более адаптивных сортов существует возможность повышения урожайности и сохранения её стабильности [23].

В годы исследований индекс условной среды (I_j) варьировал от –67 до +60. В среднем за период изучения урожайность сортообразцов составила 135 г/м^2 (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность и вариабельность коллекционных образцов овса, г/м^2

Образец	Год				Коэффициент вариации (C_V), %
	2018	2019	2020	среднее	
Кречет (St.)	188	138	57	128	42,2
к-3716	215	173	52	147	47,1
к-3722	105	99	66	90	19,1
к-3732	195	135	89	140	31,1
к-3739	165	128	89	127	24,4
к-3741	185	144	65	131	37,9
к-3756	205	155	75	145	36,9
к-3864	205	134	68	136	40,4
к-3866	195	149	51	132	45,6
к-3877	190	144	67	134	37,9
к-3880	250	167	54	157	51,2
к-15348	225	135	69	143	44,7
к-15352	195	131	68	131	39,5
к-15353	215	127	81	141	39,4
к-15410	195	154	65	138	50,9
Среднее	195	141	68	135	-
$НСР_{05}$	30	24	10	-	-
Индекс условий среды (I_j)	60	6	-67	-	-

В благоприятном 2018 г. урожайность образцов овса варьировала от 105 г/м^2 (к-3722) до 250 г/м^2 (к-3880). Максимальная урожайность получена у сортообразцов к-3880 (250 г/м^2), к-15348 (225 г/ м^2), к-3716 (215 г/м^2) при урожайности стандарта Кречет 188 г/м^2 индекс условий среды (I_j = 60) принимал положительное значение). В сыром и дождливом 2019 г. урожайность образцов варьировала от 99 г/м^2 у образца к-3722 до 173 г/м^2 у образца к-3716. Образцы с наиболее высокой урожайностью к-3716, к-3880 и к-3756 превысили урожайность стандарта на 35; 29 и 17 г/м^2 соответственно. Индекс условий среды положительный (I_j = 6). Средняя урожайность по опыту в 2020 г. была намного ниже предыдущих лет – 68 г/м^2, она колебалась от 51 г/м^2 у образца к-3866 до 89 г/м^2 у образцов к-3732 и к-3739. Соответственно с максимальной прибавкой к стандарту Кречет (32–24 г/м^2) были отмечены образцы к-3732, к-3739, к-15353, при этом индекс условий среды был отрицательным. В среднем за годы проведения исследований (2018–2020 гг.) наибольшая урожайность была отмечена у образцов к-3880 (157г/м^2), к-3716 (147 г/м^2), к-3756 (145 г/м^2), прибавка к стандарту Кречет составила 29; 19; 17 г/м^2 соответственно.

Уровень устойчивости генотипов к стрессовым условиям произрастания отражает разность $У_2$ (min) – $У_1$ (max), которая имеет отрицательный знак. Чем ниже его значение, тем выше стрессоустойчивость сорта, соответственно шире размах приспособительных возможностей (таблица 4). В наших исследованиях высокой устойчивостью к стрессу обладали сортообразцы к-3722 (–39), к-3739 (–76), к-3732 (–106). Наиболее слабую устойчивость к стрессу проявил сортообразец к-3880 (–196).

Показатель средней урожайности сорта ($У_1$ + $У_2$)/2 в контрастных (стрессовых и не стрессовых условиях) характеризует его генетическую гибкость и компенсационную способность [24]. Поэтому, чем выше величина данного показателя, тем выше степень соответствия между генотипом сорта и различными

факторами окружающей среды (климатическими, эдафическими, биологическими и др.). Высокое значение по данному признаку установлено у сортообразцов к-3880, к-15353, к-15348, что указывает на высокую степень их соответствия факторам окружающей среды.

Таблица 4 – Показатели стрессоустойчивости коллекционных образцов овса (2018–2020 гг.)

Образец	$У_2$ (min)	$У_1$ (max)	$У_2$-$У_1$	($У_1$+$У_2$)/2
Кречет (St.)	57	188	-131	123
к-3716	52	215	-163	134
к-3722	66	105	-39	86
к-3732	89	195	-106	142
к-3739	89	165	-76	127
к-3741	65	185	-120	125
к-3756	75	205	-130	140
к-3864	68	205	-137	137
к-3866	51	195	-144	123
к-3877	67	190	-123	129
к-3880	54	250	-196	152
к-15348	69	225	-156	147
к-15352	68	195	-127	132
к-15353	81	215	-134	148
к-15410	65	195	-130	130

Для полной характеристики адаптивности исследуемых сортов овса были посчитаны коэффициенты регрессии (b_i) показателя урожайности, а также его параметры стабильности (S_i^2) (таблица 5).

Таблица 5 – Адаптивная способность коллекционных образцов овса (2018–2020 гг.)

Образец	b_i	S_i^2	Hom	Ис	ПУСС %	КА	И	В %
Кречет (St.)	1,02	23,57	3,03	2,37	100	92,7	102,3	57,8
к-3716	1,29	495,23	3,12	2,13	358,3	103	110,9	52,9
к-3722	0,30	76,05	4,71	5,25	331,2	73,7	43,3	81,0
к-3732	0,81	223,9	4,50	3,23	492,2	109	75,7	68,9
к-3739	0,58	17,13	5,20	4,09	515,9	102,3	59,84	75,6
к-3741	0,96	69,05	3,46	2,63	354,1	97,6	91,6	62,1
к-3756	1,01	21,31	3,93	2,71	445,2	108,4	74,3	63,1
к-3864	1,05	99,37	3,37	2,39	358,1	100	100,7	59,6
к-3866	1,13	155,47	2,89	2,20	298,0	94	109,1	54,4
к-3877	0,96	27,72	3,54	2,64	370,6	99,3	91,8	62,1
к-3880	1,52	5,36	3,07	1,95	376,6	108,3	124,8	48,8
к-15348	1,19	374,41	3,20	2,24	357,5	104	109,1	55,3
к-15352	0,98	68,69	3,32	2,53	339,8	97,7	97,0	60,5
к-15353	1,01	640,79	3,58	2,54	394,4	106,3	95,0	60,6
к-15410	1,02	136,97	2,71	1,69	292,2	101,7	94,2	49,1

Примечание. *Здесь и далее: b_i – коэффициент линейной регрессии, S_i^2 – показатель стабильности, Hom – гомеостатичность, Ис – индекс стабильности, ПУСС – показатель уровня стабильности сорта, КА – коэффициент адаптивности, И – показатель интенсивности, В – коэффициент выравненности.*

Коэффициент линейной регрессии урожайности образцов овса b_i подтверждает их реакцию на изменение условий среды. В результате исследований выделены три отзывчивых сортообразца (b_i = от 1,52 до 1,13) с повышенной урожайностью (от 250 до 195 г/м^2) – к-3880, к-3716, к-3866, у которых максимум отдачи наблюдали только в благоприятных условиях выращивания, в неблагоприятных погодных условиях на низком агрофоне урожайность этих образцов снижалась (от 54 до 51 г/м^2). Показатель интенсивности (И) подтверждает реакцию сортов на меняющиеся условия среды. В

наших исследованиях максимальный уровень интенсивности также отмечен у сортообразцов к-3880, к-3716, к-3866.

Сортообразцы к-3722, к-3739, к-3732 с более низким показателем регрессии (b_i = от 0,3 до 0,81). Эти образцы можно отнести к числу сортов с более низкой экологической пластичностью, они слабо отзывались на изменение условий среды. Такие сортообразцы лучше выращивать на низком агрофоне, так как они при минимуме затрат дадут больший урожай по сравнению с образцами интенсивного типа. Остальные сортообразцы имели коэффициент линейной регрессии b_i = от 0,9 до 1,05, в меняющихся условиях среды (как при засухе, так и в благоприятных условиях) они формируют стабильную урожайность.

Высокие показатели параметров стабильности были отмечены у сортообразцов к-3880, к-3739, к-3756 (S_i^2 = от 5,36 до 21,31). Самый низкий показатель стабильности был у сорта к-3716 (S_i^2 = 495,23).

Гомеостаз является одним из важных показателей, который определяет устойчивость растений к воздействию неблагоприятных факторов среды. Проявления высокой гомеостатичности В. В. Хангильдин [25] связывал с возможностью растений сводить к минимуму результаты воздействия неблагоприятных условий среды. В результате наших исследований изменения признака «урожайность», были достаточно широки: от 19,05 % у сортообразца к-3722 до 51,2 % у образца к-3880. Наиболее стабильной реакцией на изменения условий выращивания, по данным наших исследований, отличались сортообразцы: к-3722 (C_V = 19,1 %; Hom = 4,71), к-3739 (C_V = 24,4 %; Hom = 5,20), к-3732 (C_V = 31,1 %; Hom = 4,50), к-3756 (C_V = 36,9 %; Hom = 3,93). Высокая вариабельность и низкая гомеостатичность были отмечены у сортообразцов к-15410 (C_V = 50,9 %; Hom = 2,71), к-3866 (C_V = 45,6 %; Hom = 2,89), к-3880 (C_V = 51,2 %; Hom = 3,07), что говорит о нестабильности этих сортов и низкой адаптивности к условиям возделывания в Кировской области.

В качестве признака проявления гомеостатических реакций сортов в разных условиях внешней среды, был применен индекс стабильности (ИС) [26]. Он отображается соотношением средней величины и среднеквадратичного отклонения урожайности. Наибольшую приспособленность (стабильность) к данным условиям среды проявили сортообразцы с высоким индексом стабильности – к-3722, к-3739, к-3732, к-3756 (ИС = от 5,25 до 2,71).

Для оценки сортов по адаптивной способности наглядную информацию обеспечивает показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) [27]. Он может более полно охарактеризовать уровень и стабильность урожайности сортообразцов. В нашем опыте по отношению к стандарту Кречет наиболее стабильны были сортообразцы к-3739, к-3732, к-15353 (ПУСС = от 515,9 до 94,4 %).

В виде меры степени соразмерной стабильности сорта в некоторых случаях использовали параметр, дополняющий величину коэффициента вариации до 100 % [28]. Его называют коэффициентом выравненности (В), он подтверждает высокую адаптивность образцов овса к-3732 (В = 68,9 %), к-3756 (В = 63,1 %), которые способны формировать высокую урожайность (140 и 145 г/м^2, превысили стандарт Кречет на 12 и 17 г/м^2 соответственно).

Об адаптивных способностях сорта судят по коэффициенту адаптивности (КА), предложенному Животковым Л. А. и др. [29]. Высокий коэффициент адаптивности отмечен у сортообразцов к-3732, к-3756, к-3880, к-15353 (КА = от 109 до 106,3 %). По результатам проведенного корреляционного анализа установлена тесная связь между параметрами адаптивной способности, стабильности сортообразцов овса по признаку «урожайность» (таблица 6).

Таблица 6 – Корреляции показателей пластичности, стабильности и адаптивной способности коллекционных образцов овса по урожайности

Показатель	C_V	b_i	S^2_i	Hom	Ис	ПУСС	КА	И	В	$У_2$-$У_1$
C_V	-		-	-	-	-	-	-	-	-
b_i	0,92**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S^2_i	0,21	0,23	-	-	-	-	-	-	-	-
Hom	–0,93**	–0,79**	–0,17	-	-	-	-	-	-	-
Ис	–0,96**	–0,90**	–0,21	0,88**	-	-	-	-	-	-
ПУСС	–0,40	–0,20	0,11	0,64**	0,32	-	-	-	-	-
КА	0,47	0,61*	0,27	–0,17	–0,59	0,47	-	-	-	-
И	0,92**	0,95**	0,25	–0,87**	–0,90**	–0,38	0,44	-	-	-
В	–1,00**	–0,92**	–0,21	0,94**	0,96**	0,40	–0,47	–0,92**	-	-
$У_2$-$У_1$	–0,92**	–1,00**	–0,24	0,78**	0,90**	0,19	–0,62**	–0,95**	0,92**	-
Урожайность	0,74**	0,86**	0,27	–0,48	–0,81**	0,20	–0,92**	0,73**	–0,74**	–0,87**

Примечание. ** – значимо на 5%-ном уровне, ** – значимо на 1 %-ном уровне.*

Достоверную положительную корреляционную зависимость наблюдали между урожайностью зерна с коэффициентом вариации (r = 0,74), показателем интенсивности (r = 0,73) и коэффициентом регрессии (r = 0,86). Установлена достоверная отрицательная корреляционная зависимость между урожайностью зерна с коэффициентом адаптивности (r = –0,92), индексом стабильности (r = –0,81), коэффициентом выравненности (r = –0,74) и параметром стрессоустойчивости (r = –0,87). В условиях Кировской области эти показатели можно считать наиболее информативными при оценке адаптивных и продуктивных свойств. Остальные высокозначимые корреляции (на 1 %-ном уровне) были отмечены между показателями C_V и b_i; CV, b_i и Hom, Ис, И, В, $У_2$-$У_1$; Hom и Ис, ПУСС; Hom, Ис и И, В, $У_2$-$У_1$; КА, И и $У_2$-$У_1$; И и В, В и $У_2$-$У_1$.

Полученные в ходе наших исследований данные по оценке сортообразцов овса пленчатого стали основой для их ранжирования по всем исследуемым показателям [28]. Принцип ранжирования дает полную информацию о параметрах адаптивности данных образцов. Следует отметить, что чем меньше сумма рангов изучаемого генотипа, тем большей хозяйственной ценностью он обладает [13]. Сортообразцы к-3739, к-3732, к-3756 имели меньшую сумму рангов (43–53) (таблица 7). В наших исследованиях эти сорта обладают большей устойчивостью к варьирующим условиям выращивания.

Таблица 7 – Ранжирование коллекционных образцов овса по показателям адаптивности, определенными разными методами (2018–2020 гг.)

Образец	Ранг по										Сумма рангов
	C_V %	$У_2$-$У_1$	b_i	S^2_i	Hom	Ис	ПУСС, %	КА	И	В, %	
Кречет (St.)	9	8	6	4	13	10	15	14	4	9	92
к-3716	12	11	2	14	11	13	7	6	2	12	90
к-3722	1	1	12	8	2	1	12	15	14	1	67
к-3732	3	3	10	12	3	3	2	1	11	3	51
к-3739	2	2	11	2	1	2	1	7	13	2	43
к-3741	5	4	9	7	7	6	10	12	10	5	75
к-3756	4	7	7	3	4	4	6	2	12	4	53
к-3864	8	8	5	9	8	9	8	9	5	8	77
к-3866	11	9	4	10	14	12	13	13	3	11	100
к-3877	5	5	9	5	6	5	5	10	9	5	64
к-3880	14	12	1	1	12	14	4	3	1	14	76
к-15348	10	10	3	13	10	11	9	5	3	10	84
к-15352	7	6	8	6	9	8	11	11	6	7	79
к-5353	6	9	7	15	5	7	3	4	7	6	69
к-15410	13	7	6	11	15	15	14	8	8	13	110

Выводы

В результате проведенных исследований в условиях Кировской области в период 2018–2020 гг. выделены источники для селекции овса пленчатого по признаку «урожайность»: с высокой генетической гибкостью: к-3880, к-15353, к-15348 ($У_1$-$У_2$)/2 = от 152 до 147 г/м^2); с высокой устойчивостью к стрессу: к-3722, к-3739, к-3732 ($У_2$–$У_1$ = от –39 до –106 г/м^2. С высокой отзывчивостью на улучшение условий среды можно использовать сортообразцы к-3880 (250 г/м^2; b = 1,52; И = 124,8), к-3716 (215 г/м^2; b = 1,29; И = 110,9), к-3866 (195 г/м^2; b = 1,13; И = 109,1) в качестве исходного материала при создании сортов интенсивного типа; для привлечения в гибридизацию высокий интерес представляет низкопродуктивный, но с высокими показателями адаптивности образец к-3722; сортообразцы к-3732, к-3756 с низкой вариабельностью и высокой гомеостатичностью (C_V = 31,1 и 36,9 %; Hom = 4,50 и 3,93), с высоким индексом стабильности (Ис = 3,23 и 2,71), коэффициентом выравненности (В = 68,9 и 63,1 %) и коэффициентом адаптивности (КА = 109 и 108,4). В результате наших исследований для дальнейшей работы интерес представляют сортообразцы к-3732, к-3756 с высоким потенциалом адаптивности, которые способны формировать высокую урожайность (140 и 145 г/м^2) в меняющихся погодных условиях. Наиболее адаптивные, набравшие наименьшую сумму рангов всех показателей (43-53) – к-3739, к-3732, к-3756.

Литература

1. O'Leary G. J., Aggarwal P. K., Calderini D. F., Connor D. J., Craufurd P., Eigenbrode S. D., Han X., Hatfield J.L. Challenges and responses to ongoing and projected climate change for dryland cereal production systems throughout the world // Agronomy. 2018. No. 8 (4). Art. No. 34. DOI: 10.3390/agronomy8040034.
2. Абдуллаев Р. А., Баташева Б. А., Алпатьева Н. В., Чумаков М. А., Радченко Е. Е., Ковалева О. Н., Яковлева О. В. Устойчивость допущенных к использованию в России сортов ячменя к вредным организмам и токсичным ионам алюминия // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181 (3). С. 120–127. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-120-127.
3. Молодкин В. Н., Бусыгин А. С. Плодородие пахотных почв Кировской области // Земледелие. 2016. № 8. С. 16–18.
4. Уткина Е. И., Кедрова Л. И., Шляхтина Е. А., Парфенова Е. С., Набатова Н. А., Шамова М. Г. Создание сорта озимой ржи Кипрез // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 21 (5). С. 512–520. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.5.512-520.
5. Bojórquez-Quintal E., Escalante-Magaña C, Echevarría-Machado I., Martínez-Estévez M. Aluminum, a friend or foe of higher plants in acid soils // Frontiers in Plant Science. 2017. No. (8). Art. No. 1767. DOI: 10.3389/fpls.2017.01767.
6. Курина А. Б., Косарева И. А., Артемьева А. М. Генетическое разнообразие *Raphanus sativus* L. Коллекция ВИР по алюмоустойчивости // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. № 24 (6). С. 613–624. DOI 10.18699/VJ20.655.
7. Некрасов Р. В., Овчаренко М. М., Аканова Н. И. Агроэкологические основы химической мелиорации почв // Земледелие. 2019. № 4. С. 3–7. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10401.
8. Кишлян Н. В., Мельникова Н. В., Рожмина Т. А. Механизмы адаптации льна-долгунца к повышенной кислотности почвы (обзор) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181 (4). С. 205–212. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-205-212.
9. Горянина Т. А. Сравнительная оценка сортов озимой тритикале по адаптивной способности и стабильности // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 1. С. 37– 41. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10107.
10. 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.
11. Тетянников Н. В., Боме Н. А. Анализ взаимодействия «генотип × среда» и оценка адаптивного потенциала ячменя в условиях Северного Зауралья // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182 (3). С. 63–73. DOI: 10.30901 / 2227-8834-2021-3-63-73.
12. Шляхтина Е. А., Рылова О. Н. Результаты изучения перспективных сортов озимой ржи в условиях Кировской области // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 1 (25). С. 213–223. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-1-25-213-223.

13. Юсова О. А., Николаев П. Н., Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Экологическая реакция сортов ярового ячменя на абиотические и биотические факторы южной лесостепи Омского региона // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 1 (25). С. 224–235. DOI 10.33952/2542-0720-2021-1-25-224-235.

14. Иванова И. Ю. Сортоизучение мягкой пшеницы в условиях южной части Волго-Вятского региона // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 21 (4). С. 379–386. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.4.379-386

15. Успенская В. А., Бекиш Л. П., Чикида Н. Н. Источники хозяйственно ценных признаков для селекции озимой тритикале на северо-западе РФ // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018. Т. 179 (3). С. 85–94. DOI: 10.30901/2227-8834-2018-3-85-94.

16. Дёмина И. Ф. Результаты изучения коллекционных образцов пшеницы мягкой яровой в условиях Среднего Поволжья // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 21 (6). С. 653–659. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.653-659.

17. Rani K., Singh V., Mor V. S., Dalal M. S., Niwas R. Phenological development, grain growth rate, seedling vigour and yield relationships in wheat cultivars under normal sown irrigated conditions // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2018. No. 7 (6). P. 3230–3238. DOI: 10.20546/ijcmas.2018.706.380.

18. Vellegas D., Alfaro C., Amar K., Catedra M. M., Grossa I., del Moral G., Royo C. Daylength temperature and solar radiation effects on the phenology and yield formation of spring durum wheat // J. Agro. Crop. Sci. 20162016. No. 202 (3). P. 203–216. DOI: 10.1111/jac.12146.

19. Пакудин В. З., Лопатина Л. М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. 1984. № 4. С. 109–113.

20. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53.

21. Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Продуктивность и адаптивность сортов озимой ржи селекции ВИР в условиях Северо-Западного региона // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 58 (3). С. 5–9. DOI: 10.18411/lj-02-2020-38.

22. Поползухин П. В., Николаев П. Н., Аниськов Н. И., Юсова О. А., Сафонова И. В. Оценка продуктивности и адаптивных свойств сортов ярового ячменя в условиях Сибирского Прииртышья // Земледелие. 2018. № 3. С. 40–44. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10309.

23. Безуглая Т. С., Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Дубинина О. А., Каменева А. С. Адаптивный потенциал новых сортов и линий озимой твёрдой пшеницы в условиях Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3 (75). С. 27–33. DOI: 10.31667/2079-8725-2021-75-3-27-33.

24. Филлипов Е. Г., Донцова А. А., Донцов Д. П., Засыпкина И. М. Оценка экологической пластичности и стабильности перспективных сортов и линий озимого ячменя в конкурсном сортоиспытании // Зерновое хозяйство России 2021. № 4 (76). С. 8–14. DOI: 1031367/2079-8725-2021-76-4-8-14.

25. Хангильдин В. В. Параметры оценки гомеостатичности сортов и селекционных линий в испытании колосовых культур // Научно-технический бюллетень ВСГИ. 1986. № 2 (60). С. 36–41.

26. Тулякова М. В., Баталова Г. А., Лоскутов И. Г., Пермякова С. В., Кротова Н. В. Оценка адаптивных параметров коллекционных образцов овса пленчатого по урожайности в условиях Кировской области // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182 (1). С. 72–79. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-1-72-79.

27. Николаев П. Н., Аниськов Н. И., Юсова О. А. Пластичность, стабильность и адаптивность качества зерна сортов ярового ячменя в условиях Омской области // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1 (41). С. 43–48. DOI: 10.18286/1816-4501-2018-1-43-48.

28. Полонский В. И., Сурин Н. А., Герасимов С. А., Липшин А. Г., Сумина А. В., Зюте С. Изучение сортов овса (*Avena sativa* L.) различного географического происхождения по качеству зерна и продуктивности // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 23 (6). С. 683–690. DOI: 10.18699/VJ19.541.

29. Животков Л. А., Морозова З. А., Секутаева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.

References

1. O'Leary G. J., Aggarwal P. K., Calderini D. F., Connor D. J., Craufurd P., Eigenbrode S. D., Han X., Hatfield J.L. Challenges and responses to ongoing and projected climate change for dryland cereal production systems throughout the world // Agronomy. 2018. No. 8 (4). Art. No. 34. DOI: 10.3390/agronomy8040034.

2. Abdullaev R. A., Batasheva B. A., Alpatieva N. V., Chumakov M. A., Radchenko E. E., Kovaleva O. N., Yakovleva O. V. Resistance of barley cultivars approved for use in Russia to harmful organisms and toxic aluminum ions // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2020. Vol. 181 (3). P. 120–127. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-120-127.

3. Molodkin V. N., Busygin A. S. Fertility of arable soils of Kirov region // Zemledelie. 2016. No. 8. P. 16–18.

4. Utkina E. I., Kedrova L. I., Shlyakhtina E. A., Parfyenova E. S., Nabatova N. A., Shamova M. G. Development of acid-resistant winter rye Kiprez variety // Agricultural Science Euro-North-East. 2020. No. 21 (5). P. 512–520. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.5.512-520.

5. Bojórquez-Quintal E., Escalante-Magaña C, Echevarría-Machado I., Martínez-Estévez M. Aluminum, a friend or foe of higher plants in acid soils // Frontiers in Plant Science. 2017. (8). P. 1767. DOI: 10.3389/fpls.2017.01767.

6. Kvrina A. B., Kosareva I. A., Artemyeva A. M. Genetic diversity of VIR *Raphanus sativus* L. Collections in aluminum tolerance // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2020. No. 24 (6). P. 613–624. DOI: 10.18699/VJ20.655.

7. Nekrasov R. V., Ovcharenko M. M., Akanova N. I. Agroecological foundation of chemical amelioration of soils // Zemledelie. 2019. No. 4. P. 3–7. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10401.

8. Kishlyan N. V., Melnikova N. V., Rozhmina T. A. The mechanisms of fiber flax adaptation to high soil acidity (a review) // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2020. Vol. 181(4) P. 205–212. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-205-212.

9. Goryanina T. A. Comparative evaluation of winter triticale varieties by adaptability and stability // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2020. No. 34 (1). P. 37–41. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10107.

10. 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.

11. Tetyannikov N. V., Bome N. A. Analysis of the genotype × environment interactions and assessment of the adaptability potential in barley under the conditions of the Northern Trans-Urals // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2021. Vol. 182 (3). P. 63–73. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-3-63-73.

12. Shlyakhtina E. A., Rylova O. N. Results of the study of promising varieties of winter rye in the Kirov region // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 1 (25). P. 213–223. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-1-25-213-223.

13. Yusova O. A., Nikolaev P. N., Aniskov N. I., Safonova I. V. Ecological response of spring barley varieties to abiotic and biotic factors in the southern forest-steppe of the Omsk region // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 1 (25). P. 224–235. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-1-25-224-235.

14. Ivanova I. Yu. Study of soft wheat varieties in the southern part of the Volga-Vyatka region // Agricultural Science Euro-North-East. 2020. No. 21 (4). P. 379–386. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.4.379-386.

15. Uspenskaja V., Bekish L., Chikida N. Sources of economically valuable traits for winter triticale breeding in the northwest of the Russian Federation // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2018. Vol. 179. P. 85–94. DOI: 10.30901/2227-8834-2018-3-85-94.

16. Demina I. F. The results of study of collection samples of spring soft wheat in the Middle Volga Region // Agricultural Science Euro-North-Eats. 2020. No. 21 (6). P. 653–659. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.653-659.

17. Rani K., Singh V., Mor V. S., Dalal M. S., Niwas R. Phenological development, grain growth rate, seedling vigour and yield relationships in wheat cultivars under normal sown irrigated conditions // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2018. No. 7 (6). P. 3230–3238. DOI: 10.20546/ijcmas.2018.706.380.

18. Vellegas D., Alfaro C., Amar K., Catedra M. M., Grossa I., del Moral G., Royo C. Daylength temperature and solar radiation effects on the phenology and yield formation of spring durum wheat // J. Agro. Crop. Sci. 2016. No. 202 (3). P. 203–216. DOI: 10.1111/jac.12146.

19. Pakudin V. Z., Lopatina L. M. Assessment of ecological plasticity and stability of varieties // Agricultural Biology [Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya]. 1984. No. 4. P. 109-113

20. Goncharenko A. A. On adaptivity and ecological resistance of grain crop varieties // Vestnik RAAS. 2005. No. 6. P. 49–53.

21. Aniskov N. I., Safonova I. V. Productivity and adaptability of winter rye varieties of VIR breeding under conditions Northwest region // Scientific Development Trends and Education. 2020. No. 58 (3). P. 5–9. DOI: 10.18411/lj-02-2020-38.

22. Popolzukhin P. V., Nikolaev P. N., Aniskov N. I., Yusova O. A., Safonova I. V. Evaluation of productivity and adaptive properties of spring barley varieties under conditions of the Siberian Irtysh region // Zemledelie. 2018. No. 3. P. 40–44. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10309.

23. Bezuglaya T. S., Samofalova N. E., Ilichkina N. P., Dubinina O. F., Kameneva A. S. Adaptive potential of the new winter durum wheat varieties and lines in the conditions of the Rostov region // Grain Economy of Russia. 2021. No. 3 (75). P. 27–33. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-27-33

24. Filippov E. G., Dontsova A. A., Dontsov D. P., Zasypkina I. M. Estimation of ecological adaptability and stability of promising winter barley varieties and lines in the competitive variety testing // Grain Economy of Russia. 2021. No. 4 (76). P. 8–14. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-8-14.

25. Khangildin V. V. Parameters of assessing the homeostaticity of varieties and breeding lines in tests of cereal crops // Nauchno-tekhnicheskii byulleten Vsesoyuznogo Selektsionno-Geneticheskogo Instituta. 1986. No. 2 (60). P. 36–41.

26. Tulyakova M. V., Batalova G. A., Loskutov I. G., Permyakova S. V., Krotova N. V. Assessment of adaptability parameters in hulled oat germplasm accessions in terms of their yield in the environments of Kirov Province // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2021. Vol. 182 (1). P. 72–79. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-1-72-79.

27. Nikolaev P. N., Aniskov N. I., Yusova O. A. Plasticity, stability and adaptability of grain quality of spring barley varieties in the conditions of Omsk region // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2018. No. 1 (41). P. 43–48. DOI: 10.18286/1816-4501-2018-1-43-48.

28. Polonskiy V. I., Surin N. A., Gerasimov S. A., Lipshin A. G., Sumina A. V., S. Zute. The study of oat varieties (*Avena sativa* L.) of various geographical origin for grain quality and productivity // Vavilov Journal of Genetics and Breeding 2019. No. 23 (6). P. 683– 690. DOI: 10.18699/VJ19.541.

29. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekutaeva L. I. Methods for evaluation of potential productivity and adaptivity in varieties and breeding forms of winter wheat on trait “productivity” // Selektsiya i semenovodstvo. 1994. No. 2. P. 3–6.

UDC 633.13:631. 52 (212.3:571.1)

Tulyakova M. V., Batalova G. A., Permyakova S. V.

ADAPTIVE POTENTIAL OF FILMY *AVENA SATIVA* L. SAMPLES UNDER CONDITIONS OF THE KIROV REGION

Summary. *To create new varieties of filmy oats, the source material resistant to the regional abiotic stressors of northern agriculture is required. The purpose of the research was to identify high-yielding collection samples that will later be used as starting material for breeding new highly adaptive varieties resistant to soil acidity. The studies were carried out in 2018–2020 on a natural provocative background in terms of aluminum acidity (pH – 3.7–3.9 units; Al3+ – 26.5–28.4 mg/100 g of soil). Trial plots were located on the experimental fields of Falenskaya Breeding Station – branch of the N. V. Rudnitsky Federal Agrarian Scientific Center of the North-East. Fourteen collection samples of oats and standard variety ‘Krechet’ were the object of this research. The calculation of adaptive potential was carried out according to the indicator “yield g/m^2”. During the years of research, index of environmental conditions (Ij) varied from –67 to +60. We identified sources with high genetic flexibility: k-3880, k-15353, k-15348 ((Y1–Y2)/2 = from152 to 147 g/m^2); high resistance to stress: k-3722, k-3739, k-3732 (Y2-Y1 = from –39 to –106 g/m^2). Intensive samples k-3880, (regressive linear coefficient (bi) = 1.52; intensity indicator (I) =124.8); k-3716 (bi = 1.29; I =110.9); k-3866 (bi = 1.13; I =109.1) with increased yield (250; 215 and 195 g/m^2) stood out under improved growing conditions in 2018. In 2020, under unfavorable weather conditions, their yield was 54; 52 and 51 g/m^2, respectively. Samples k-3880, k-3739, k-3756 had high stability (Si_2 = from 5.36 to 21.31). Samples k-3732, k-3756 showed low variability and high homeostaticity (CV = 31.1 and 36.9 %; Hom = 4.50 and 3.93), high stability index (IS = 3.23 u 2.71), equalization coefficient (B = 68.9 and 63.1 %) and adaptability coefficient (KA = 109 and 108.4). Samples k-3732 and k-3756 are of interest to breeders. They have high adaptive potential and are able to form high yields (140 and 145 g/m^2) in changing weather conditions.*

Keywords: *oats (Avena sativa L.), variety sample, yield, index of environmental conditions, adaptability, stability, plasticity.*

Тулякова Марина Валентиновна, старший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства овса, Фалёнская селекционная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»; 612500, Россия, Кировская область, п. Фалёнки, ул. Тимирязева 3; e-mail: tulyakova1966@bk.ru.

Баталова Галина Аркадьевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, заведующая отделом селекции и семеноводства овса, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»; г. Киров, ул. Ленина 166 А; e-mail: g.batalova@mail.ru.

Пермякова Светлана Владимировна младший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства овса, Фалёнская селекционная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»; 612500, Россия, Кировская область, п. Фалёнки, ул. Тимирязева 3; e-mail: fss.nauka@mail.ru.

Tulyakova Marina Valentinovna, senior researcher at the Laboratory of breeding and primary seed production of oats, Falenskaya Breeding Station – Branch of FSBSI “Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky”; 3, Timiryazeva str., Falenki village, Kirov Region, 612500, Russia; e-mail: tulyakova1966@bk.ru.

Batalova Galina Arkadyevna, Dr. Sc. (Agr.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, head of the Department of breeding and seed production of oats, FSBSI “Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky”; 166 A, Lenin str, Kirov, 610007, Russia; e-mail: g.batalova@mail.ru.

Permyakova Svetlana Vladimirovna, junior researcher, Falenskaya Breeding Station – Branch of FSBSI “Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky”; 3, Timiryazeva str., Falenki village, Kirov Region, 612500, Russia; e-mail: fss.nauka@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 21.02.2022.
Дата принятия к печати – 20.03.2022.

УДК 579.64
EDN AJPFYR

Хакимова Л. Р.[1,2], Чубукова О. В.[1,2], Мурясова А. Р.[2], Симороз Е. В.[2], Чумакова А. К.[2], Вершинина З. Р. [1,2]

ВЛИЯНИЕ *PSEUDOMONAS SPP.* НА РАСТЕНИЯ ЛЮЦЕРНЫ *MEDICAGO SATIVA* L. ПРИ ИНГИБИРУЮЩЕМ ДЕЙСТВИИ СОЛЕЙ КАДМИЯ

ФГБУН УФИЦ «Институт биохимии и генетики Российской академии наук»;
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Реферат. *Ризобактерии, способствующие росту растений (PGPR), обладают значительным потенциалом улучшения развития растений, а также способствуют их устойчивости к экологическим стрессам. Целью данной работы было определение концентрации кадмия, при котором происходит ингибирование прорастания семян и роста люцерны посевной (Medicago sativa L.), а также анализ влияния Pseudomonas spp. на растения при разных концентрациях кадмия. Исследования проводили в 2021–2022 гг. Выявлено, что при $CdCl_2$ 100, 200, 300 и 400 мкМ происходит разная степень угнетения проростков люцерны, а на 500 мкМ идет явное ингибирование развития растений, где длина проростков уменьшилась в 4,7 (на 78,8 %) раз по сравнению с контрольными, проросшими в стерильной воде. Изначально были рассмотрены четыре штамма, относящиеся к роду Pseudomonas – OBA 2.4.1, OBA 2.9, GOR 4.17 и STA 3, выделенные из ризосферы растений остролодочника башкирского (Oxytropis baschkirensis), козлятника восточного (Galega orientalis), стальника колючего (Ononis spinosa). Последовательности ДНК данных бактерий были депонированы под номерами OK039351, OK040062, OM835809, OM846603 соответственно. Но для дальнейшего анализа влияния Pseudomonas spp. на семена при разных концентрациях кадмия был выбран наиболее эффективный штамм Pseudomonas sp. OBA 2.4.1, который повысил прорастание семян на 15 %, остальные штаммы – на 3–9 %. В результате обработка Pseudomonas sp. OBA 2.4.1. показала положительное влияние на проростки люцерны на разных концентрациях солей кадмия. Так, выращивание при $CdCl_2$ 100 мкМ длина проростков увеличилась на 38,6 %, при 200 мкМ – на 23,9 %, при 300 мкМ – на 21,5 %, при 400 мкМ – на 21,6 %, при 500 мкМ – на 64,6 % относительно контроля. Данное исследование подтверждает потенциал использования ризосферных штаммов Pseudomonas sp. для применения в сельском хозяйстве и биоремедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами.*

Ключевые слова: *Pseudomonas spp., Medicago sativa L., PGPR бактерии, тяжелые металлы, кадмий.*

Для цитирования: *Хакимова Л. Р., Чубукова О. В., Мурясова А. Р., Симороз Е. В., Чумакова А. К., Вершинина З. Р. Влияние Pseudomonas spp. на растения люцерны Medicago sativa L. при ингибирующем действии солей кадмия // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 2(30). С. 155–163. EDN: AJPFYR.*

For citation: *Khakimova L. R., Chubukova O. V., Muryasova A. R., Simoroz E. V., Chumakova A. K., Vershinina Z. R. Impact of Pseudomonas spp. on Medicago sativa L. plants under the inhibitory effect of cadmium salts // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 2(30). P. 155–163. EDN: AJPFYR.*

Введение

В современном мире интенсивная урбанизация привела к развитию промышленности, и следствием этого стало загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ), что представляет собой угрозу экосистемам, сельскому хозяйству и здоровью человека [1]. Сельское хозяйство испытывает проблемы в связи с накоплением ТМ в

почвах, что вызывает ингибирование роста растений и снижает их урожайность. Больше всего распространены такие ТМ как свинец (Pb), кадмий (Cd), хром (Cr), ртуть (Hg), мышьяк (As) и т.д. [2, 3]. Загрязненную почву можно восстановить с помощью фитоэкстракции, используя способность растений поглощать и накапливать металлы из почвы [3]. Этот способ считается недорогой альтернативой в сочетании с доступными традиционными методами восстановления почв [4]. В таких процессах важную роль играют PGPR бактерии (ризобактерии, способствующие росту растений), которые могут существенно влиять на эффективность фитоэкстракции. К таким бактериям относятся ризосферные штаммы *Pseudomonas putida, P. aeruginosa, Azospirillum brasilense, Serratia liquefaciens, Enterobacter cloacae* и другие [5]. Микроорганизмы обладают несколькими механизмами, с помощью которых они снижают токсичность ТМ, например, превращение ионов металлов в менее токсичные формы, а также осаждение, адсорбция или биометилирование [6]. Кроме того, обработка полезными ризосферными микроорганизмами оказывает и другие положительные эффекты на растения: уменьшение стресса и увеличение производства биомассы [7].

Люцерна посевная (*Medicago sativa* L.) – травянистое растение из семейства Бобовые (Fabaceae), являющееся не только высокобелковым кормом и восстановителем плодородия почв, но и растением-исключателем, у которого ТМ накапливаются преимущественно в корневой системе [8, 9]. Люцерна считается отличным кормом с высокой продуктивностью биомассы и низкой восприимчивостью к экологическим стрессам, таким как засоленность, понижение температуры, засуха [10, 11] и при этом участвует в восстановлении загрязненных почв [12, 13]. Кроме того, люцерну широко используют для фиторемедиации нефтезагрязненных территорий. Она имеет развитую корневую систему, также в ее ризосфере обитает множество микроорганизмов, в том числе PGPR бактерии и микроорганизмы-деструкторы нефти и нефтепродуктов. При выращивании люцерны посевной почва обогащается азотом, что является важным условием для ее восстановления [14]. Кроме того, *Medicago sativa* L. входит в Атлас растений фиторемедиантов (2015), где описывается как хорошее кормовое растение, имеющее свойства медоноса, улучшающее плодородие и структуру почвы, устойчивое ко многим ТМ, в том числе и к кадмию [15].

Таким образом, использование люцерны посевной в агротехнологиях ведет к достижению двух целей: использование в качестве корма для животных и уменьшение нагрузки почвы ТМ.

Известно, что кадмий вреден для здоровья человека. В основном он попадает в организм путем потребления сельскохозяйственной продукции. Следовательно, повышение концентрации кадмия в сельскохозяйственных почвах значительно увеличивает риск его накопления в организме человека [16]. Исследования показывают, что уровень кадмия в некоторых пищевых продуктах, выращенных на почвах с загрязнением, превышают нормативные пределы для здоровья [17]. Эта серьезная экологическая проблема подчеркивает необходимость развития способов по очистке почв, загрязненных кадмием.

Цель исследований – определение ингибирующей концентрации кадмия на рост растений люцерны посевной (*Medicago sativa* L.) и анализ влияния *Pseudomonas spp.* на растения при различных концентрациях кадмия.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2021–2022 гг. Объектом исследования были люцерна посевная (*Medicago sativa* L.) и четыре штамма *Pseudomonas sp.*: OBA 2.4.1, OBA 2.9, GOR 4.17, STA 3.

Для поиска новых штаммов почвенных бактерий, относящихся к роду *Pseudomonas sp.,* проведен скрининг 20 штаммов бактерий, выделенных из клубеньков бобовых растений Южного Урала. Для идентификации изолированных штаммов был секвенирован ген 16S рРНК данных бактерий. По результатам исследования были отобраны четыре штамма, относящиеся к роду *Pseudomonas*: OBA 2.4.1, OBA 2.9, GOR 4.17, STA 3, выделенные из ризосферы растений остролодочника башкирского (*Oxytropis baschkirensis*), козлятника восточного (*Galega orientalis*), стальника колючего (*Ononis spinosa*). Последовательности ДНК данных бактерий были депонированы в базе данных GenBank под номерами OK039351, OK040062, OM835809, OM846603 соответственно.

Семена растений люцерны стерилизовали в течение 1 мин в 70 % спирте, а после – 20 мин в 10 % растворе гипохлорита натрия [18]. Далее семена обработали штаммами *Pseudomonas spp.* и проращивали на фильтровальной бумаге в стерильной воде (контроль) и в различных концентрациях солей кадмия ($CdCl_2$): 10, 20, 40, 100, 200, 300, 400, 500 мкМ. Бактерии предварительно выращивали в жидкой среде LB (бактотриптон 1 %, дрожжевой экстракт 0,5 %, NaCl 0,5 %) при 28 °С. Для инокуляции суспензию бактерий разбавляли до 10^5 КОЕ/мл стерильной жидкой средой LB. Все морфометрические измерения проводили через три дня культивирования семян растений с *Pseudomonas spp*., энергию прорастания смотрели также через три дня. Для определения ростостимулирующего эффекта штаммов *Pseudomonas spp.* у опытных растений, инокулированных псевдомонадами, и у контрольных необработанных семян измеряли длину побега. Для анализа использовали по 50 растений в каждом варианте опыта при трехкратной повторности.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью Microsoft Office Excel 2010. Доверительные интервалы определяли для 95 % уровня значимости.

Результаты и их обсуждение

Семена люцерны, выращенные при концентрациях 10, 20 и 40 мкМ не показали статистически значимых различий в экспериментах на энергию прорастания и длину проростков в сравнении с контрольными, которые проращивались в стерильной воде. Начиная с концентрации $CdCl_2$ 100 мкМ, были выявлены различия в значениях длин проростков, которые уменьшились на 40,9 %, при 200 мкМ – на 52,3 %, при 300 мкМ – на 60,5 %, при 400 мкМ – на 68,4 %, при 500 мкМ – на 84,7 % относительно контроля (данные показаны на графике). Также при 500 мкМ $CdCl_2$ было визуально отчетливо заметно угнетение роста растений люцерны (рисунок 1).

При кадмиевом стрессе длина проростков уменьшалась с повышением концентрации $CdCl_2$. В результате при 500 мкМ $CdCl_2$ длина уменьшилась в 4,7 раз (на 78,8 %) по сравнению с контрольными семенами, проросшими в стерильной воде. Данный факт показывает негативное влияние ТМ на рост и развитие растений.

Для преодоления и уменьшения кадмиевого стресса активно применяют PGPR бактерии. В нашем исследовании рассматривали ростостимулирующие штаммы *Pseudomonas spp.* Проверено влияние всех четырех штаммов *Pseudomonas sp*. OBA 2.4.1, OBA 2.9, GOR 4.17 и STA 3 на энергию прорастания и стимуляцию роста растений люцерны. Так, контрольные растения имели длину проростков 30,6 мм, обработанные *Pseudomonas sp.* OBA 2.9 – 32,6 мм, *Pseudomonas sp.* GOR 4.17 – 32,1 мм, *Pseudomonas sp.* STA 3 – 31,9 мм, *Pseudomonas sp.* OBA 2.4.1 – 36,5 мм. Соответственно обработка штаммом *Pseudomonas sp.* OBA 2.4.1 увеличила длину проростков на 19,3 % относительно контрольных необработанных растений.

Для дальнейших исследований был выбран наиболее эффективный штамм *Pseudomonas sp.* OBA 2.4.1, который повысил энергию прорастания на 15 % в сравнении с необработанным контролем (рисунок 2). Кроме того, среди исследуемых штаммов *Pseudomonas sp.* OBA 2.4.1 проявил наибольшую устойчивость к росту на

средах с $CdCl_2$. Рост данного штамма ингибировался в присутствии 1,5 мМ $CdCl_2$ в среде, тогда как рост остальных штаммов заметно угнетался, начиная с 1 мМ $CdCl_2$ (рисунок 3).

Далее семена люцерны проращивали на различных концентрациях $CdCl_2$ с предварительной обработкой штаммом *Pseudomonas sp.* OBA 2.4.1.

Влияние *Pseudomonas sp.* OBA 2.4.1 на прорастание семян и рост люцерны посевной изучали при добавлении концентраций $CdCl_2$: 100, 200, 300, 400 и 500 мкМ. В результате обработка псевдомонадами привела к увеличению длины проростков как при кадмиевом стрессе, так и без него. Так, при прорастании на стерильной воде обработка бактериями привела к увеличению длины проростков люцерны в среднем на 19,3 % по сравнению с необработанными семенами. При выращивании на концентрации $CdCl_2$ 100 мкМ после обработки псевдомонадами длина проростков увеличилась на 38,6 %, при 200 мкМ – на 23,9 %, при 300 мкМ – на 21,5 %, при 400 мкМ – на 21,6 %, при 500 мкМ – на 64,6 % относительно контроля.

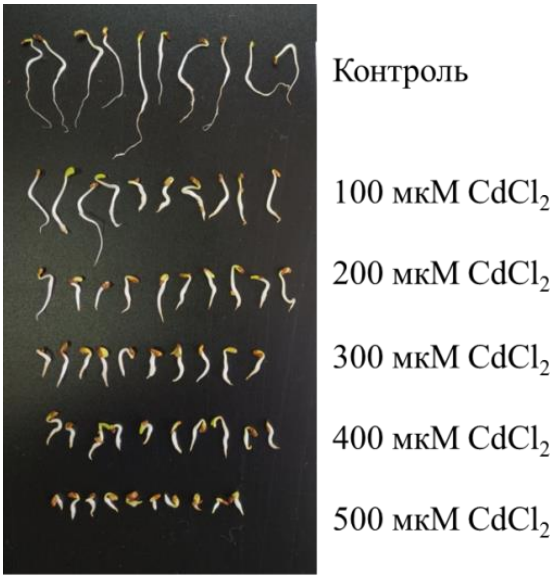


Рисунок 1 – Энергия прорастания семян люцерны на различных концентрациях кадмия

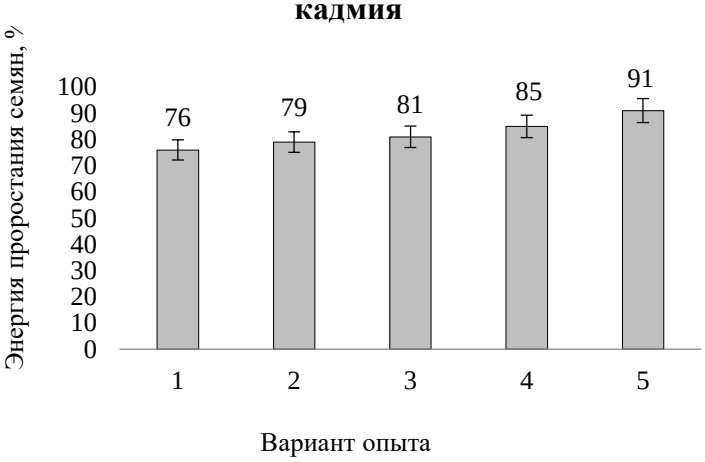


Рисунок 2 – Энергия прорастания семян люцерны при обработке разными штаммами *Pseudomonas spp.*

Примечание. *1 – контроль, 2 – Pseudomonas sp. OBA 2.9, 3 – Pseudomonas sp. GOR 4.17, 4 – Pseudomonas sp. STA 3, 5 – Pseudomonas sp. OBA 2.4.1.*

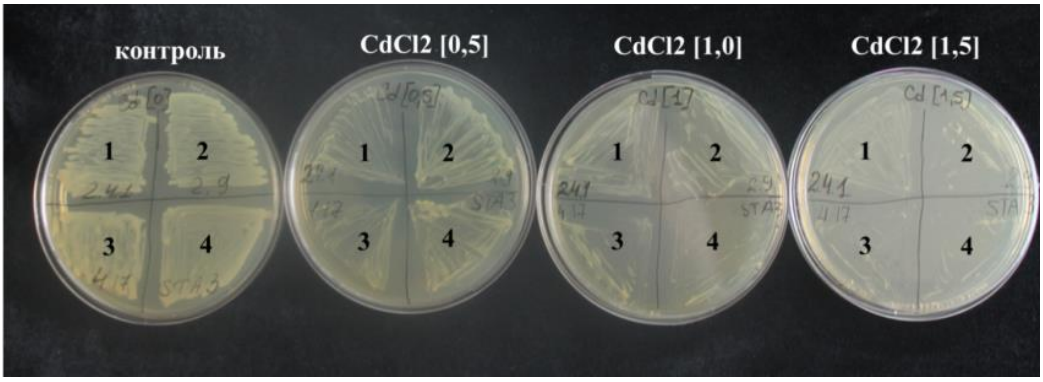
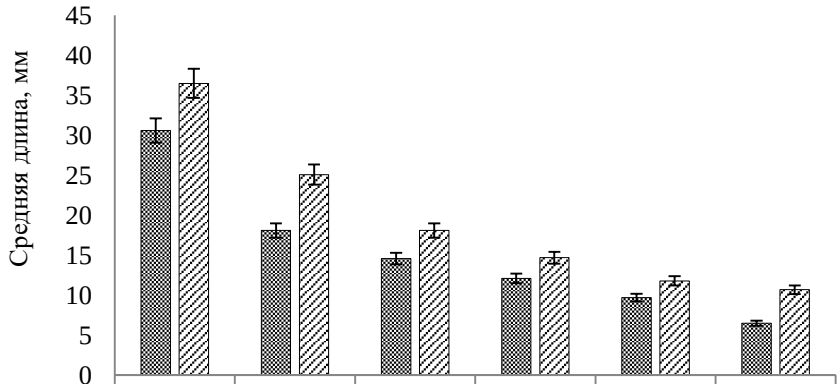


Рисунок 3 – Рост *Pseudomonas spp.* на средах с разной концентрацией $CdCl_2$

Примечание. *1 – Pseudomonas sp. OBA 2.4.1; 2 – Pseudomonas sp. OBA 2.9; 3 – Pseudomonas sp. GOR 4.17; 4 – Pseudomonas sp. STA 3.*

Полученные данные показали, что инокуляция бактериями семян люцерны оказывала положительное влияние не только на процент прорастания семян, но и на длину проростков, что может свидетельствовать о повышении устойчивости растения к кадмиевому стрессу на начальном этапе роста (рисунок 4).



	Контроль	[100] Cd	[200] Cd	[300] Cd	[400] Cd	[500] Cd
Без обработки	30,6	18,1	14,6	12,1	9,7	6,5
Обработка Ps. OBA 2.4.1	36,5	25,1	18,1	14,7	11,8	10,7

Рисунок 4 – Средняя длина проростков люцерны на разных концентрациях солей кадмия с обработкой *Pseudomonas sp.* OBA 2.4.1 и без обработки

Существуют исследования, показывающие положительное влияние обработки PGPR бактериями на рост растений на среде с ТМ. Так, у растений люцерны посевной, обработанных *Proteus sp.* DSP1, *Pseudomonas sp.* DSP17, *Ensifer meliloti* RhOL6 и RhOL8 и выращенных при добавлении смеси ТМ (Cu, Pb, Zn), длина побегов увеличилась с 22 % до 77 %, тогда как биомасса побегов увеличилась до 220 % по сравнению с неинокулированными растениями [19]. Более того, растения легче переносили стресс ТМ, и у них отсутствовали внешние признаки угнетения роста. Эти результаты доказывают, что обработка растений суспензиями ризобактерий ослабляла стресс, вызванный ТМ, улучшая все параметры роста, но урожайность инокулированных растений, выращенных в присутствии ТМ, практически не имела существенных различий по сравнению с необработанными контролями [20]. Также существуют другие исследования о положительном влиянии инокуляции металлорезистентными бактериями на растения, культивируемые при присутствии ТМ

в среде. Например, культивирование *Atriplex halimus* и *Arthrocnemum macrostachyum* в отложениях, загрязненных ТМ, показало снижение содержания хлорофилла и газообмена в растениях, в то время как инокуляция бактериями улучшала данные показатели [21–23]. Этот эффект можно объяснить несколькими механизмами: бактерии могут улучшать питание растений за счет растворения фосфатов, железа, фиксации азота и т. д., и, кроме того, они могут стимулировать рост растений за счет секреции ауксинов или уменьшать стресс растений благодаря активности АСК-дезаминазы [24–26].

Выводы

В данном исследовании рассмотрено влияние *Pseudomonas spp.* на энергию прорастания и рост люцерны при различных концентрациях $CdCl_2$. Показано, что предпосевная обработка семян люцерны PGPR бактериями *Pseudomonas sp.* OBA 2.4.1 повышает энергию прорастания на 15 % в сравнении с необработанным контролем, увеличивает длину проростков на 38,6 % в присутствии 100 мкМ $CdCl_2$, при 200 мкМ – на 23,9 %, при 300 мкМ – на 21,5 %, при 400 мкМ – на 21,6 %, при 500 мкМ – на 64,6 % относительно контроля. Таким образом, по результатам исследования можно сделать вывод, что обработка устойчивыми к ТМ бактериями может увеличить стрессоустойчивость растений при его росте в присутствии ТМ. Данное исследование подтверждает потенциал использования ризосферных штаммов *Pseudomonas sp.* для применения в сельском хозяйстве и биоремедиации почв, загрязненных ТМ.

Работа была выполнена в рамках госзадания (тема № АААА-А21-121011990120-7) с привлечением приборного парка ЦКП «Биомика» (Отделение биохимических методов исследований и нанобиотехнологии РЦКП «Агидель») и Программы создания и функционирования карбонового полигона на территории Республики Башкортостан «Евразийский карбоновый полигон» на 2022-2023 гг.

Литература/References

1. Shah V., Daverey A. Phytoremediation: a multidisciplinary approach to clean up heavy metal contaminated soil // Environmental Technology & Innovation. 2020. Vol. 218. Art. No. 100774. DOI: 10.1016/j.eti.2020.100774.
2. Jadia C. D., Fulekar M. H. Phytoremediation of heavy metals: recent techniques // African Journal of Biotechnology. 2009. Vol. 8(6). P. 921–928.
3. Tirry N., Kouchou A., El Omari B., Ferioun M., El Ghachtouli N. Improved chromium tolerance of *Medicago sativa* by plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) // Journal of Genetic Engineering and Biotechnology. 2021. Vol. 19(1). P. 149. DOI: 10.1186/s43141-021-00254-8.
4. Sarma H. Metal hyperaccumulation in plants: a review focusing on phytoremediation technology // J. Environ. Sci. Technol. 2011. Vol. 4(2). P. 118–138. DOI: 10.3923/jest.2011.118.138.
5. Bhattacharyya P. N., Jha D. K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture // World J. Microbiol. Biotech. 2012. Vol. 28(4). P. 1327–1350. DOI: 10.1007/s11274-011-0979-9.
6. Rajkumar M., Prasad M. N. V., Sandhya S., Freitas H. Climate change driven plant-metal-microbe interactions // Environ. Int. 2013. Vol. 53. P. 74-86. DOI:10.1016/j.envint.2012.12.009.
7. Etesami H. Bacterial mediated alleviation of heavy metal stress and decreased accumulation of metals in plant tissues: mechanisms and future prospects // Ecotoxicol. Environ. Saf. 2018. Vol. 147. P. 175–191. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2017.08.032.
8. Pajuelo E., Carrasco J.A., Romero L. C., Chamber M.A., Gotor C. Evaluation of the metal phytoextraction potential of crop legumes. Regulation of the expression of O-acetylserine (thiol)lyase under metal stress // Plant Biol. 2007. Vol. 9. P. 672–681. DOI: 10.1055/s-2007-965439.
9. Peralta J. R., Gardea-Torresdey J. L., Tiemann K. J., Gomez E., Arteaga S., Rascon E., Parsons J.G. Uptake and effects of five heavy metals on seed germination and plant growth in alfalfa (*Medicago sativa* L.) // Bull. Environ. Contam. Toxicol. 2001. Vol. 66. P.727–734. DOI: 10.1007/s001280069.
10. Bertrand A., Dhont C., Bipfubusa M., Chalifour F-P., Drouin P., Beauchamp C. J. Improving salt stress responses of the symbiosis in alfalfa using salt-tolerant cultivar and rhizobial strain // Appl. Soil Ecol. 2015. Vol. 87. P. 108–117. DOI: 10.1016/j.apsoil.2014.11.008.
11. Wang X., Geng S., Ri Y-J., Cao D., Liu J., Shi D., Yang C. Physiological responses and adaptive strategies of tomato plants to salt and alkali stresses // Sci. Hortic. 2011. Vol. 130(1). P. 248–255. DOI: 10.1016/j.scienta.2011.07.006.

12. Wang X., Song Y., Ma Y., Zhuo R., Jin L. Screening of Cd tolerant genotypes and isolation of metallothionein genes in alfalfa (*Medicago sativa* L.) // Environ. Pollut. 2011. Vol. 159(12). P.3627–3633. DOI: 10.1016/j.envpol.2011.08.001.

13. Zribi K., Djébali N., Mrabet M., Khayat N., Smaoui A., Mlayah A., Aouani M. E. Physiological responses to cadmium, copper, lead, and zinc of *Sinorhizobium* sp. strains nodulating *Medicago sativa* grown in Tunisian mining soils // Ann. Microbiol. 2012. Vol. 62(3). P. 1181–1188. DOI: 10.1007/s13213-011-0358-7.

14. Muratova A. Yu., Turkovskaya O. V., Hübner T., Kuschk P. Studies of the efficacy of alfalfa and reed in the phytoremediation of hydrocarbon-polluted soil // Applied Biochemistry and Microbiology. 2003. Vol. 39 (6). P. 599–605. DOI: 10.1023/A:1026238720268.

15. Panchenko L. V., Muratova A. Yu., Dubrovskaya E. V., Golubev S. N., Berezutsky M. A., Turkovskaya O. V. Atlas of phytoremediant plants // Executive editor Panchenko L.V. Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, RAS. Saratov: Nauchnaya kniga, 2015. P. 239.

16. McLaughlin M.J., Parker D.R., Clarke J.M. Metal and micronutrients – food safety issues // Field Crop. Res. 1999. Vol. 60. P. 143–163. DOI: 10.1016/S0378-4290(98)00137-3.

17. Demirezen D., Aksoy A. Heavy metal levels in vegetables in Turkey are within safe limits for Cu, Zn, Ni and exceeded for Cd and Pb // J. Food Qual. 2006. Vol. 29. P. 252–265. DOI: 10.1111/j.1745-4557.2006.00072.x.

18. Vershinina Z. R., Chubukova O. V., Nikonorov Y. M., Khakimova L. R., Lavina A. M., Karimova L. R., Baymiev A. K. Effect of *rosR* gene overexpression on biofilm formation by *Rhizobium leguminosarum* // Microbiology (Mikrobiologiya). 2021. Vol. 90 (2). P. 198–209. DOI: 10.1134/S0026261721020144.

19. Konkolewska A., Piechalak A., Ciszewska L. [et al.]. Combined use of companion planting and PGPR for the assisted phytoextraction of trace metals (Zn, Pb, Cd) // Environ Sci. Pollut. Res. 2020. Vol. 27(12). P. 13809–13825. DOI: 10.1007/s11356-020-07885-3.

20. Raklami A., Oufdou K., Tahiri A. I., Mateos-Naranjo E., Navarro-Torre S., Rodríguez-Llorente I. D., Meddich A., Redondo-Gómez S., Pajuelo E. Safe cultivation of *Medicago sativa* in metal-polluted soils from semi-arid regions assisted by heat- and metallo-resistant PGPR // Microorganisms. 2019. Vol. 7(7). P. 212. DOI: 10.3390/microorganisms7070212.

21. Navarro-Torre S., Barcia-Piedras J. M., Caviedes M. A., Pajuelo E., Redondo-Gómez S., Rodríguez-Llorente I. D., Mateos-Naranjo E. Bioaugmentation with bacteria selected from the microbiome enhances *Arthrocnemum macrostachyum* metal accumulation and tolerance // Mar. Pollut. Bull. 2017. Vol. 117. P. 340–347. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2017.02.008.

22. Paredes-Páliz K., Rodríguez-Vázquez R., Duarte B., Caviedes M. A., Mateos-Naranjo E., Redondo-Gómez S., Caçador M. I., Rodríguez-Llorente I. D., Pajuelo E. Investigating the mechanisms underlying phytoprotection by plant growth-promoting rhizobacteria in *Spartinadensi floraunder* metal stress // Plant Biol. 2018. Vol. 20. P. 497–506. DOI: 10.1111/plb.12693.

23. Mesnoua M., Mateos-Naranjo E., Pérez-Romero J. A., Barcia-Piedras J. M., Lotmani B., Redondo-Gómez S. Combined effect of Cr-toxicity and temperature rise on physiological and biochemical responses of *Atriplex halimus* L. // Plant Physiol. Biochem. 2018. Vol. 132. P. 675–682. DOI: 10.1016/j.plaphy.2018.08.025.

24. Odoh C. K., Eze C.N., Apki U.K., Unah V.U. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): a novel agent for sustainable food production // Am. J. Agric. Biol. Sci. 2019. Vol. 14. P. 35–54. DOI: 10.3844/ajabssp.2019.35.54.

25. Glick B. R. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world // Microbiol. Res. 2014. Vol. 169. P. 30–39. DOI: 10.1016/j.micres.2013.09.009.

26. Goswami D., Thakker J.N., Dhandhukia P.C. Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): a review // Cogent Food Agric. 2016. Vol. 2. Art. No. 1127500. DOI: 10.1080/23311932.2015.1127500.

UDC 579.64

Khakimova L. R., Chubukova O. V., Muryasova A. R., Simoroz E. V., Chumakova A. K., Vershinina Z. R.

IMPACT OF *PSEUDOMONAS SP.* ON *MEDICAGO SATIVA* L. PLANTS UNDER THE INHIBITORY EFFECT OF CADMIUM SALTS

Summary. *Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) have significant potential to improve plant development contributing to plant resistance to environmental stresses. The aim of this work was twofold: determine the concentration of cadmium at which inhibition of seed germination and growth of alfalfa (Medicago sativa L.) occurs; analyze the effect of Pseudomonas spp. on plants at different cadmium concentrations. The studies were carried out in 2021–2022. It was found that at* $CdCl_2$ *100, 200, 300 and 400 µM, different degrees of*

suppression of alfalfa seedlings occur. At 500 μM, there is a clear inhibition of plant development: the length of seedlings decreased by 4.7 times or 78.8 % compared to the control (seeds germinated in sterile water). Initially, four strains belonging to the genus Pseudomonas were considered: OBA 2.4.1, OBA 2.9, GOR 4.17, and STA 3. They were isolated from the Oxytropis baschkirensis, Galega orientalis, and Ononis spinosa rhizosphere. The DNA sequences of these bacteria were deposited under the numbers OK039351, OK040062, OM835809, OM846603, respectively. For further analysis of the impact of Pseudomonas spp. on seeds at different concentrations of cadmium, the most effective strain of Pseudomonas sp. – OBA 2.4.1 has been chosen. It increased seed germination by 15%, while other strains showed results at the level of 3–9%. As a result, the treatment with Pseudomonas sp. OBA 2.4.1 showed a positive effect on alfalfa seedlings at different concentrations of cadmium salts. Thus, in plants growing at 100 μM $CdCl_2$, the length of seedlings increased by 38.6 %, at 200 μM – by 23.9 %, at 300 μM – by 21.5 %, at 400 μM – by 21.6 %, at 500 μM – by 64.6 % compared to control. This study confirms the potential of using rhizospheric strains of Pseudomonas sp. in agriculture and bioremediation of soils contaminated with heavy metals.

Keywords: *Pseudomonas spp., Medicago sativa L., PGPR bacteria, heavy metals, cadmium.*

Хакимова Лилия Ралисовна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биоинженерии растений и микроорганизмов, Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук»;450054, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, пр. Октября, 71, лит. 1Е; доцент кафедры «Школа молекулярных технологий», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»;450064, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1; e-mail: lili-nigmatullina@bk.ru.

Чубукова Ольга Вячеславовна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биоинженерии растений и микроорганизмов, Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук»; 450054, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, пр. Октября, 71, лит. 1Е; доцент кафедры «Школа молекулярных технологий», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; 450064, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1; e-mail: chubukova@bk.ru.

Мурясова Айгуль Рависовна, магистр, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; 450064, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1; e-mail: aigul.ravisovna@bk.ru.

Симороз Евгения Валерьевна, магистр, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; 450064, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1; e-mail:5a-shk17@mail.ru.

Чумакова Анна Константиновна, магистр, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; 450064, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1; e-mail: ankch1999@gmail.com.

Вершинина Зиля Рифовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биоинженерии растений и микроорганизмов, Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук»; 450054, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, пр. Октября, 71, лит. 1Е; доцент кафедры «Школа молекулярных технологий», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; 450064, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1; e-mail: zilyaver@mail.ru.

Khakimova Liliya Ralisovna, Cand. Sc. (Biol.), researcher of the Laboratory of bioengineering of plants and microorganisms, Institute of Biochemistry and Genetics – separate structural unit of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (UFRC RAS); 71 (letter “1E”), prospect Oktyabrya, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450054, Russia; Associate Professor of the Chair of “School of Molecular Technologies”, FSBEI HE “Ufa State Petroleum Technological University” (USPTU); 1, Kosmonavtov str., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450064, Russia; e-mail: lili-nigmatullina@bk.ru.

Chubukova Olga Vyacheslavovna, Cand. Sc. (Biol.), researcher of the Laboratory of bioengineering of plants and microorganisms, Institute of Biochemistry and Genetics – separate structural unit of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (UFRC RAS); 71 (letter "1E"), prospect Oktyabrya, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450054, Russia; Associate Professor of the Chair of "School of Molecular Technologies", FSBEI HE "Ufa State Petroleum Technological University" (USPTU); 1, Kosmonavtov str., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450064, Russia; e-mail: chubukova@bk.ru.

Muryasova Aigul Ravisovna, Master's Degree student, FSBEI HE "Ufa State Petroleum Technological University" (USPTU); 1, Kosmonavtov str., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450064, Russia; e-mail: aigul.ravisovna@bk.ru.

Simoroz Evgeniya Valeryevna, Master's Degree student, FSBEI HE "Ufa State Petroleum Technological University" (USPTU); 1, Kosmonavtov str., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450064, Russia; e-mail: 5a-shk17@mail.ru.

Chumakova Anna Konstantinovna, Master's Degree student, FSBEI HE "Ufa State Petroleum Technological University" (USPTU); 1, Kosmonavtov str., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450064, Russia; e-mail: ankch1999@gmail.com.

Vershinina Zilya Rifovna, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher of the Laboratory of bioengineering of plants and microorganisms, Institute of Biochemistry and Genetics – separate structural unit of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (UFRC RAS); 71 (letter "1E"), prospect Oktyabrya, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450054, Russia; Associate Professor of the Chair of "School of Molecular Technologies", FSBEI HE "Ufa State Petroleum Technological University" (USPTU); 1, Kosmonavtov str., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450064, Russia; zilyaver@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 04.04.2022.
Дата принятия к печати – 20.05.2022.

УДК 633.14:632.938.1
EDN ARVLXP

Щеклеина Л. М.

АДАПТИВНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ К ГРИБНЫМ БОЛЕЗНЯМ

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»

Реферат. *В России и мире актуальна проблема поиска сортов сельскохозяйственных растений, обладающих генетической устойчивостью к заболеваниям. Цель исследований – выявить новые генетические источники неспецифической устойчивости сортов озимой ржи к эпифитотийно-опасным болезням и провести их сравнительную оценку по пластичности и стабильности в условиях Кировской области. Исследования проводили в 2019–2021 гг. на фитопатологическом участке Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого. В условиях провокационно-инфекционных фонов снежной плесени, мучнистой росы, септориоза, бурой и стеблевой ржавчины, корневых гнилей и спорыньи изучено 20 перспективных сортов озимой ржи. При учёте болезней использовали общеизвестные методики. Агроклиматические условия в годы исследований были контрастными, что позволило провести исследования в полном объеме. Выделено семь относительно устойчивых к трём и более болезням сортов: Лика (снежная плесень, мучнистая роса, септориоз, бурая и стеблевая ржавчина, спорынья), Графит (снежная плесень, мучнистая роса, септориоз, стеблевая ржавчина, корневые гнили и спорынья), Кировская 89 (снежная плесень, мучнистая роса, септориоз, стеблевая ржавчина), Гармония (снежная плесень, септориоз, корневые гнили, стеблевая ржавчина), Вятка 2 (снежная плесень, септориоз, стеблевая ржавчина), Флора (снежная плесень, корневые гнили и спорынья) и Симфония (септориоз, стеблевая ржавчина и спорынья), которые могут быть использованы в качестве источников. При расчете статистических параметров пластичности (b_i) и стабильности (S_i^2) выявлено, что наиболее благоприятные погодные условия для развития бурой ржавчины сложились в 2019 г. (I_j = 24,04), для других болезней – в 2020 г. (I_j = 2,97–11,10). Установлено, что все источники неспецифической устойчивости, за исключением сортов Вятка 2 и Перепел, отличались стабильностью признака независимо от условий среды. Поэтому, при использовании источников в селекции на фитоиммунитет следует учитывать также и стабильность признака.*

Ключевые слова: *озимая рожь (Secale cereale L.), искусственные инфекционные фоны, источники устойчивости, селекция, пластичность, стабильность.*

Для цитирования: *Щеклеина Л. М. Адаптивность и устойчивость сортов озимой ржи к грибным болезням // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 2(30). С. 164–173. EDN: ARVLXP.*

For citation: *Shchekleina L. M. Adaptability and resistance of winter rye varieties to fungi diseases // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 2(30). P. 164–173. EDN: ARVLXP.*

Введение

Возможности современной селекции позволяют создавать более урожайные сорта сельскохозяйственных культур. Однако из-за воздействия разного рода биотических и абиотических факторов их высокий продукционный потенциал часто остаётся нереализованным [1]. Озимая рожь – важная зерновая культура в мировом

земледелии. Уникальность её заключается в высокой зимо- и морозостойкости, выносливости к выпреванию, почвенной засухе, алюмо- и кислотоустойчивости, способности произрастать на низкоплодородных почвах, сдерживать развитие сорных растений, защищать почву от эрозии, улучшать структуру почвы и созревать раньше других зерновых культур. Для Кировской области, занимающей четвёртую по величине посевную площадь озимой ржи в Российской Федерации [2], вопросы устойчивости к болезням являются первостепенными. Это связано с усиливающимися негативными факторами производства зерна: низкое естественное плодородие почвы, насыщение севооборотов зерновыми культурами, нарушение обработки почвы, рост количества «бросовых земель» и отсутствие фитосанитарного контроля за ними, засорённость территорий сорняками, недостаточное применение фунгицидов [3].

В Кировской области отмечено ежегодное проявление снежной плесени (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I. C. Hallett), корневых гнилей (*Fusarium* Link.) и спорыньи *(Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.). Далее идут: бурая ржавчина (*Puccinia recondita* Roberge ex Desm.) – 95 %, мучнистая роса (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *secalis* Marchal.) – 75 %, склеротиния и фузариоз колоса (*Fusarium* Link.) – 70 %, стеблевая ржавчина *(Puccinia graminis* Pers. f. sp. *secalis* Eriks. et.) – 50 %. Наиболее низкая частота проявления у септориоза (*Septoria secalis* Prill. et Dell.) и ринхоспориоза (*Rhynchosporium secalis* (Oudem) Davis.) – 35 % и 30 %. При этом развитие бурой ржавчины выше экономического порога вредоносности диагностировано 13 раз за 19 лет, мучнистой росы – шесть раз за 15 лет; септориоза – шесть раз за семь лет и стеблевой ржавчины – пять раз за 10 лет [4].

Прогресс в селекции может быть ускорен путём выявления новых и эффективных источников резистентности, исследованием генетических факторов, контролирующих устойчивость хозяина, а также путём улучшения и стандартизации методов скрининга [5]. Озимая рожь, благодаря генетическому разнообразию в качестве перекрестно опыляемых видов, высокой устойчивости к замерзанию и доступности новых, основанных на маркерах ресурсов, может сыграть ключевую роль в этом вопросе [6]. Оценка болезнеустойчивости и поиск генетических источников результативны лишь в условиях естественных и провокационно-инфекционных фонов. Моделирование фитопатологических сообществ в ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» проводят с дополнительным включением в патологический процесс природных популяций патогенов.

Главная задача селекционеров – создание высокоурожайных сортов, устойчивых к полеганию, патогенам и другим неблагоприятным факторам внешней среды, способных формировать зерно высокого класса качества [7–9]. Основным параметром успешного создания устойчивых к стрессовым факторам сортов является разнообразие исходного материала [10]. Особое внимание необходимо уделять оценке исходного материала по параметрам стабильности и адаптивности, что позволит выделить перспективные генотипы [11, 12].

Цель исследований – выявить новые генетические источники неспецифической устойчивости сортов озимой ржи к эпифитотийно-опасным болезням и провести их сравнительную оценку по пластичности и стабильности в условиях Кировской области.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2019–2021 гг. на фитопатологическом участке ФАНЦ Северо-Востока. Материал исследований – 20 перспективных сортов озимой ржи селекции института, находящихся на заключительном этапе селекционного изучения – в питомниках конкурсного испытания (Вятка 2, Кировская 89, Фалёнская 4, Снежана, Рушник, Фора, Графиня, Фалёнская универсальная, Триумф, Лика,

Гармония, Перепел, Симфония, Графит, Кипрез, Садко, Батист, Сармат, Ниоба и Роса). Искусственный инфекционный фон создавали по снежной плесени, корневым гнилям и спорынье. Виды ржавчин и мучнистую росу оценивали в провокационных условиях, созданных путём весеннего посева озимой ржи вокруг фитопатологического питомника. Схема закладки питомника следующая: стандарт (сорт Фалёнская 4, рекомендованный Госкомиссией по сортоиспытанию), индикатор (наиболее восприимчивый сорт) и опытные образцы. Сорт Фалёнская 4 является стандартом в Госсортоиспытании по Кировской области. Индикатором к снежной плесени, мучнистой росе, септориозу являлся сорт Фалёнская универсальная, к бурой и стеблевой ржавчине – Сармат, к корневым гнилям – Графиня, к спорынье – Ниоба. Повторность в опытах трехкратная, площадь делянок – 1 м^2, предшественник – чистый пар. Учёты развития болезней проводили однократно в период наибольшего их развития. К источникам устойчивости относили сорта, сохраняющие иммунитет или высокую устойчивость в течение двух и более лет изучения.

Характеристику по устойчивости к болезням осуществляли по шкалам: В. К. Неофитовой [13] – снежная плесень, В. Д. Кобылянского, Л. А. Королевой [14] – мучнистая роса, A. Takele et al. [15] – септориоз, R. F. Peterson [16] – бурая и стеблевая ржавчина, М. Ф. Григорьева [17] – корневые гнили, T. Miedaner et al. [18] – спорынья.

Иммунологическую ценность сортов по устойчивости и адаптивности определяли по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell [19] в изложении В. А. Зыкина [20]. Метод основан на расчёте линейной регрессии (b_i), характеризующей пластичность сорта, и среднего квадратичного отклонения от линий регрессии (S_i^2), определяющего стабильность сорта в условиях среды. Чем он выше, тем более существенна реакция генотипа на изменение условий среды. И, наоборот, чем меньше среднее квадратичное отклонение от линий регрессии (S_i^2), тем выше его стабильность. Сорта, у которых значение b_i значительно меньше 1 и даже имеет отрицательное значение, не отличаются высокой пластичностью и слабо реагируют на изменения среды [21].

Метеорологические условия в годы исследований характеризовались значительной нестабильностью, о чём косвенным образом свидетельствует величина гидротермического коэффициента (ГТК – 0,13–2,36) (таблица 1). В мае наблюдали засуху (2019 г.) и недостаточное увлажнение (2020 г.); в июне – недостаток осадков (2020 и 2021 гг.) и его избыток (2019 г.); в июле 2019 г. ощущался недостаток влаги, а в 2020 и 2021 гг. осадки были близки к норме. Эти условия в определенные фазы развития растений стимулировали ускоренное развитие патогенов и усиливали поражение болезнями.

Таблица 1 – Метеорологические условия в годы исследований

Месяц	Температура воздуха, °С			Сумма осадков, мм			ГТК		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г
Май	13,6	12,2	15,0	38	89	58	0,90	2,36	1,25
Июнь	15,8	15,3	19,9	94	41	63	1,98	0,89	1,06
Июль	16,1	20,5	19,2	57	100	92	1,14	1,57	1,55
Август	13,4	15,1	18,8	63	61	38	1,52	0,13	0,65

Достоверность результатов оценивали методом дисперсионного анализа с помощью пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS, версия 2.07 и пакета прикладных программ Microsoft Office Excel 2013.

Результаты и их обсуждение

Изучение сортов в условиях провокационно-инфекционных фонов выявило широкую дифференциацию генофонда по восприимчивости к основным болезням (таблица 2, рисунок). Большинство из них характеризовались высокой регенерационной способностью после поражения снежной плесенью, которая варьировала от 53,3 до 93,3 %. Наилучшее состояние признака (73,3–93,3 %) выявлено у 11 сортов: Вятка 2, Кировская 89, Рушник, Флора, Триумф, Лика, Гармония, Графит, Кипрез, Батист и Сармат. Следует отметить, что в условиях Кировской области основным фактором, лимитирующим урожайность и определяющим зимостойкость озимых зерновых культур, является поражение снежной плесенью, которое ежегодно составляет 80–100 % [22], так как региональные абиотические условия наиболее благоприятны для гриба *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels Hallete.

Наименьшая степень поражения мучнистой росой (16,2–18,8 %) выявлена у трёх сортов: Кировская 89, Лика и Графит. Умеренной устойчивостью (до 25,0 %) к септориозу характеризуются 10 сортов: Вятка 2, Снежана, Рушник, Флора, Графиня, Гармония, Перепел, Садко, Ниоба и Роса. Слабое развитие бурой ржавчины (24,1 %) выявлено только у одного сорта Лика, а стеблевой ржавчины (5,4–12,5 %) у восьми: Вятка 2, Кировская 89, Снежана, Лика, Гармония, Перепел, Симфония и Графит.

Таблица 2 – Параметры сортов-источников устойчивости к болезням озимой ржи селекции ФАНЦ Северо-Востока (среднее за 2019–2021 гг.)

Название болезни	Параметры	
	сорт–источник	индикаторный сорт
Снежная плесень	О–73,3–93,3	20,0
Мучнистая роса	СП–16,2–18,8	35,6
Септориоз	СП–9,3–14,9	23,3
Бурая ржавчина	СП–24,1	49,4
Стеблевая ржавчина	СП–5,4–15,8	27,2
Корневые гнили	СП–9,6–15,5	31,7
Спорынья	З–0,67–1,93	18,2

Примечание. *О – отрастание после поражения снежной плесенью; СП – степень поражения; З – засорённость зерновой массы склероциями.*

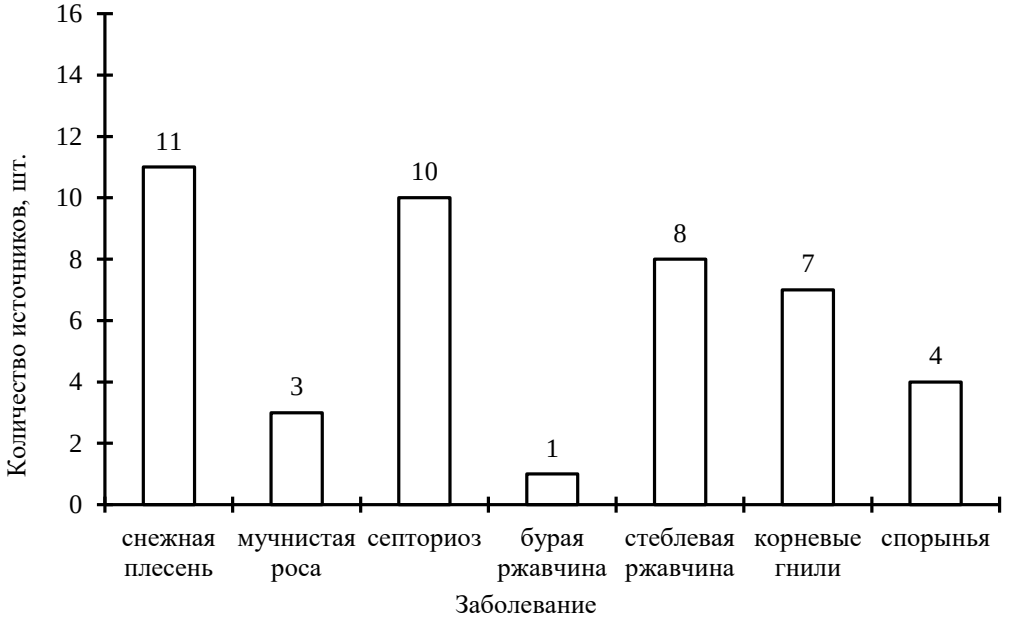


Рисунок – Генетические источники устойчивости к грибным болезням озимой ржи среди сортов селекции ФАНЦ Северо-Востока (среднее за 2019–2021 гг.)

По отношению к фузариозным корневым гнилям семь сортов в конце вегетации характеризовались преимущественно средней устойчивостью (16,0–25,3 %), за исключением сортов Фалёнская 4, Рушник, Флора, Триумф, Гармония, Перепел и Графит, с умеренным (9,6–14,7 %) проявлением признака.

Степень поражения спорыньей оценивали по засорённости зерновой массы склероциями, выраженное в процентах к массе зерна с делянки. Состояние признака варьировало от 0,67 % (Лика) до 18,23 % (Ниоба). Согласно шкале Т. Миданера [18], все сорта на этом фоне характеризовались как восприимчивые к спорынье. В меньшей степени поражалось лишь четыре: Лика (0,67 %), Симфония (1,47 %), Флора (1,53 %) и Графит (1,93 %). Они сохраняли признак в течение нескольких лет изучения, поэтому их можно использовать в качестве источников в селекции на повышение устойчивости к спорынье.

Таким образом, среди новых сортов озимой ржи выделены наименее поражаемые несколькими грибными болезнями. Среди них: Лика (снежная плесень, мучнистая роса, септориоз, бурая и стеблевая ржавчина, спорынья), Графит (снежная плесень, мучнистая роса, септориоз, стеблевая ржавчина, корневые гнили и спорынья), Кировская 89 (снежная плесень, мучнистая роса, септориоз, стеблевая ржавчина), Гармония (снежная плесень, септориоз, корневые гнили, стеблевая ржавчина), Вятка 2 (снежная плесень, септориоз, стеблевая ржавчина), Флора (снежная плесень, корневые гнили и спорынья) и Симфония (септориоз, стеблевая ржавчина и спорынья).

Однако среди них лишь небольшая часть сохраняет высокие урожайные свойства при повышенной инфекционной нагрузке патогенов. Для урожайных признаков и неспецифической устойчивости характерны достаточно сильные взаимодействия в системе «генотип–среда» [22]. Поэтому мы проанализировали адаптивность наших сортов по иммунологическим показателям с использованием коэффициентов bi и S_i^2.

Косвенным признаком влияния условий года на восприимчивость к болезням может быть индекс условий среды (I_j). Судя по I_j, наиболее благоприятные метеорологические условия для развития бурой ржавчины складывались в 2019 г. (I_j = 24,04), других болезней – в 2020 г. (I_j = 2,97–11,10).

Оценивая изучаемые сорта по статистическим характеристикам, к пластичным ($bi > 1$, $S_i^2 \approx 0$) по устойчивости к мучнистой росе можно отнести Кировская 89 (bi = 0,81; Si^2 = 0,26), Лика (bi = 1,06; Si^2 = 0,93), Графит (bi = 0,75; Si^2 = 0,23); к септориозу – Фалёнская универсальная (bi = 1,56; Si^2 = 0,05), Лика (bi = 1,87; Si^2 = 0,32), Флора (bi = 0,95; Si^2 = 0,00), Сармат (bi = 1,23; Si^2 = 0,29); к бурой ржавчине – Фалёнская универсальная (bi = 1,31; Si^2 = 0,04), Флора (bi = 0,70; Si^2 = 0,06); к стеблевой ржавчине – Рушник (bi = 1,06; Si^2 = 0,44), Графиня (bi = 2,11; Si^2 = 0,03), Фалёнская универсальная (bi = 0,97; Si^2 = 0,19), Сармат (bi = 1,74; Si^2 = 0,29); к корневым гнилям – Флора (bi = 0,52; Si^2 = 0,00), Ниоба (bi = 1,03; Si^2 = 0,42) (таблица 3).

Фенотипическое проявление устойчивости у данных генотипов сохраняется достаточно длительное время, независимо от меняющихся условий среды. И, наоборот, у сортов с высоким значением b_i доля средовых факторов в изменчивости устойчивости превалирует над генотипом. Такие сорта требуют постоянного фитосанитарного контроля и своевременных мероприятий по защите от развития мучнистой росы (Рушник, Графиня, Фалёнская универсальная. Триумф, Перепел и Кипрез), септориоза (Снежана, Рушник, Фалёнская универсальная и Графит), бурой ржавчины (Гармония, Симфония, Графит, Батист и Сармат), стеблевой ржавчины (Флора, Триумф, Кипрез и Сармат), корневых гнилей (Кировская 89, Снежана, Рушник, Графиня, Фалёнская универсальная, Триумф, Гармония, Симфония, Сармат, Батист и Роса) и спорыньи (Вятка 2, Кировская 89, Фалёнская 4, Снежана, Рушник,

Графиня, Кипрез, Ниоба и Роса).

По величине дисперсии отклонения от линии регрессии (Si^2) определяли стабильность сорта. Ценны генотипы с наименьшей дисперсией отклонения от линии регрессии, так как они стабильно устойчивы во времени и пространстве. Наибольшую стабильность по устойчивости к мучнистой росе проявили пять сортов: Кировская 89, Лика, Гармония, Графит и Кипрез (S_i^2 = 0,18–0,93), к септориозу 10 – Кировская 89, Фалёнская 4, Лика, Симфония, Садко, Сармат, Батист, Фалёнская универсальная, Триумф и Графит (S_i^2 = 0,03–0,90), к бурой ржавчине три – Флора, Фалёнская универсальная и Гармония (S_i^2 = 0,04–0,99), к стеблевой ржавчине семь – Вятка 2, Кировская 89, Рушник, Графиня, Фалёнская универсальная, Батист и Сармат (S_i^2 = 0,03–0,61), к корневым гнилям два – Флора, Ниоба (S_i^2 = 0,00–0,42), к спорынье три – Лика, Симфония, Сармат (S_i^2 = 0,10–0,41). К изучаемым болезням комплексной иммунологической стабильностью характеризовались восемь сортов: Лика, Графит, Гармония, Симфония, Батист, Кировская 89, Флора и Сармат.

Таблица 3 – Сорта озимой ржи с наилучшим сочетанием параметров экологической пластичности и стабильности по отношению к болезням

Сорт	Мучнистая роса		Септориоз		Бурая ржавчина		Стеблевая ржавчина		Корневые гнили		Спорынья	
	bi	Si^2	*bi*	Si^2	*bi*	Si^2	*bi*	Si^2	*bi*	Si^2	*bi*	Si^2
Вятка 2	1,22	18,40	0,09	10,61	0,31	15,78	0,15	0,61	0,52	10,29	4,36	46,62
Кировская 89	0,81	0,26	0,17	0,03	0,62	18,35	−0,02	0,22	1,34	9,91	5,64	81,67
Фалёнская 4 (St.)	−0,03	4,21	0,68	0,39	0,26	2,82	0,54	12,16	1,06	4,09	1,87	8,74
Снежана	1,03	3,97	1,56	15,90	0,75	12,30	0,61	13,58	1,22	44,49	2,68	35,22
Рушник	1,64	14,22	2,43	9,56	0,64	5,85	1,06	0,44	1,19	2,59	4,80	63,96
Флора	1,20	4,01	0,95	0,00	0,70	0,06	2,11	27,63	0,52	0,00	1,02	2,61
Графиня	1,56	13,19	1,25	4,04	0,87	4,69	2,11	0,03	1,52	97,05	9,01	219,45
Фалёнская универсальная	1,48	6,38	1,56	0,05	1,31	0,04	0,97	0,19	1,11	2,35	0,59	10,12
Триумф	1,75	117,29	1,00	0,57	0,49	2,66	0,96	82,09	1,11	4,36	0,65	4,78
Лика	1,06	0,93	1,87	0,32	0,80	19,04	1,32	1,71	0,20	51,39	−0,06	0,41
Гармония	1,23	0,40	1,12	3,40	1,42	0,99	1,20	6,91	1,53	1,42	−1,34	4,65
Перепел	1,75	1,92	1,25	1,69	1,13	19,96	1,02	3,23	0,74	50,21	-0,16	7,78
Симфония	1,03	95,43	0,06	0,82	1,58	17,47	0,53	17,22	1,28	16,37	−0,11	0,05
Графит	0,75	0,23	1,73	0,90	1,66	1,76	0,81	2,61	0,93	7,81	−0,38	4,25
Кипрез	1,55	0,18	0,36	1,81	0,97	19,77	1,83	32,00	0,48	9,93	4,16	60,85
Садко	−0,11	7,70	0,38	0,12	0,99	6,47	1,25	8,21	0,35	84,35	0,13	6,67
Батист	0,80	3,37	0,97	0,71	1,81	70,39	0,39	0,47	1,50	1,76	0,91	3,38
Сармат	0,43	1,95	1,23	0,29	1,61	29,16	1,74	0,29	1,11	6,35	−0,13	0,10
Ниоба	−0,06	1,92	0,96	6,54	1,20	44,61	0,43	78,96	1,03	0,42	5,02	63,91
Роса	0,92	3,53	0,38	1,88	0,88	70,96	0,97	29,15	1,24	26,70	2,55	16,39

Высокими значениями S_i^2 характеризовались устойчивые к септориозу сорта: Гармония и Перепел (S_i^2 = 1,69–3,40), к стеблевой ржавчине – Лика, Гармония, Перепел, Графит и Садко (S_i^2 = 2,61–8,21), к корневым гнилям – Кировская 89, Фалёнская 4, Рушник, Триумф, Графит, Садко и Сармат – (S_i^2 = 2,59–9,93), к спорынье – Флора и Графит (S_i^2 = 2,61–4,25). Это свидетельствует, что устойчивость у данных генотипов нестабильна и находится в значительной зависимости от условий среды.

Выводы

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что при выборе генетического источника устойчивости для селекции по фитоиммунитету следует учитывать не только уровень неспецифической устойчивости, но и адаптивность, выраженную в статистических параметрах пластичности (b_i) и стабильности (S_i^2).

К пластичным сортам по устойчивости к мучнистой росе можно отнести: Кировская 89, Лика, Графит (*bi* = 0,75–1,06; Si^2 = 0,23–0,93); к септориозу – Фалёнская

универсальная, Лика, Флора, Сармат (*bi* = 0,95–1,87; Si^2 = 0,00–0,32); к бурой ржавчине – Фалёнская универсальная, Флора (*bi* = 0,70–1,31; Si^2 = 0,04–0,06); к стеблевой ржавчине – Рушник, Графиня, Фалёнская универсальная, Сармат (*bi* = 0,97–2,11; Si^2 = 0,03–0,44); к корневым гнилям – Флора, Ниоба (*bi* = 0,52–1,03; Si^2 = 0,00–0,42).

Стабильность по устойчивости к мучнистой росе проявили сорта: Кировская 89, Лика, Гармония, Графит, Кипрез (S_i^2 = 0,18–0,93); к септориозу – Кировская 89, Фалёнская 4, Лика, Симфония, Садко, Сармат, Батист, Фалёнская универсальная, Триумф, Графит (S_i^2 = 0,03–0,90); к бурой ржавчине – Флора, Фалёнская универсальная, Гармония (S_i^2 = 0,04–0,99); к стеблевой ржавчине – Вятка 2, Кировская 89, Рушник, Графиня, Фалёнская универсальная, Батист, Сармат (S_i^2 = 0,03–0,61); к корневым гнилям – Флора, Ниоба (S_i^2 = 0,00–0,42); к спорынье – Лика, Симфония, Сармат (S_i^2 = 0,10–0,41).

Среди изученных сортов озимой ржи наилучшее сочетание иммунологических и статистических признаков в условиях Кировской области выявлено у сортов Лика, Графит, Гармония, Симфония, Батист, Кировская 89, Флора и Сармат.

Литература

1. Санин С. С. Фитосанитарные проблемы интенсивного растениеводства // Защита и карантин растений. 2013. № 12. С. 3–8.
2. Сысуев В. А., Кедрова Л. И., Уткина Е. И. Значение озимой ржи для сохранения природного агроэкологического баланса и здоровья человека (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 1. С. 14–20. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-1-014-020.
3. Sheshegova T., Shchekleina L. Problems of phytoimmunity of grain crops in the Euro-Northeast of the Russian Federation and ways their solution // International Scientific and Practical Conference “Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture” (FSRAABA 2021). BIO Web of Conferences. 2021. Vol. 36. Art. No. 01011. DOI: 10.1051/bioconf/20213601011.
4. Щеклеина Л. М. Мониторинг болезней озимой ржи в Кировской области и возможные направления селекции на иммунитет // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 21 (2). С. 124–132. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.124-132.
5. Ponomareva M. L., Gorshkov V. Yu., Ponomarev S. N., Korzun V., Miedaner T. Snow mold of winter cereals: a complex disease and a challenge for resistance breeding // Theoretical and Applied Genetics. 2021. Vol. 134. P. 419–433. DOI: 10.1007/s00122-020-03725-7.
6. Miedaner T., Wilde P. Selection strategies for disease-resistant hybrid rye // Advances in crop breeding techniques. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing, 2019. P. 223–246.
7. Moskalets V. V., Moskalets T. Z., Vasylkivskyi S. P., Grynyk I. V., Vovkohon A. G., Lobova O. V., Shevchuk O. A., Knyazyuk O. V. Common wheat: ecological plasticity by biological and technological markers // Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького. 2016. Т. 6. № 3. С. 311–318.
8. Жуйкова О. А., Баталова Г. А. Адаптивность линий и сортов овса голозерного в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. Т. 20. № 2. С. 118–125. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.2.118-125.
9. Максимов В. А., Золотарева Р. И. Результаты экологического испытания сортов озимой ржи в условиях Марий Эл // Вестник Марийского государственного университета. 2019. Т. 5. № 2. С. 178–184. DOI: 10.30914/2411-9687-2019-5-2-178-184. 12.
10. Lisitsyn E. M., Shchennikova I. N., Shupletsova O. N. Cultivation of barley on acid sod-podzolic soils of North-East of Europe // In book: Barley: production, cultivation and uses // Ed. by Elfson S. B. New York: Nova Publishers, 2011. P. 49–92.
11. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 5. С. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.
12. Мальчиков П. Н., Розова М. А., Моргунов А. И., Мясникова М. Г., Зеленский Ю. И. Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) из России и Казахстана // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(8). С. 939–950. DOI: 10.18699/VJ18.436.
13. Неофитова В. К. Методы полевой оценки устойчивости сортов озимых зерновых культур к снежной плесени. Минск, 1976. 4 с.
14. Кобылянский В. Д., Королёва Л. А. Методические указания по селекции озимой ржи на устойчивость к грибным болезням. Л.: ВИР, 1977. 26 с.
15. Takele A., Lencho A., W/Ab G., Hailu E., Kassa B. Status of wheat septoria leaf blotch (*Septaria tritici* Roberge in Desmaz) in south west and western Shewa zones of Oromiya Regional state, Ethiopia //

Research in Plant Sciences. 2015. Vol. 3. P. 43–48. DOI: 10.12691/plant-3-3-1.

16. Peterson R. F., Campbell A. B., Hannah A. E. Adiagrammatic scale for estimating rust infensity of leaves and stem of cereals // Canadian Journal of Research. 1948. Vol. 26c. P. 496–500. DOI: 10.1139/cjr48c-033.

17. Григорьев М. Ф. Методические указания по изучению устойчивости зерновых культур к корневым гнилям. Л.: ВИР, 1976. 60 с.

18. Miedaner T., Mirdita V., Geiger H.H. Strategies in breeding for ergot (*Claviceps purpurea*) resistance. Book of abstracts: international symposium on rye breeding & genetics. Belarus, Minsk, 2010. P. 83.

19. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Science. 1966. Vol. 6. No. 1. P. 36–40.

20. Зыкин В. А., Мешкова В. В., Сапега В. А. Параметры пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: методические рекомендации. Новосибирск: Сибирское отделение ВАСХНИЛ, 1984. 24 с.

21. Логинов Ю. П., Казак А. А. Экологическая пластичность и стабильность новых сортов картофеля // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. № 1 (61). С. 24–28.

22. Кедрова Л. И. Озимая рожь в Северо-Восточном регионе России. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 158 с.

23. Бебякин В. М., Кедрова Л. И., Кериватова Т. Б. Адаптивность: методические подходы и критерии её оценки // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2005. № 7. С.4–9.

References

1. Sanin S. S. Phytosanitary problems of intensive plant breeding // Plant Protection and Quarantine. 2013. No. 12. P. 3–8.

2. Sysuev V. A., Kedrova L. I., Utkina E. I. Importance of winter rye for maintaining natural agroecological balance and human health (review) // Theoretical and Applied Ecology. 2020. No. 1. P. 14–20. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-1-014-020.

3. Sheshegova T., Shchekleina L. Problems of phytoimmunity of grain crops in the Euro-Northeast of the Russian Federation and ways their solution // International Scientific and Practical Conference “Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture” (FSRAABA 2021). BIO Web of Conferences. 2021. Vol. 36. Art. No. 01011. DOI: 10.1051/bioconf/20213601011.

4. Shchekleina L. M. Monitoring of winter rye diseases in Kirov region and possible trends of breeding for immunity // Agricultural Science Euro-North-East. 2020. No. 21 (2). P. 124–132. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.124-132.

5. Ponomareva M. L., Gorshkov V. Yu., Ponomarev S. N., Korzun V., Miedaner T. Snow mold of winter cereals: a complex disease and a challenge for resistance breeding // Theoretical and Applied Genetics. 2021. Vol. 134. No. 2. P. 419–433. DOI: 10.1007/s00122-020-03725-7.

6. Miedaner T., Wilde P. Selection strategies for disease-resistant hybrid rye //Advances in crop breeding techniques. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing, 2019. P. 223–246.

7. Moskalets V. V., Moskalets T. Z., Vasylkivskyi S. P., Grynyk I. V., Vovkohon A. G., Lobova O. V., Shevchuk O. A., Knyazyuk O. V. Common wheat: ecological plasticity by biological and technological markers // Biological Bulletin of Bogdan Chmelnitskiy Melitopol State Pedagogical University. 2016. Vol. 6. No. 3. P. 311–318.

8. Zhuikova O. A., Batalova G. A. Adaptability of naked oat lines and varieties in the conditions of Kirov region // Agricultural Science Euro-North-East. 2019. No. 20 (2). P. 118–125. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.2.118-125.

9. Maksimov V. A., Zolotareva R. I. The results of the ecological test of new varieties of winter rye in the Republic of Mari El // Vestnik of the Mari State University. Chapter “Agriculture. Economics”. 2019. Vol. 5. No. 2. P. 178–184. DOI: 10.30914/2411-9687-2019-5-2-178-184.

10. Lisitsyn E. M., Shchennikova I. N., Shupletsova O. N. Cultivation of barley on acid sod-podzolic soils of North-East of Europe // In book: Barley: production, cultivation and uses // Ed. by Elfson S. B. New York: Nova Publishers, 2011. P. 49–92.

11. Rybas’ I. A. Breeding grain crops to increase adaptability (review) // Sel’skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2016. Vol. 51. No. 5. P. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617eng.

12. Malchikov P. N., Rozova M. A., Morgunov A. I., Myasnikova M. G., Zelensky Yu. I. Yield performance and stability of modern breeding stock of spring durum wheat (*Triticum durum* Desf.) from Russia and Kazakhstan // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018. No. 22(8). P. 939–950. DOI: 10.18699/VJ18.436.

13. Neofitova V. K. Methods of field assessment of the resistance of winter cereal varieties to snow mold. Minsk, 1976. 4 p.

14. Kobylyansky V. D., Koroleva L. A. Methodological guidelines for the breeding of winter rye for resistance to fungi diseases. Leningrad: VIR, 1977. 26 p.

15. Takele A., Lencho A., W/Ab G., Hailu E., Kassa B. Status of wheat septoria leaf blotch (*Septaria tritici* Roberge in Desmaz) in south west and western Shewa zones of Oromiya Regional state, Ethiopia // Research in Plant Sciences. 2015. Vol. 3. P. 43–48. DOI: 10.12691/plant-3-3-1.

16. Peterson R. F., Campbell A. B., Hannah A. E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals // Canadian Journal of Research. 1948. Vol. 26c. P. 496–500. DOI: 10.1139/cjr48c-033.

17. Grigoriev M. F. Methodological guidelines for the study of the stability of grain crops to root rots. Leningrad: VIR, 1976. 60 p.

18. Miedaner T., Mirdita V., Geiger H. H. Strategies in breeding for ergot (*Claviceps purpurea*) resistance. Book of Abstracts: International Symposium on Rye Breeding & Genetics. Belarus, Minsk, 2010. P. 83.

19. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Science. 1966. Vol. 6. No. 1. P. 36–40.

20. Zykin V. A., Meshkova V. V., Sapega V. A. Parameters of plasticity of agricultural plants, their calculation and analysis: methodological recommendations. Novosibirsk: Siberia branch of VASKHNIL, 1984. 24 p.

21. Loginov Yu. P., Kazak A. A. Ecological plasticity of potatoes cultivars in Tyumen region // Bulletin of Kemerovo State University. 2015. No. 1 (61). P. 24-28.

22. Kedrova L. I. Winter rye in the North-Eastern region of Russia. Kirov: Agricultural Research Institute of the North-East, 2000. 158 p.

23. Bebyakin V. M., Kedrova L. I., Kerivatova T. B. Adaptability: methodological approaches and criteria for its assessment // Agricultural Science Euro-North-East. 2005. No. 7. P. 4–9.

UDC 633.14:632.938.1

Shchekleina L. M.

ADAPTABILITY AND RESISTANCE OF WINTER RYE VARIETIES TO FUNGI DISEASES

Summary. *In Russia and abroad, the search for varieties of agricultural crops with genetic resistance to diseases is relevant. The purpose of the research is to identify new genetic sources of nonspecific resistance of winter rye varieties to epiphytotic-dangerous diseases and conduct their comparative assessment in terms of plasticity and stability under conditions of the Kirov region. The studies were carried out in 2019–2021 at the phytopathological site of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky. Twenty promising varieties of winter rye were studied under conditions of provocative and infectious backgrounds of snow mold, powdery mildew, septoria, leaf and stem rust, root rot and ergot. Generally accepted methods were used in diseases accounting. Agro-climatic conditions during the years of research were contrasting, which allowed conducting all the studies fully. We identified seven varieties relatively resistant to three or more diseases. They are: 'Lika' (snow mold, powdery mildew, septoria, brown and stem rust, ergot), 'Grafit' (snow mold, powdery mildew, septoria, stem rust, root rot and ergot), 'Kirovskaya 89' (snow mold, powdery mildew, septoria, stem rust), 'Garmoniya' (snow mold, septoria, root rot, stem rust), 'Vyatka 2' (snow mold, septoria, stem rust), 'Flora' (snow mold, root rot and ergot) and 'Symfoniya' (septoria, stem rust and ergot). The aforementioned varieties can be used as sources of increasing resistance to the studied diseases. When calculating the statistical parameters of plasticity (b_i) and stability (S_i^2), it was revealed that the most favorable weather conditions for brown rust development were in 2019 (Ij = 24.04); for other diseases – in 2020 (Ij = 2.97…11.10). It has been established that all sources of nonspecific resistance, with the exception of varieties 'Vyatka 2' and 'Perepel', are distinguished by the stability of the trait, regardless of environmental conditions. Therefore, when using sources in breeding for phytoimmunity, the stability of the trait should also be taken into account.*

Keywords: *Secale cereale L., artificial infectious backgrounds, sources of resistance, breeding, plasticity, stability.*

Щеклеина Люция Муллаахметовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»; 610007, Россия, г. Киров, ул. Ленина, 166а; e-mail: immunitet@fanc-sv.ru.

Shchekleina Lucia Mullaakhmetovna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher at the Laboratory of immunity and plant protection, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky; 166a, Lenin str., Kirov, 610007, Russia; e-mail: immunitet@fanc-sv.ru.

Дата поступления в редакцию – 21.02.2022.
Дата принятия к печати – 20.03.2022.

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/

Свободная цена