



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

ТАВРИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК АГРАРНОЙ НАУКИ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

DOI:10.33952/2542-0720

TAURIDA HERALD
OF THE AGRARIAN SCIENCES

№ 4 (24)

DOI:10.33952/2542-0720-2020-4-24

2020

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 - Мягих 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

ФГБУН «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 № 12А/26.
Тираж 500 экз.

Подписано к печати 30.12.2020.

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

Дата выхода: 30.12.2020.

Дизайн и верстка - Н.С. Овчаренко,
Е.А. Дунаева

© ФГБУН «НИИСХ Крыма», 2020.

© Авторы статей, 2020.

© Авторы иллюстраций, 2020.

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., ФГБНУ «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., ФГБНУ «НИИСХ Крыма»; Завалий А.А., д.т.н., профессор ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»; 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., профессор ФГБОУ ВО «Горский ГАУ»; Ларина Г.Е., д.б.н., проф., ФГБНУ «ВНИИФ»; Лупян Е.А., д.т.н., ФГБНУ «ИКИ РАН»; Мельничук Т.Н., д.с.-х.н., ФГБНУ «НИИСХ Крыма»; Митрофанова И.В., д.б.н., ФГБНУ «НБС-ННЦ», профессор ФГБОУ ВПО «Уральский ГАУ»; Мишнёв А.В., к.с.-х.н., ФГБНУ «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., ФГБНУ «НИИСХ Крыма»; Немтинов В.И., д.с.-х.н., ФГБНУ «НИИСХ Крыма»; Остапчук П.С., к.с.-х.н., ФГБНУ «НИИСХ Крыма»; Паштецкий В.С., д.с.-х.н., директор ФГБНУ «НИИСХ Крыма»; Плугатарь Ю.В., д.с.-х.н., директор ФГБНУ «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., ФГБНУ «НИИСХ Крыма»; Song J., Ph.D (candidate), King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang; Soyong 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, ФГБНУ «НИИСХ Крыма»; Терлеев В.В., д.с.-х.н., профессор СПбПУ; Тимашёва Л.А., к.с.-х.н., ФГБНУ «НИИСХ Крыма»; Тихонович И.А., д.б.н., академик РАН, директор ФГБНУ «ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии»; Ткаченко О.Б., д.б.н., ФГБНУ «ГБС РАН»; Топунов А.Ф., д.б.н., профессор ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН; Турина Е.Л., к.с.-х.н., ФГБНУ «НИИСХ Крыма»; Фарниев А.Т., д.с.-х.н., профессор ФГБОУ ВО «Горский ГАУ»; 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., ФГБНУ «НИИСХ Крыма»; Чеходариди Ф.Н., д.в.н., профессор ФГБОУ ВО «Горский ГАУ»; Шейн Е.В., д.б.н., профессор ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова»; Шагапсов С.Х., д.б.н., профессор «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова».

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

Научный журнал «Таврический вестник аграрной науки» (“Taurida Herald of the Agrarian Sciences”) 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 от 15.09.2016 г.

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

Founder – Federal State Budget Scientific Institution “Research Institute 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 аграрной 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 DOI (Crossref).

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

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

Russian Science
Citation Index



РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ

Science Index



Crossref



AGRIS



ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY



Google
Академия



АНТИПЛАГИАТ

СОДЕРЖАНИЕ

Брагинец С. В., Бахчевников О. Н., Хлыстунов В. Ф. ИНТЕГРАЦИЯ МОДУЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ В СОСТАВ ДЕЙСТВУЮЩИХ МАЛЫХ КОМБИКОРМОВЫХ ЗАВОДОВ	8
Вторый В. Ф., Второй С. В. МЕТОД ДИАГНОСТИКИ ДИОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	20
Гулянов Ю. А. ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И ПЕРСПЕКТИВ РОСТА УРОЖАЙНОСТИ В ПОСТЦЕЛИННЫХ РЕГИОНАХ УРАЛА И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	29
Деревянникова М. В., Чумакова В. В., Чумаков В. Ф. ОЦЕНКА ДИКОРАСТУЩИХ ФОРМ ЖИТНЯКА ГРЕБНЕВИДНОГО ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В СЕЛЕКЦИИ	42
Еговцева А. Ю., Мельничук Т. Н., Абдурашитов С. Ф., Андронов Е. Е., Абдурашитова Э. Р., Радченко А. Ф., Ганоцкая Т. Л., Радченко Л. А. ВЛИЯНИЕ ШТАММОВ, АССОЦИАТИВНЫХ С <i>TRITICUM AESTIVUM</i> L., НА МИКРОБОЦЕНОЗ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО РИЗОСФЕРЫ ПШЕНИЦЫ	49
Иличкина Н. П., Самофалова Н. Е., Макарова Т. С., Дубинина О. А. НОВЫЙ СОРТ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ЮБИЛЯРКА	62
Козырева М. Ю., Басиева Л. Ж., Козырев А. Х. СИМБИОТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОСЕВОВ ЛЮЦЕРНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА АЗОТНОГО ПИТАНИЯ	72
Костенкова Е. В., Бушнев А. С. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНОЙ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ НА УРОЖАЙНОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА	81
Кривошеев Г. Я. РЕАКЦИЯ НОВЫХ САМООПЫЛЕННЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ НА ПАРАГВАЙСКИЙ ТИП ЦМС	90
Марко Н. В. БИОМОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РОЗЫ ЭФИРОМАСЛИЧНОЙ СОРТА ФЕСТИВАЛЬНАЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА ЮБК И В СТЕПНОМ КРЫМУ	98
Марченко Д. М., Иванисов М. М., Некрасов Е. И., Кравченко Н. С., Радченко Л. А., Радченко А. Ф. ПОДАРОК КРЫМУ – НОВЫЙ РАННЕСПЕЛЫЙ СОРТ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ	114
Мирзаходжаев А. М., Мирзаходжаев Б. А., Касымова Д. Х., Раджабов И. Б. ВЛИЯНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЕЛИМОСТИ КОКОНОВ ШЕЛКОПРЯДА ПО КАЛИБРУ И МАССЕ ПРИ ИХ ОТБОРЕ НА ПЛЕМЯ	122
Николаев П. Н., Юсова О. А. СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ОМСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	135

Подгорный С. В., Скрипка О. В., Самофалов А. П., Громова С. Н., Кравченко Н. С. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ СОРТОИСПЫТАНИИ	143
Прахова Т. Я., Турина Е. Л., Прахов В. А. ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ОЗИМОГО РЫЖИКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕГИОНА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ	152
Приходько А. В., Караева Н. В., Зубоченко А. А. СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОГО КРЫМА	161
Сухарев А. А. НЕКОТОРЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТА КРАСА ДОНА	171
Шаповалова Н. Н., Воропаева А. А., Менькина Е. А., Галушко Н. А., Ахмедшина Д. А. УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ И ПРЯМОМ ПОСЕВЕ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ В УСЛОВИЯХ СТАВРОПОЛЬЯ	183

CONTENTS

Braginets S. V., Bakhchevnikov O. N., Khlystunov V. F. INTEGRATION OF MODULAR PROCESSING LINES INTO COMPOSITION OF OPERATING SMALL-SCALE FORMULA-FEED PLANTS	8
Vtoryi V. F., Vtoryi S. V. DIAGNOSTIC METHOD OF MILKING SYSTEMS USING DIGITAL TECHNOLOGIES	20
Gulyanov Yu. A. ASSESSMENT OF MODERN BIOCLIMATIC RESOURCES AND PROSPECTS OF YIELD GROWTH IN THE POST-VIRGIN REGIONS OF THE URALS AND WESTERN SIBERIA	29
Derevyannikova M. V., Chumakova V. V., Chumakov V. F. EVALUATION OF WILD-GROWING FORMS OF CRESTED WHEATGRASS WHEN USING IN BREEDING	42
Egovtseva A. Yu., Melnichuk T. N., Abdurashitov S. F., Andronov E. E., Abdurashitova E. R., Radchenko A. F., Ganotskaya T. L., Radchenko L. A. INFLUENCE OF STRAINS ASSOCIATED WITH <i>TRITICUM AESTIVUM</i> L. ON MICROBIOCENOSIS IN THE RHIZOSPHERE OF WINTER WHEAT OF CHERNOZEM SOUTHERN	49
Ilichkina N. E., Samofalova N. E., Makarova T. S., Dubinina O. A. 'YUBILYARKA' – NEW VARIETY OF WINTER DURUM WHEAT	62
Kozyreva M. Yu., Basieva L. Zh., Kozyrev A. Kh. SYMBIOTIC ACTIVITY OF <i>MEDICAGO VARIA</i> MART. DEPENDING ON THE TYPE OF NITROGEN NUTRITION	72
Kostenkova E. V., Bushnev A. S. INFLUENCE OF MOISTURE AVAILABILITY ON <i>HELIANTHUS ANNUUS</i> L. YIELD IN DRY CONDITIONS OF THE CRIMEAN PENINSULA	81
Krivosheev G. Ya. RESPONSE OF THE NEW SELF-POLLINATED MAIZE LINES ON THE PARAGUAY TYPE OF CMS	90
Marko N. V. BIOMORPHOBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE AROMATIC ROSE CULTIVAR 'FESTIVALNAYA' WHEN GROWING IN THE SOUTHERN COAST AND IN THE STEPPE CRIMEA	98
Marchenko D. M., Ivanisov M. M., Nekrasov E. I., Kravchenko N. S., Radchenko L. A., Radchenko A. F. 'PODAROK KRYMU' – NEW EARLY RIPENING VARIETY OF WINTER SOFT WHEAT	114
Mirzakhodzhayev A. M., Mirzakhodzhayev B. A., Kasimova D. Kh., Radzhabov I. B. INFLUENCE OF THE PATTERN OF DIVIDING SILKWORM COCOONS BY CALIBER AND MASS WHEN SELECTING THEM FOR A TRIBE	122
Nikolaev P. N., Yusova O. A. RESISTANCE OF SPRING BARLEY VARIETIES BRED BY THE OMSK AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER TO STRESS UNDER CONDITIONS OF WESTERN SIBERIA	135

Podgorny S. V., Skripka O. V., Samofalov A. P., Gromova S. N., Kravchenko N. S. QUALITY INDICATORS OF WINTER SOFT WHEAT VARIETIES IN ECOLOGICAL VARIETY TRIALS	143
Prakhova T. Ya., Turina E. L., Prakhov V. A. FATTY-ACID COMPOSITION OF WINTER CAMELINA DEPENDING ON THE REGION OF CULTIVATION	152
Prikhodko A. V., Karaeva N. V., Zubochenko A. A. WAYS TO USE GREEN MASS OF WINTER TRITICALE AS FERTILIZER IN THE STEPPE CRIMEA	161
Sukharev A. A. SOME ELEMENTS OF CULTIVATION TECHNOLOGY OF WINTER BREAD WHEAT VARIETY 'KRASA DONA'	171
Shapovalova N. N., Voropaeva A. A., Galushko N. A., Menkina E. A., Akhmedshina D. A. YIELD AND QUALITY OF WINTER WHEAT GRAIN ON THE BACKGROUND OF FERTILIZERS AND DIRECT SOWING ON ORDINARY CHERNOZEM UNDER STAVROPOL CONDITIONS	183

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-8-19

УДК 636.085.55+721.013

Брагинец С. В., Бахчевников О. Н., Хлыстунов В. Ф.

ИНТЕГРАЦИЯ МОДУЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ В СОСТАВ ДЕЙСТВУЮЩИХ МАЛЫХ КОМБИКОРМОВЫХ ЗАВОДОВ

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»

***Реферат.** В России на малых комбикормовых заводах не используют прогрессивные технологические операции и технические средства. Поэтому возникла необходимость предложить технические и организационные решения, позволяющие быстро и без длительной остановки производства интегрировать в состав малых комбикормовых заводов новые технологические линии. Для размещения новых технологических линий оптимальны быстровозводимые здания на основе стального каркаса. Новая технологическая линия формируется как модульная структура, составными частями которой являются модули с габаритами стандартного грузового контейнера, внутри которых установлено оборудование. Целью исследования является разработка метода интеграции модульных технологических линий в состав действующих малых комбикормовых заводов. Формирование модульной линии для малого комбикормового завода производится на основе схемы ее технологического процесса, при этом структура линии соответствует структуре технологической схемы. Из полностью укомплектованных на предприятии-изготовителе и готовых к работе модулей формируют модульную технологическую линию. Рационально формировать модульную технологическую линию в виде «башни», этажами которой служат модули. В состав действующего малого комбикормового завода могут быть интегрированы модульные технологические линии углубленной подготовки сырья и обработки комбикорма. Сборное здание интегрируемой технологической линии размещают рядом с основным производственным корпусом действующего комбикормового завода. После размещения новую модульную линию соединяют транспортными машинами с бункерами для оперативного хранения сырья и готового продукта. Предложенный метод интеграции модульных технологических линий в состав действующих малых комбикормовых заводов позволит решить проблему скорого внедрения новых технических и технологических решений в производственный процесс таких предприятий.*

***Ключевые слова:** комбикормовый завод, модульная технологическая линия, модуль, интеграция, производство комбикормов, комбикорм, подготовка сырья.*

Введение

В современный период времени в Российской Федерации небольшие внутрихозяйственные комбикормовые заводы (производительность до 2 т/ч) являются отраслью промышленности, маловосприимчивой к инновациям. Технологический процесс большинства из них несовершенен, так как включает только основные операции приготовления рассыпных комбикормов [1]. В силу этого на малых внутрихозяйственных заводах отсутствуют прогрессивные технологические операции и новые машины, повышающие питательную ценность и прочие показатели качества комбикормов, а также позволяющие вводить в их состав нетрадиционные ингредиенты. Но без внедрения инноваций не представляется возможным решить задачу эффективного использования в кормопроизводстве недорогого местного сырья [2].

Малые заводы, выпускающие рассыпные комбикорма, требуют проведения реконструкции, заключающейся во введении в их состав инновационных технологических линий углубленной обработки сырья и окончательной обработки корма, позволяющих повысить его качество и срок хранения, а также подготовку новых видов кормового сырья (рисунок 1). Необходимо отметить, что такая реконструкция не будет затрагивать основную технологическую линию измельчения, дозирования и смешивания сырья, то есть приготовления рассыпного комбикорма, а будет охватывать технологические процессы углубленной подготовки сырья к смешиванию (обеззараживание, сепарация, тепловая обработка) и обработки рассыпного комбикорма (экструдирование или гранулирование).

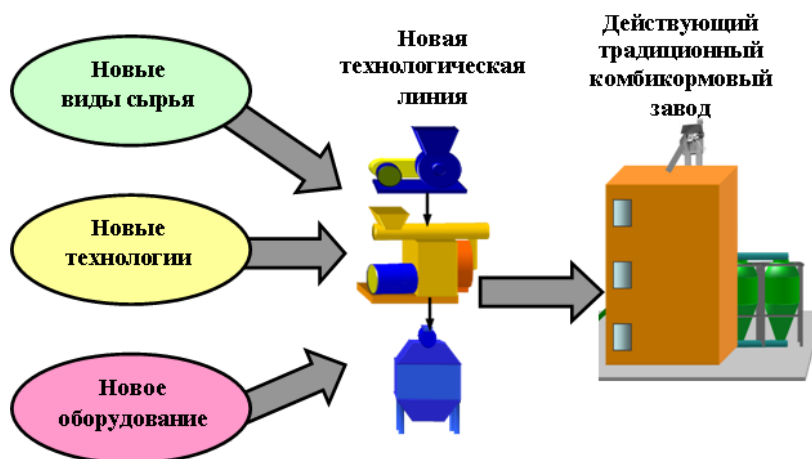


Рисунок 1 – Внедрение новых технологий и машин в комбикормовое производство посредством формирования новых технологических линий

Но реконструкция методом размещения на предприятии новых традиционных технологических линий займет длительный период времени и потребует частичной или полной остановки производства комбикормов, что неприемлемо для сельхозпредприятий. Адаптация малых комбикормовых заводов к современным требованиям должна заключаться в скорейшем внедрении новых технологических и технических решений, в том числе для использования новых видов сырья, а также гранулирования и экструдирования рассыпного комбикорма. Поэтому возникла необходимость предложить технические и организационные решения, позволяющие достаточно быстро и без длительной остановки производства интегрировать в состав малых комбикормовых заводов новые технологические линии, обеспечивающие внедрение в их технологический процесс новых прогрессивных операций и технических средств для их исполнения.

Инновационным решением является использование быстровозводимых зданий со стальным каркасом для размещения в них новых технологических линий. Основой стального каркаса является строительный элемент с габаритными размерами стандартного грузового контейнера [3]. Положительный эффект, по нашему мнению, может дать совместное использование метода создания быстровозводимых модульных зданий [4] и концепции «Фабрика в коробке» [5], то есть оформление новой технологической линии как модульной структуры – модульной производственной системы [6–8], составными частями которой являются модули с габаритами стандартного грузового контейнера, внутри которых установлено оборудование [9] (рисунок 2).

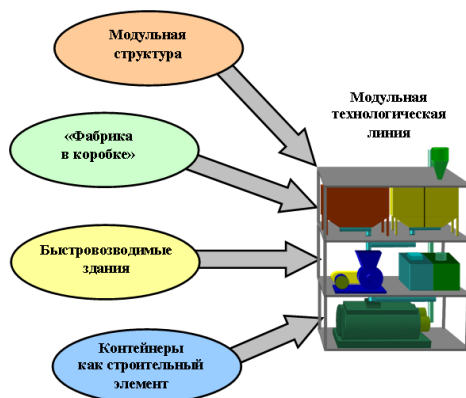


Рисунок 2 – Исходные элементы для создания модульных технологических линий

Цель исследований – разработать и обосновать метод интеграции модульных технологических линий в состав действующих малых комбикормовых заводов.

Материалы и методы исследований

Исследования выполняли на базе основных положений теории системного анализа и синтеза [10], адаптированных с учетом особенностей применения в инженерной сфере [11, 12]. Структура новых технологических линий была синтезирована на базе модульного принципа формирования производственных и технических систем [7, 13–16]. Использована концепция транспортабельных мини-заводов «Фабрика в коробке» («Factory-in-a-box»), поставляемых в полностью готовом к промышленной эксплуатации виде [5, 17]. Использованы результаты исследований S. Lieg и D. Worsdorfer по обоснованию и проектированию модульных трансформируемых малых промышленных предприятий [18, 19].

Результаты и их обсуждение

Модульная технологическая линия для малого комбикормового завода синтезируется на основе схемы ее технологического процесса (рисунок 3), при этом структура формируемой линии соответствует структуре технологической схемы. Входящие в состав модуля однооперационные машины подбирают таким образом, чтобы они реализовывали группу взаимосвязанных операций, причем модули располагают в той последовательности, в какой эти группы операций входят в схему технологического процесса.

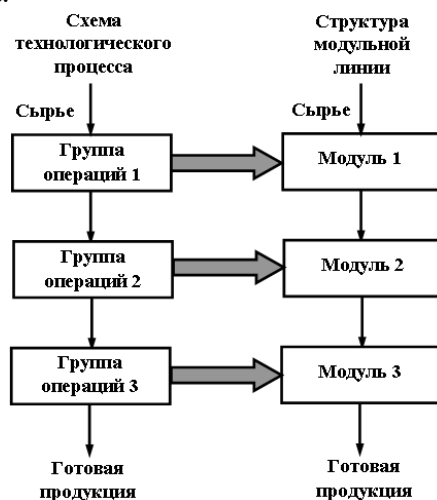


Рисунок 3 – Формирование модульной технологической линии

Модульная линия как модульная производственная система является иерархической, причем уровни ее машинной и технологической составляющих соответствуют друг другу [20] (рисунок 4).

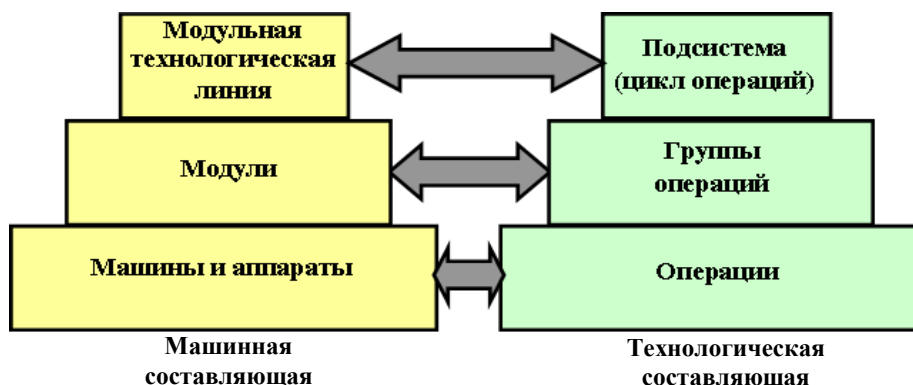


Рисунок 4 – Машинная и технологическая составляющие модульной производственной системы

Так, отдельные машины соответствуют единичным операциям, например, молотковая дробилка соответствует операции измельчения сырья. Машины, выполняющие группу связанных операций, образуют технологический модуль, например, модуль смешивания сырья. Модули соединены между собой транспортным оборудованием, также как группы операций связаны операциями транспортировки обрабатываемого в них продукта. Модули образуют технологическую линию, выполняющую законченный цикл операций и соответствующую подсистеме общей технологической системы производства комбикормов. Это означает, что новая модульная линия работает автономно и в рамках своего технологического процесса не взаимодействует с остальными линиями предприятия (технологическими подсистемами).

Модульный принцип построения создает для малых комбикормовых заводов большие возможности модернизации путем замены имеющихся модулей на модернизированные, а также добавления новых модулей и целых модульных технологических линий, значительно продлевая тем самым жизненный цикл предприятия.

Для размещения оборудования типового технологического модуля, входящего в состав производственной линии, использован стальной каркас с габаритными размерами (6 × 2,5 × 2,6 м) стандартного грузового 20-футового контейнера [21–23]. Сборку и настройку технологического модуля полностью выполняют на предприятии-изготовителе, где устанавливают машины внутри каркаса контейнера, соединяют их транспортным оборудованием, выполняют электропроводку (рисунок 5).

Модуль должен работать в едином технологическом процессе совместно с другими модулями, входящими в состав линии. Для этого все модули должны иметь стандартный интерфейс (соединительные элементы конструкции, места для подключения коммуникаций и установки межмодульного транспортного оборудования и др.), обеспечивающий их объединение для формирования модульной линии.

Из полностью укомплектованных на предприятии-изготовителе и готовых к работе модулей формируют модульную технологическую линию (рисунок 6).

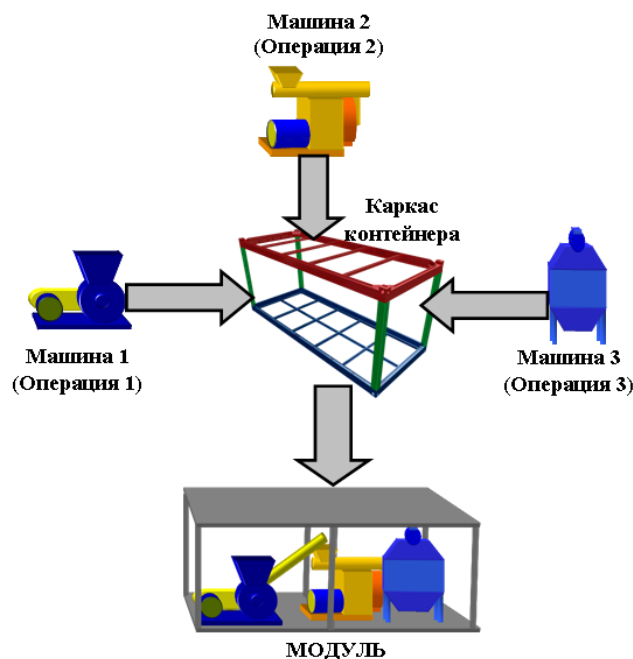


Рисунок 5 – Формирование модуля для модульной технологической линии

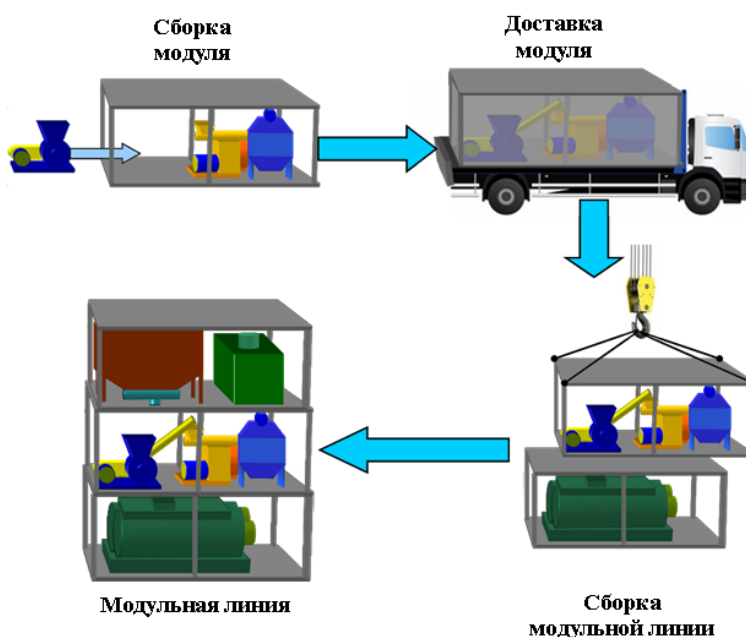


Рисунок 6 – Формирование модульной технологической линии для малого комбикормового завода

Для этого модули доставляют заказчику, где на подготовленном легком фундаменте собирают в единое каркасное здание при помощи угловых фитингов и стандартных соединительных элементов. Рационально формировать модульную технологическую линию в форме «башни», этажами которой служат модули, очередность размещения которых соответствует очередности выполнения групп операций в схеме технологического процесса. Таким образом, сырье в ходе выполнения технологического процесса вначале поднимают норией в верхний модуль линии, а затем перемещают «сверху вниз» по самотечным трубам. Монтаж такой «башни» облегчен тем, что модули имеют прочный стальной каркас, допускающий их многоуровневое размещение.

После окончания монтажа «башни» устанавливают межмодульное транспортное оборудование, соединяющее машины различных модулей в единую технологическую цепочку. Также размещают транспортные машины, соединяющие линию с внешними емкостями для хранения сырья и готового продукта. После этого модульную линию подключают к электросети и другим внешним коммуникациям. С наружной стороны здания модульной линии монтируют элементы аспирационной системы и лестницы для персонала.

Такой способ формирования новой модульной технологической линии позволяет не останавливать на период его осуществления производственный процесс на действующем комбикормовом заводе. Срок возведения новой модульной линии – не более двух недель (в зависимости от количества составляющих ее модулей).

В качестве примера на рисунке 7 показана модульная технологическая линия гранулирования комбикорма для малого комбикормового завода производительностью до 2 т/ч. В эту дополнительную линию направляют подготовленный в основной технологической линии рассыпной комбикорм для его гранулирования.

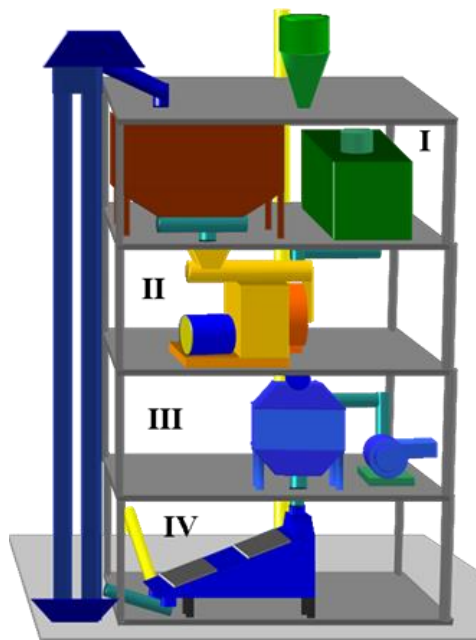


Рисунок 7 – Модульная технологическая линия гранулирования комбикорма

Примечание. Технологические модули: I – временного хранения рассыпного комбикорма; II – кондиционирования и гранулирования комбикорма; III – охлаждения гранул; IV – сепарации гранул.

Как было сказано выше, в состав действующего малого комбикормового завода могут быть интегрированы модульные технологические линии углубленной подготовки сырья и линии обработки комбикорма (рисунок 8). Технологических модульных линий подготовки сырья в составе завода может быть несколько, причем работают они параллельно, обрабатывая различные его виды и передавая для смешивания в основную линию приготовления рассыпного комбикорма. В тоже время в состав завода обычно входит лишь одна технологическая линия окончательной обработки комбикорма – гранулирования или экструдирования.

Такая производственная структура малых комбикормовых заводов создает широкие возможности для их модернизации путем добавления новых технологических линий к уже имеющейся основной. Автономность модульных

технологических линий создает возможность их легкой и быстрой интеграции в структуру существующих комбикормовых предприятий при их реконструкции. В схеме технологического процесса малого комбикормового завода новые модульные линии подготовки сырья размещают перед основной линией приготовления рассыпного комбикорма, а линия окончательной обработки комбикорма (гранулирование или экструдирование) – после нее.

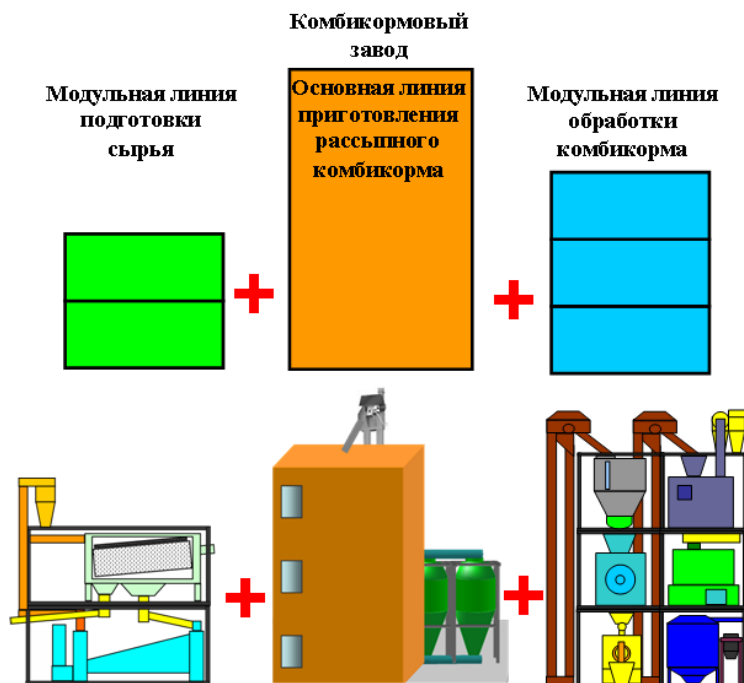


Рисунок 8 – Структура малого комбикормового завода, включающая интегрируемые модульные технологические линии

Каркасное здание интегрируемой в состав предприятия новой модульной технологической линии следует располагать рядом с основным производственным корпусом действующего малого комбикормового завода (рисунок 9).

После окончания монтажа новую модульную технологическую линию подготовки сырья соединяют транспортной машиной с емкостями для временного хранения исходного сырья. При этом необходимо решить задачу согласования производственных циклов новой дополнительной линии и действующей основной технологической линии завода. Эту задачу решают путем создания оперативного запаса подготовленного на новой линии сырья в промежуточных емкостях, откуда оно по мере необходимости транспортируется в основную технологическую линию приготовления рассыпного комбикорма.

Аналогично предыдущему способу, при интеграции новой модульной технологической линии окончательной обработки комбикорма (экструдирование или гранулирование) задачу согласования производственных циклов решают созданием оперативного запаса произведенного основной линией рассыпного комбикорма, который по мере необходимости транспортируется в технологическую линию его окончательной обработки. По завершении процесса обработки готовый гранулированный или экструдированный комбикорм направляют в бункеры для его временного хранения.

Благодаря предлагаемому способу реконструкции может быть обеспечена оптимальная интеграция дополнительной новой модульной технологической линии в состав действующего традиционного малого внутрихозяйственного

комбикормового завода. При этом пространственная схема расположения оборудования (вертикальная или горизонтальная) на действующем малом предприятии не имеет принципиального значения.

Важно отметить, что монтаж и пуск в эксплуатацию новой модульной технологической линии выполняют без остановки остальных производственных линий действующего малого внутрихозяйственного комбикормового завода. Это является ее важным преимуществом, так как реконструкция завода традиционным способом предусматривает приостановку его работы, что неприемлемо для сельхозпредприятий, имеющих животноводческие фермы.

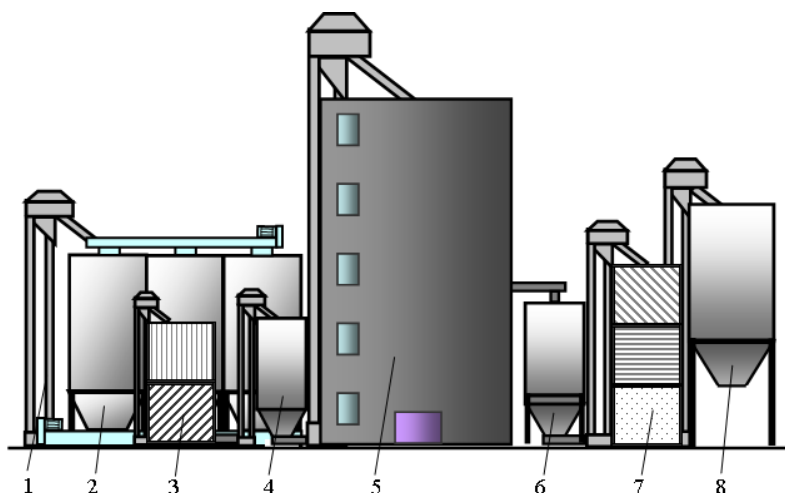


Рисунок 9 – Новые модульные технологические линии и традиционный малый комбикормовый завод, интегрированные в единое предприятие

Примечание. 1 – нория; 2 – бункер для оперативного хранения исходного сырья; 3 – модульная технологическая линия предварительной подготовки сырья; 4 – бункер для временного хранения подготовленного сырья; 5 – основной производственный корпус традиционного малого комбикормового завода (основная линия производства рассыпного комбикорма); 6 – емкость для временного хранения рассыпного комбикорма; 7 – модульная технологическая линия окончательной обработки комбикорма; 8 – бункер для временного хранения готового комбикорма.

Другим преимуществом модульных технологических линий является возможность их последующей частичной реконструкции путем добавления или замены входящих в состав линии технологических модулей.

Выводы

Предложенный метод интеграции модульных технологических линий в состав действующих малых комбикормовых заводов позволит решить проблему скорого внедрения новых технических и технологических решений в производственный процесс таких предприятий. Положительный эффект от их интеграции заключается в углубленной подготовке сырья, позволяющей повысить питательную ценность кормов; возможности введения в состав комбикормов новых видов сырья, имеющих высокую питательность и низкую себестоимость; повышении качества комбикормов и увеличении срока их хранения за счет гранулирования или экструдирования; быстрой реконструкции предприятия без остановки основного производства (рисунок 10).

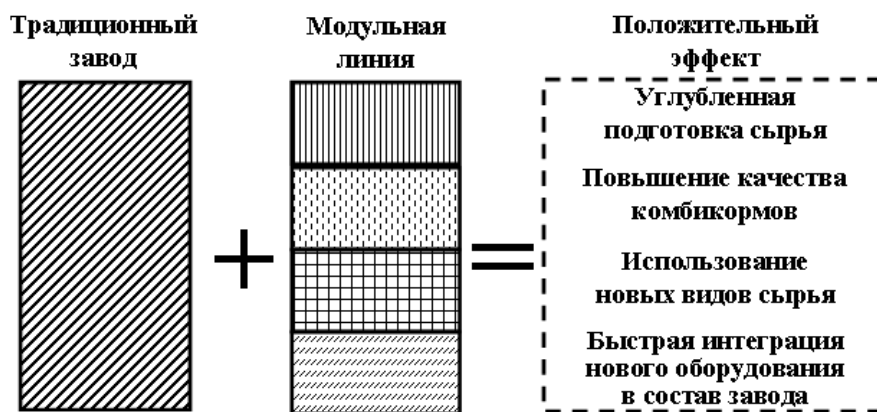


Рисунок 10 – Положительный эффект интеграции новых модульных технологических линий в состав малого комбикормового завода

Помимо приведенных выше достоинств, интеграция новых модульных технологических линий в состав предприятия обеспечивает повышение устойчивости и адаптируемости малого комбикормового завода к изменению внешних условий функционирования через преобразование его постоянной структуры в инновационную трансформируемую, сочетающую в себе как неизменяемые элементы (существующие традиционные технологические линии), так и преобразуемые (модули новой технологической линии). Комбикормовый завод, включающий модульные линии, имеет большой потенциал для дальнейшего развития и совершенствования.

Литература

1. Афанасьев В. А. Состояние и основные тенденции развития комбикормовой промышленности России // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2018. № 51. С. 155–160.
2. Сыроватка В. И., Жданова Н. В. Инновационные машинные технологии и технические средства производства комбикормов // Инновации в сельском хозяйстве. 2018. № 2. С. 272–277.
3. Generalova E. M., Generalov V. P., Kuznetsova A. A. Modular buildings in modern construction // Procedia engineering. 2016. Vol. 153. P. 167–172.
4. Endzelis J., Dauksys M. Comparison between modular building technology and traditional construction // Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering. 2018. Vol. 2. No. 23. P. 86–95. DOI: 10.5755/j01.sace.23.2.21579.
5. Jiang Z., Wang H., Tian Q., Guo W. Co-design of supply chain network and subassembly planning considering the reconfiguration of supply chain structure for factory-in-a-box manufacturing // ASME 2018 13th International Manufacturing Science and Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers, 2018. P. V003T02A015. DOI: 10.1115/MSEC2018-6691.
6. Shaik A. M., Rao V. V. S. K., Rao C. S. Development of modular manufacturing systems – a review // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2015. Vol. 76. No. 5-8. P. 789–802. DOI: 10.1007/s00170-014-6289-2.
7. Eilermann M., Post C., Radatz H., Bramsiepe C., Schembecker G. A general approach to module-based plant design // Chemical Engineering Research and Design. 2018. Vol. 137. P. 125–140. DOI: 10.1016/j.cherd.2018.06.039.
8. Lameche K., Najid N. M., Castagna P., Kouiss K. Modularity in the design of reconfigurable manufacturing systems // IFAC-Papers OnLine. 2017. Vol. 50. No. 1. P. 3511–3516. DOI: 10.1016/j.ifacol.2017.08.939.
9. Adamietz R., Giesen T., Mayer P., Johnson A., Bibb R., Seifarth C. Reconfigurable and transportable container-integrated production system // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 2018. Vol. 53. P. 1–20. DOI: 10.1016/j.rcim.2018.02.008.
10. Лившиц В. Н. Основы системного мышления и системного анализа. М.: Институт экономики РАН, 2013. 54 с.
11. Винограй Э. Г. Учет системных закономерностей в инженерном мышлении и проектировании // Социогуманитарный вестник. 2014. № 1. С. 141–154.
12. Wasson C. S. System engineering analysis, design, and development: concepts, principles, and practices. John Wiley & Sons, 2015. 818 p.

13. Kampker A., Burggraf P., Krunke M., Voet H. Deficits and solutions in the development of modular factory systems // *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*. 2015. Vol. 9. No. 11. P. 2025–2030.
14. O'Connor J. T., O'Brien W. J., Choi J. O. Standardization strategy for modular industrial plants // *Journal of Construction Engineering and Management*. 2015. Vol. 141. No. 9. P. 04015026.
15. Rossi F., Arfelli S., Hu S. J., Tolio T. A. M., Freiheit T. A systematic methodology for the modularization of manufacturing systems during early design // *Flexible Services and Manufacturing Journal*. 2019. Vol. 31. P. 945–988.
16. Baldea M., Edgar T. F., Stanley B. L., Kiss A. A. Modular manufacturing processes: status, challenges, and opportunities // *AIChE journal*. 2017. Vol. 63. No. 10. P. 4262–4272. DOI: 10.1002/aic.15872.
17. Fox S. Moveable factories: how to enable sustainable widespread manufacturing by local people in regions without manufacturing skills and infrastructure // *Technology in Society*. 2015. Vol. 42. P. 49–60.
18. Lier S., Worsdorfer D., Grunewald M. Transformable production concepts: flexible, mobile, decentralized, modular, fast // *ChemBioEng Reviews*. 2016. Vol. 3. No. 1. P. 16–25.
19. Worsdorfer D., Lier S., Crasselt N. Real options-based evaluation model for transformable plant designs in the process industry // *Journal of manufacturing systems*. 2017. Vol. 42. P. 29–43.
20. Levin M. S. Note on decision support platform for modular systems // *Информационные процессы*. 2019. Vol. 19. No. 2. P. 132–141.
21. Lohtander M., Aholainen A., Volotinen J., Peltokoski M., Ratava J. Location independent manufacturing – case-based blue ocean strategy // *Procedia Manufacturing*. 2017. Vol. 11. P. 2034–2041. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.07.355.
22. Peltokoski M., Lohtander M., Volotinen J. Rationality determination of nautical miles in the LIM concept // *Proceedings of the 26th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM, 2016*. P. 1–8.
23. Модульные заводы: практические решения // *Комбикорма*. 2016. № 7–8. С. 28–34.

References

1. Afanasev V. A. Status and key trends in the development of combikormum industry of Russia // *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2018. No. 51. P. 155–160.
2. Syrovatka V. I., Zhdanova N. V. Innovative machine technologies and technical facilities of mixed fodders production // *Innovations in agriculture*. 2018. No. 2 (27). P. 272–277.
3. Generalova E. M., Generalov V. P., Kuznetsova A. A. Modular buildings in modern construction // *Procedia engineering*. 2016. Vol. 153. P. 167–172.
4. Endzelis J., Dauksys M. Comparison between modular building technology and traditional construction // *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*. 2018. Vol. 2. No. 23. P. 86–95. DOI: 10.5755/j01.sace.23.2.21579.
5. Jiang Z., Wang H., Tian Q., Guo W. Co-design of supply chain network and subassembly planning considering the reconfiguration of supply chain structure for factory-in-a-box manufacturing // *ASME 2018 13th International Manufacturing Science and Engineering Conference*. American Society of Mechanical Engineers, 2018. P. V003T02A015. DOI: 10.1115/MSEC2018-6691.
6. Shaik A. M., Rao V. V. S. K., Rao C. S. Development of modular manufacturing systems – a review // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2015. Vol. 76. No. 5-8. P. 789–802. DOI: 10.1007/s00170-014-6289-2.
7. Eilermann M., Post C., Radatz H., Bramsieve C., Schembecker G. A general approach to module-based plant design // *Chemical Engineering Research and Design*. 2018. Vol. 137. P. 125–140. DOI: 10.1016/j.cherd.2018.06.039.
8. Lameche K., Najid N. M., Castagna P., Kouiss K. Modularity in the design of reconfigurable manufacturing systems // *IFAC-Papers OnLine*. 2017. Vol. 50. No. 1. P. 3511–3516. DOI: 10.1016/j.ifacol.2017.08.939.
9. Adamietz R., Giesen T., Mayer P., Johnson A., Bibb R., Seifarth C. Reconfigurable and transportable container-integrated production system // *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2018. Vol. 53. P. 1–20. DOI: 10.1016/j.rcim.2018.02.008.
10. Livshits V. N. Fundamentals of system thinking and system analysis. Moscow: Institute of economy of RAS, 2013. 54 p.
11. Vinogray E. G. The accounting of system regularities in engineering thinking and design // *Sotsiogumanitarnyy vestnik*. 2014. No. 1. P. 141–154.
12. Wasson C. S. System engineering analysis, design, and development: Concepts, principles, and practices. John Wiley & Sons, 2015. 818 p.
13. Kampker A., Burggraf P., Krunke M., Voet H. Deficits and solutions in the development of modular factory systems // *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*. 2015. Vol. 9. No. 11. P. 2025–2030.
14. O'Connor J. T., O'Brien W. J., Choi J. O. Standardization strategy for modular industrial

- plants // Journal of Construction Engineering and Management. 2015. Vol. 141. No. 9. P. 04015026.
15. Rossi F., Arfelli S., Hu S. J., Tolio T. A. M., Freiheit T. A systematic methodology for the modularization of manufacturing systems during early design // Flexible Services and Manufacturing Journal. 2019. Vol. 31. P. 945–988.
 16. Baldea M., Edgar T. F., Stanley B. L., Kiss A. A. Modular manufacturing processes: status, challenges, and opportunities // AIChE journal. 2017. Vol. 63. No. 10. P. 4262–4272. DOI: 10.1002/aic.15872.
 17. Fox S. Moveable factories: how to enable sustainable widespread manufacturing by local people in regions without manufacturing skills and infrastructure // Technology in Society. 2015. Vol. 42. P. 49–60.
 18. Lier S., Worsdorfer D., Grunewald M. Transformable production concepts: flexible, mobile, decentralized, modular, fast // ChemBioEng Reviews. 2016. Vol. 3. No. 1. P. 16–25.
 19. Worsdorfer D., Lier S., Crasselt N. Real options-based evaluation model for transformable plant designs in the process industry // Journal of manufacturing systems. 2017. Vol. 42. P. 29–43.
 20. Levin M. S. Note on decision support platform for modular systems // Information processes. 2019. Vol. 19. No. 2. P. 132–141.
 21. Lohtander M., Aholainen A., Volotinen J., Peltokoski M., Ratava J. Location independent manufacturing – case-based blue ocean strategy // Procedia Manufacturing. 2017. Vol. 11. P. 2034–2041. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.07.355.09.
 22. Peltokoski M., Lohtander M., Volotinen J. Rationality determination of nautical miles in the LIM concept // Proceedings of the 26th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM 2016. P. 1–8.
 23. Modular plants: practical decisions // Kombikorma. 2016. No. 7–8. P. 28–34.

UDC 636.085.55+721.013

Braginets S. V., Bakhchevnikov O. N., Khlystunov V. F.

INTEGRATION OF MODULAR PROCESSING LINES INTO COMPOSITION OF OPERATING SMALL-SCALE FORMULA-FEED PLANTS

Summary. *In Russia, small-scale formula-feed plants do not use progressive manufacturing operations and hardware. There is, therefore, a need to offer the technical and organizational solutions creating an opportunity quickly and without the long-term interruption of production to integrate new processing lines into the composition of small-scale formula-feed plants. Prefabricated buildings based on a steel frame are optimum for placement of new processing lines. The new processing line is created as a modular structure, the components of which are modules with the dimensions of a standard cargo container, inside which the equipment is installed. The research is aimed at developing methods for modular processing lines integration into the composition of operating small-scale formula-feed plants. Formation of the modular line for a small-scale formula-feed plant is made on the basis of its process chart, while the structure of the line corresponds to the structure of the process chart. The modular processing line is created from modules fully completed by the manufacturer and ready for operation. Based on the work carried out, we concluded that the more efficient form of a modular processing line is a tower, the floors of which are modules. Modular processing lines of careful raw materials preparation and formula-feed processing can be integrated into the composition of operating small-scale formula-feed plant. The prefabricated building of an additional processing line is placed near the main production building of the existing formula-feed plant. The new modular line is connected by transport machines to bunkers for the operational storage of raw materials and ready-made products. The introduced method of modular processing lines integration into the composition of operating small-scale formula-feed plants will allow solving a problem of rapid implementation of new technical and technology solutions in the production of such enterprises.*

Keywords: *formula-feed plant, modular processing line, module, integration, formula-feed manufacturing, formula-feed, raw material preparation.*

Брагинец Сергей Валерьевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела переработки продукции растениеводства, структурное подразделение «СКНИИМЭСХ», ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14; e-mail: sbraginet@mail.ru.

Бахчевников Олег Николаевич, кандидат технических наук, научный сотрудник отдела переработки продукции растениеводства, структурное подразделение «СКНИИМЭСХ», ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14; e-mail: oleg-b@list.ru.

Хлыстунов Виктор Федорович, доктор технических наук, ученый секретарь структурного подразделения «СКНИИМЭСХ», ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”», 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14; e-mail: vniptim@gmail.com.

Braginets Sergey Valerievich, Cand. Sc. (Tech.), leading researcher of the Department of vegetable feedstock processing, structural unit SKNIIMESH, SSE “Agricultural research center «Donskoy»”; 14, Lenina str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: braginet@mail.ru.

Bakhchevnikov Oleg Nikolayevich, Cand. Sc. (Tech.), researcher of the Department of vegetable feedstock processing, structural unit SKNIIMESH, SSE “Agricultural research center «Donskoy»”; 14, Lenina str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: oleg-b@list.ru.

Khlystunov Viktor Fedorovich, Dr. Sc. (Tech.), academic secretary of structural unit SKNIIMESH, SSE “Agricultural research center «Donskoy»”; 14, Lenina str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: vniptim@gmail.com.

Дата поступления в редакцию – 14.07.2020.

Дата принятия к печати – 01.10.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-20-28

УДК 631.22; 637.115

Вторый В. Ф., Второй С. В.

МЕТОД ДИАГНОСТИКИ ДООИЛЬНЫХ УСТАНОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

Реферат. Доение – один из важнейших технологических процессов, при выполнении которого происходит непосредственный контакт живого организма коровы с машиной. Несоблюдение условий благоприятного взаимодействия этих двух разных систем приводит к заболеваниям коров, снижению их продуктивности и качества молока и, как следствие, к низкой эффективности производства. Цель исследований – разработка метода диагностики доильных установок с использованием цифровых технологий, позволяющего в реальном времени выявлять нарушения режимов в работе доильных установок, их агрегатов и узлов в процессе эксплуатации. Объектом исследований являются машинные технологии доения коров и закономерности эффективного функционирования технических средств их обеспечения. Методологическую основу исследований составили методы системного и структурного анализа. Методика исследований основана на использовании анализа научных изданий, передового опыта, перспективных технологий и техники на базе цифровых систем мониторинга параметров и управления процессом доения. Разработан метод контроля технического состояния процесса доения с использованием коэффициента стабильности вакуума K . Проведены исследования в условиях действующей молочно-товарной фермы на 200 коров с использованием двухканального переносного электронного устройства для записи параметров процесса доения. Они показали, что коэффициенты стабильности вакуума для линий доильной установки составили $K^n = 0,985–0,989$ при допустимом $K^n_{min} \geq 0,962–0,963$. Для отдельных точек вакуумпроводов и молокопроводов доильной установки коэффициенты составили $K^m = 0,991–0,961$ при $K^m_{min} \geq 0,978–0,977$. Полученные результаты свидетельствуют о том, что вакуумметрическое давление в вакуумной и молочной линиях относительно стабильно в пределах нормативных значений. В то же время существует нестабильность вакуумметрического давления в отдельных точках трубопроводов доильной установки. Необходимо уделить особое внимание этим участкам при техническом обслуживании. Апробация метода подтвердила его практическую значимость.

Ключевые слова: корова, доильная установка, цифровые технологии, метод, вакуумметрическое давление, диагностика.

Введение

Молоко сельскохозяйственных животных и особенно крупного рогатого скота является важным источником необходимых питательных веществ для человека. В то же время производство молока – это сложный технологический процесс, в котором взаимосвязаны две принципиально разных системы: техническая (машины, оборудование) и биологическая (животное, корова), совокупность которых можно обозначить как биотехническую систему.

Основным технологическим процессом, где непосредственно взаимодействуют машина и животное, является доение. Несоблюдение правил доения ведет к необратимым отрицательным нарушениям здоровья животных снижению их продуктивности. Поэтому контроль процесса доения, своевременное

выявление и устранение сбоев в работе доильного оборудования является важной составляющей обеспечения эффективности производства молока [1].

Современное молочное животноводство характеризуется высокой интенсивностью использования коров. Это способствует снижению сроков продуктивного использования животных. На молочных комплексах с высокой продуктивностью коров выбраковывают через 2,5–3,0 лактации.

Одной из основных причин этого являются заболевания вымени коровы и в первую очередь маститом. Доля маститных коров в стаде может достигать 25–27 %, а снижение продуктивности – 10–25 % [2].

Мастит появляется, в том числе из-за несоблюдения режимов доения, стабильности вакуума в доильных установках. Это можно объяснить возникновением технических неисправностей, связанных с износом вакуумных насосов, регуляторов, вакуумных и молочных трубопроводов, нарушением регулировок в различных устройствах доильных установок [3].

Использование достижений в области информационных технологий создают возможность разработки автоматизированной системы мониторинга процесса доения с оценкой показателей состояния и качества выполнения технологических операций, позволяющих выявить причины отклонения показателей от нормативных, а также оценить последствия таких изменений, определить необходимые меры по устранению имеющихся или прогнозируемых нарушений, минимизировать или исключить ущерб [4, 5].

Параметры и режимы работы доильных установок носят вероятностно-статистический характер. По известным соотношениям и статистическим характеристикам на основе системы алгоритмов контроля технического состояния и технологических параметров доильной установки составляется математическая модель ее функционирования. Поэтому разработка метода диагностики доильных систем с использованием современных измерительных комплексов параметрических показателей процесса доения является важной задачей [6, 7].

Цель исследований – разработать метод диагностики доильных установок с использованием цифровых технологий, позволяющий в режиме реального времени выявлять нарушения режимов в работе доильных установок, их агрегатов и узлов в процессе эксплуатации.

Материалы и методы исследований

Объектом исследований за период 2015–2019 гг. являлись машинные технологии доения коров и закономерности эффективного функционирования технических средств их обеспечения в сельхозпредприятиях Ленинградской области.

Методологическую основу исследований составили методы системного и структурного анализа. Методика исследований основана на использовании аналитического обзора научных периодических изданий, технических справочников и каталогов, публикаций передового опыта, материалов и каталогов отечественных и зарубежных выставок перспективных технологий и техники для доения коров, цифровых систем мониторинга и измерения параметров процессов, а также управления доильными установками. Это позволило уточнить закономерности, определить основные принципы эффективного функционирования и разработать метод диагностики доильных установок.

Материалы опытно-производственных исследований обрабатывали с использованием методов математической статистики и пакета компьютерных программ на базе Excel [8].

Результаты и их обсуждение

Основными в процессе доения являются операции по созданию необходимого вакуумметрического давления от вакуумного насоса до соска вымени коровы, извлечение и транспортировка молока от коровы до пункта первичной очистки, охлаждения и хранения до отгрузки потребителю. При выполнении процесса доения необходимо обеспечить требования завода-изготовителя технологического оборудования и государственного стандарта, в котором указано, что подсос воздуха в трубопроводах должен быть не более 20 л/мин. Разница вакуумметрического давления в вакуумпроводе – не более 2,5 кПа, молокопроводе – не более 3 кПа при работе всех доильных аппаратов [9].

Результаты проведенных исследований позволили определить основные принципы построения системы технологического мониторинга доильно-молочных систем на фермах КРС (крупного рогатого скота) [10].

В общем виде система диагностики доильной установки состоит (рисунок 1) из блоков параметрических датчиков 4, 6 и 8, с которых информация в режиме реального времени поступает и обрабатывается устройством 9, после чего сохраняется в базе данных 10 и отображается на дисплее оператора 11.

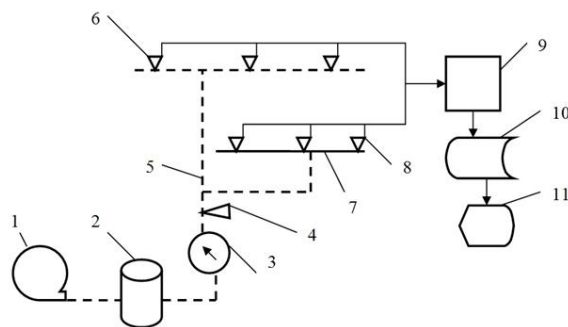


Рисунок 1 – Принципиальная схема доильной установки с датчиками

Примечание. 1 – вакуумный насос; 2 – ресивер; 3 – вакуумный регулятор; 4 – датчик вакуумного регулятора; 5 – вакуумпровод; 6 – блок датчиков на вакуумпроводе; 7 – молокопровод; 8 – блок датчиков на молокопроводе; 9 – устройство обработки данных; 10 – база данных; 11 – дисплей оператора.

Метод контроля технического состояния процесса доения позволяет зафиксировать рабочие значения таких параметров как величины, характера, частоты изменения вакуумметрического давления в вакуумной и молочной системах доильной установки с целью их дальнейшего анализа.

Основными контролируемыми параметрами являются вакуумметрическое давление вакуумпровода P_v кПа и молокопровода P_m кПа за определенный промежуток времени. Необходимым условием выполнения качественного процесса доения является обеспечение заданных параметров вакуумметрического давления с минимальными его отклонениями от нормативных. Это определяет коэффициент стабильности вакуума K , определяемого по формулам 1–3.

$$K = \frac{\bar{P} - \sigma}{\bar{P}}, \quad (1)$$

где \bar{P} – среднее значение вакуумметрического давления за определенный временной промежуток, кПа;

σ – средеквадратическое отклонение вакуумметрического давления за определенный временной промежуток, кПа.

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i, \quad (2)$$

где P_i – значение вакуумметрического давления при i -том измерении, кПа;
 n – количество измерений, ед.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2} \quad (3)$$

С учетом требований ГОСТ 28545-90 минимально допустимое значение коэффициента стабильности вакуума K_{min}^J для линии рассчитывается по выражению 4, для точки замера K_{min}^T – по выражению 5.

$$K_{min}^J = 0,0008 \bar{P} + 0,928 \quad (4)$$

$$K_{min}^T = 0,0006 \bar{P} + 0,952 \quad (5)$$

Так, коэффициент стабильности вакуума при среднем вакуумметрическом давлении $\bar{P} = 45$ кПа составит 0,964 для линии K_{min}^J , а точки $K_{min}^T = 0,979$.

Апробацию метода проводили в условиях действующей молочно-товарной фермы на 200 коров с привязным содержанием с доильной установкой АДМ-8-200, имеющей две линии, на 100 коров каждая. Доильная установка содержит водокольцевые вакуумные насосы, вакуумрегуляторы, стрелочные вакуумметры, доильные аппараты с коллекторами и пневматическими пульсаторами попарного доения InterPuls L02. Она оснащена системой промывки, сбора и хранения молока.

Параметры процесса доения фиксировали двухканальным переносным электронным устройством, позволяющим фиксировать величину изменения вакуумметрического давления с временным интервалом от 0,1 с до 10 мин для любого типа доильных установок с дальнейшей обработкой полученных результатов на компьютере. При проведении измерений существует возможность визуального контроля текущих параметров. Измерения проводили в восьми точках вакуумпровода и молокопровода каждой линии.

В процессе исследований установлено, что вакуумметрическое давление в линиях доильной установки находится в допустимых пределах. Отклонения составляют на первой линии около ± 1 кПа, на второй линии – $\pm 1,5$ – $1,6$ кПа (рисунок 2, 3). Пониженный вакуум наблюдался на первой линии, что можно объяснить большей удаленностью от вакуумного насоса и подсосами воздуха в кранах для подключения доильных аппаратов.

На линии 1 доильной установки (рисунок 2) при среднем вакуумметрическом давлении в вакуумпроводе $\bar{P}_в = 42,7$ кПа минимальное значение составило 41,8 кПа, а максимальное значение – 43,4 кПа. Коэффициент стабильности вакуума составил $K_{в}^J = 0,989$ при минимально допустимом значении $K_{min}^J = 0,962$. В молокопроводе при среднем вакуумметрическом давлении $\bar{P}_м = 41,4$ кПа его значения изменялись от 40,5 до 42,2 кПа. Коэффициент стабильности вакуума составил $K_{м}^J = 0,987$ при минимально допустимом значении $K_{min}^J = 0,961$.

На линии 2 доильной установки (рисунок 3) при среднем вакуумметрическом давлении в вакуумпроводе $\bar{P}_в = 44,0$ кПа минимальное значение составило 42,1 кПа, а максимальное значение – 45,4 кПа. Коэффициент стабильности вакуума составил $K_{в}^J = 0,985$ при минимально допустимом значении $K_{min}^J = 0,963$. В молокопроводе при среднем вакуумметрическом давлении $\bar{P}_м = 42,7$ кПа его значения изменялись от 40,9 до 44,0 кПа. Коэффициент стабильности вакуума составил $K_{м}^J = 0,977$ при минимально допустимом значении $K_{min}^J = 0,962$.

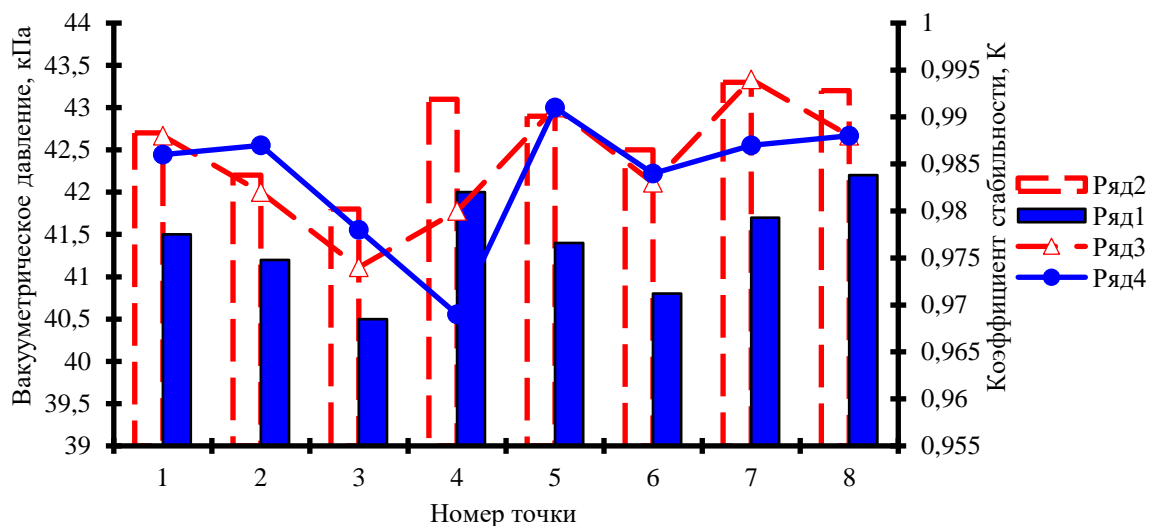


Рисунок 2 – Вакуумметрическое давление и коэффициент стабильности вакуума в линии 1

Примечание. ряд 1 – вакуумметрическое давление (кПа) в молокопроводе; ряд 2 – вакуумметрическое давление (кПа) в вакуумпроводе; ряд 3 – коэффициент стабильности вакуума в вакуумпроводе; ряд 4 – коэффициент стабильности вакуума в молокопроводе.

Результаты исследований вакуумпровода и молокопровода показывают, что минимальные и максимальные значения вакуумметрического давления в них не превышают допустимых значений и вакуумметрическое давление в вакуумной и молочной линиях относительно стабильно также в пределах нормативных значений.

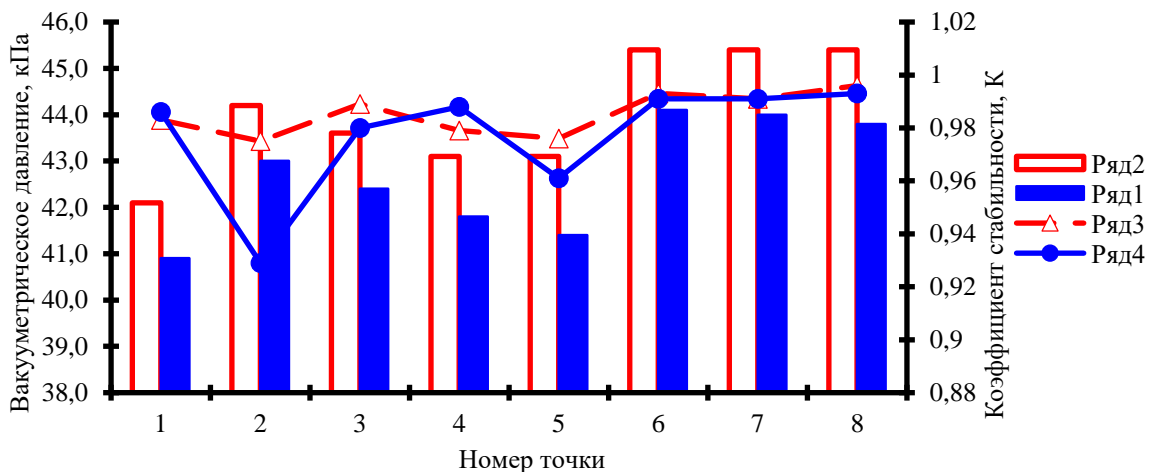


Рисунок 3 – Вакуумметрическое давление и коэффициент стабильности вакуума в линии 2

Примечание. ряд 1 – вакуумметрическое давление (кПа) в молокопроводе; ряд 2 – вакуумметрическое давление (кПа) в вакуумпроводе; ряд 3 – коэффициент стабильности вакуума в вакуумпроводе; ряд 4 – коэффициент стабильности вакуума в молокопроводе.

На рисунках 4 и 5 представлены графики изменения вакуумметрического давления в точках 5, соответствующих точкам, показанным на рисунках 2 и 3.

В точке 5 линии 1 доильной установки (рисунок 4) за период измерений вакуумметрическое давление в вакуумпроводе имело значения от 42,7 кПа до

43,4 кПа при среднем значении 42,9 кПа и коэффициенте стабильности вакуума $K^T_{\text{в}} = 0,991 > K^T_{\text{мин}} = 0,978$. В молокопроводе вакуумметрическое давление изменялось от 41,0 до 41,7 кПа при среднем значении 41,4 кПа и коэффициенте стабильности вакуума $K^T_{\text{м}} = 0,991 > K^T_{\text{мин}} = 0,977$, что свидетельствует о стабильности процесса в данной точке.

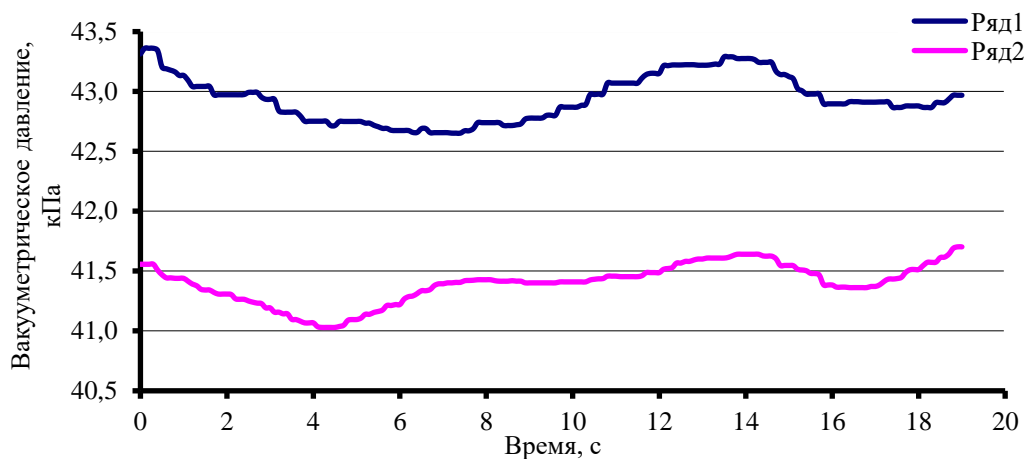


Рисунок 4 – Изменение вакуумметрического давления в точке 5 линии 1

Примечание. ряд 1 – изменение вакуумметрического давления (кПа) в вакуумпробод; ряд 2 – изменение вакуумметрического давления (кПа) в молокопроводе.

В точке 5 линии 2 доильной установки (рисунок 5) за период измерений вакуумметрическое давление в вакуумпробод имело значения от 42,4 кПа до 44,4 кПа при среднем значении 41,3 кПа и коэффициенте стабильности вакуума $K^T_{\text{в}} = 0,976 < K^T_{\text{мин}} = 0,978$. В молокопроводе вакуумметрическое давление изменялось от 39,6 до 42,8 кПа при среднем значении 41,4 кПа и коэффициенте стабильности вакуума $K^T_{\text{м}} = 0,961 < K^T_{\text{мин}} = 0,977$.

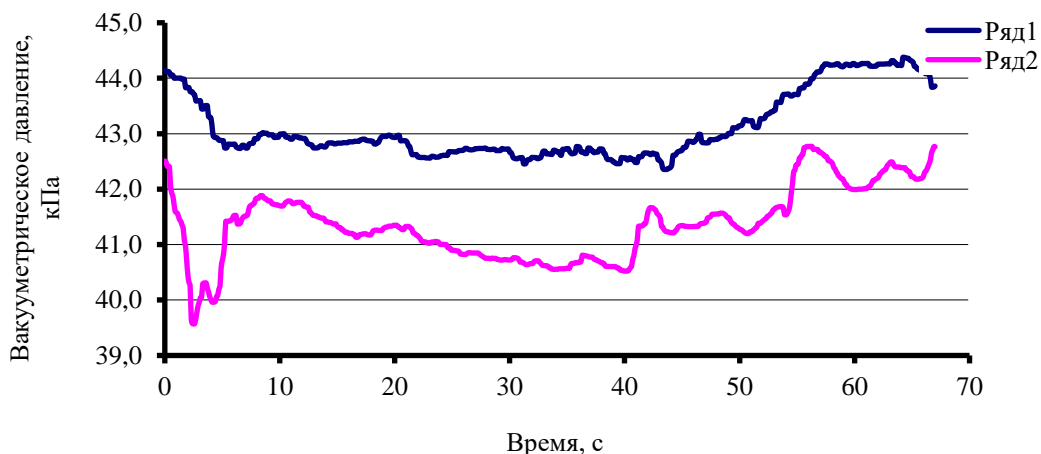


Рисунок 5 – Изменение вакуумметрического давления в точке 5 линии 2

Примечание. ряд 1 – изменение вакуумметрического давления (кПа) в вакуумпробод; ряд 2 – изменение вакуумметрического давления (кПа) в молокопроводе.

Полученные данные свидетельствует о нестабильности вакуумметрического давления в точке 5 линии 2 доильной установки и требуют к этому участку особого внимания и дополнительного контроля технического состояния и обслуживания.

Выводы

Разработанный метод диагностики доильных установок с использованием цифровых систем мониторинга для измерения параметров и режимов работы доильных систем в процессе доения обеспечивает своевременный контроль и выявление нарушений технологии, что способствует своевременному устранению неисправностей оборудования.

Основу метода составляет контроль технического состояния процесса доения с фиксацией в электронном виде рабочих значений, характера и частоты изменения вакуумметрического давления с дальнейшим компьютерным анализом, определением коэффициента стабильности вакуума и соответствия его минимально допустимым значениям, определяемым по предложенным зависимостям.

Апробация метода в условиях молочно-товарной фермы крупного рогатого скота показала, что коэффициенты стабильности вакуума для линий доильной установки составляют $K^1 = 0,985-0,989$ при допустимых значениях $K^1_{\min} \geq 0,962-0,963$, что свидетельствует о стабильности вакуума в линиях. В отдельных точках вакуумпроводов и молокопроводов доильной установки коэффициенты имели значения $K^T = 0,991-0,961$ при $K^T_{\min} \geq 0,978-0,977$, что свидетельствует о нестабильности вакуума в ряде точек. В этом случае требуется техническое обслуживание этого оборудования.

Литература

1. Вторый В. Ф., Вторый С. В. Автоматизированный контроль режима работы доильных установок // Сборник докладов XII Международной научно-технической конференции «Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем». Ч. 2. М: ВИМ, 2012. С. 662–666.
2. Ивашкевич О. П., Богущ А. А., Иванов В. Е., Лучко И. Т. Проблема мастита у коров на современных молочных комплексах // Материалы XVI Международного симпозиума по машинному доению сельскохозяйственных животных. Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2012. С. 315–318.
3. Климов Н. Т. Профилактика мастита у коров при машинном доении // Труды XIV Международного симпозиума по машинному доению сельскохозяйственных животных. Углич, 2008. С. 398–402.
4. Вторый В. Ф., Вторый С. В. Система технологического мониторинга производства молока на ферме КРС // Вестник ВНИИМЖ. 2012. № 2(6). С. 20–25.
5. Вторый В. Ф., Вторый С. В., Папушин Э. А. Технологический мониторинг доильных установок: монография. Варшава: Институт технологических и естественных наук в Фолентах, 2012. С. 283–285.
6. Кирсанов В. В. Метод комплексной диагностики доильной установки как сложной биотехнической системы // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 124. № 1. С. 96–101.
7. Reinemann D. J., Mein G. A., Ruegg P. L., Evaluating milking machine performance. [Oral report] // Milking Research and Instruction Lab Paper presented at the VII International Congress on Bovine Medicine University of Wisconsin. Madison, Oviedo, Asturias, Spain. 2001.
8. Валге А. М. Использование систем Excel и Mathcad при проведении исследований по механизации сельскохозяйственного производства (методическое пособие). СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2013. 200 с.
9. ГОСТ 28545-90 (ИСО 5707-83). Установки доильные. Конструкция и техническая характеристика. М.: Издательство стандартов, 1997. 28 с.
10. Вторый С. В., Вторый В. Ф. Алгоритм управления машинным доением коров // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. № 1 (94). С. 134–143. DOI: 10.24411/0131-5226-2018-10020.

References

1. Vtoryi V. F., Vtoryi S. V. Automated control of the operating mode of milking machines // Collection of reports of XII International Scientific and Technical Conference “Modernization of agricultural production based on innovative machine technologies and automated systems”. Part 2. Moscow: All-Union Research Institute of Agricultural Mechanization, 2012. P. 662–666.

2. Ivashkevich O. P., Bogush A. A., Ivanov V. E., Luchko I. T. The problem of mastitis in cows in modern dairy complexes // Materials of XVI International Symposium on machine milking of farm animals. Minsk: Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization, 2012. P. 315–318.
3. Klimov N. T. Prevention of mastitis in cows under conditions of machine milking // Proceedings of XIV International Symposium on machine milking of farm animals. Uglich, 2008. P. 398–402.
4. Vtoryi V. F., Vtoryi S. V. System technology production monitoring milk on the farm cattle // Journal of VNIIMZH. 2012. No. 2(6). P. 20–25.
5. Vtoryi V. F., Vtoryi S. V., Papushin E. A. Technological monitoring of milking machines: monograph. Warsaw: Institute of Technology and Life Sciences (ITP) in Falenty, 2012. P. 283–285.
6. Kirsanov V. V. A method for the comprehensive diagnosis of a milking unit as a complex biotechnological system // Transactions of GOSNITI. 2016. Vol. 124. No. 1. P. 96–101.
7. Reinemann D. J., Mein G. A., Ruegg P. L. Evaluating milking machine performance. [Oral report] // Milking Research and Instruction Lab Paper presented at the VII International Congress on Bovine Medicine University of Wisconsin. Madison, Oviedo, Asturias, Spain, 2001.
8. Valge A. M. Application of Excel and Mathcad in investigations associated with mechanization of agricultural production. Saint Petersburg: North-West Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture of the Russian Academy of Agricultural Sciences, 2013. 200 p.
9. GOST 28545-90 (ISO 5707-83). Milking machine installations. Construction and performance. Moscow: Publishing house of standards, 1997. 28 p.
10. Vtoryi S. V., Vtoryi V. F. Control algorithm of machine milking of cows // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva. 2018. No. 1(94). P. 134–143. DOI: 10.24411/0131-5226-2018-10020.

UDC 631.22; 637.115

Vtoryi V. F., Vtoryi S. V.

DIAGNOSTIC METHOD OF MILKING SYSTEMS USING DIGITAL TECHNOLOGIES

Summary. Milking is one of the essential technological processes when the direct contact of the cow living organism with the machine takes place. Failure to comply with the requirements of favourable interaction between these two different systems leads to cow diseases, lower productivity and milk quality, and, consequently, poorer production efficiency. The purpose of the study was to develop a method for the diagnostics of milking systems using digital technologies, which would allow the real-time detecting of operational disturbances of milking machines, their units, and blocks. The study object was machine milking of cows and the effective functioning of equipment. The methodological basis of the study was the methods of systemic and structural analysis. The study methodology included the survey of scientific publications, best practices, promising technologies and equipment based on digital systems for parameter monitoring and milking controlling. A method was developed for monitoring the technical status of the milking process using the vacuum stability coefficient K . Investigations were carried out on an operating dairy farm for 200 cows using a two-channel portable electronic device for recording the milking process parameters. They showed that the vacuum stability coefficients for the milking unit lines were $K^l = 0.985–0.989$ with an acceptable $K^l_{min} = 0.962–0.963$. For individual points of the vacuum lines and milk lines of the milking unit, the coefficients were $K^l = 0.991–0.961$ with $K^l_{min} = 0.978–0.977$. The results obtained indicated that the vacuum gauge pressure in the vacuum and milk lines was relatively stable within the standard value range. At the same time, there was the instability of vacuum pressure at individual points in the pipelines of the milking unit. Special attention must be paid to these areas during maintenance. Testing of the method proved its practical significance.

Keywords: cow, milking system, digital technology, methods, vacuum gauge pressure, diagnostics.

Вторый Валерий Федорович, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»; 196625, г. Санкт-Петербург–Павловск, Филътровское шоссе, 3; e-mail: vvtoryj@yandex.ru.

Вторый Сергей Валерьевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»; 196625, г. Санкт-Петербург–Павловск, Филътровское шоссе, 3; e-mail: 2vt_1981@list.ru.

Vtoryi Valerii Fedorovich, Dr. Sc. (Tech.), chief researcher, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM” (IEEP – branch of FSAC VIM); 3, Filtrovskoe Shosse, village of Tiarlevo, Saint-Petersburg, 196625, Russia; e-mail: vvtoryj@yandex.ru.

Vtoryi Sergei Valerievich, Cand. Sc. (Tech.), senior researcher, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM” (IEEP – branch of FSAC VIM); 3, Filtrovskoe Shosse, village of Tiarlevo, Saint-Petersburg, 196625, Russia; e-mail: 2vt_1981@list.ru.

Дата поступления в редакцию – 29.06.2020.

Дата принятия к печати – 12.10.2020

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-29-41

УДК 631/635:632.08:633.1

Гулянов Ю. А.

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И ПЕРСПЕКТИВ РОСТА УРОЖАЙНОСТИ В ПОСТЦЕЛИННЫХ РЕГИОНАХ УРАЛА И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

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.** Определение биоклиматического потенциала земледельческих территорий необходимо для оценки полноты его использования и разработки высокоэффективных зональных ресурсосберегающих систем земледелия. Цель исследований заключалась в оценке современных биоклиматических ресурсов постцелинных регионов Урала и Западной Сибири, определении уровней климатически обеспеченной урожайности, выявлении лимитирующих факторов и резервов роста продуктивности полевых агроценозов. Объектом исследований выступали данные о температуре воздуха, уровне выпадения атмосферных осадков, дефиците влажности воздуха и урожайности зерновых культур за период с 1990 по 2019 г. в основных постцелинных территориях Оренбургской, Курганской, Омской областей и Алтайского края. Сравнительную оценку биологической продуктивности исследуемых территорий проводили по методике Д. И. Шашко в баллах относительно средней продуктивности. Установлено, что хозяйственная урожайность зерновых культур в анализируемых регионах сегодня значительно ниже потенциальной (расчётной по биоклиматическому потенциалу (БКП)). Даже при самой высокой урожайности зерна в Курганской и Омской областях на уровне 1,36–1,75 т/га эффективность использования БКП составляет только 27–38 %. Основным лимитирующим урожайность климатическим фактором являются атмосферные осадки, ограниченный ресурс которых на фоне растущих сумм эффективных температур сопровождается ростом дефицитов влажности воздуха. Проведённые исследования позволили заключить, что при высокоэффективном использовании биоклиматических ресурсов в постцелинных регионах Урала и Западной Сибири в условиях современных природных и антропогенных изменений окружающей среды возможно значительное (в 2,0–2,5 раза) повышение урожайности зерновых культур относительно получаемого в производстве уровня. В качестве приоритетов при разработке адаптивных технологических схем наряду с тщательным соблюдением технологической дисциплины следует рассматривать направленные на более полное сохранение атмосферных осадков и эффективное расходование почвенной влаги технологические приёмы.*

***Ключевые слова:** постцелинные регионы, агроклиматические ресурсы, климатически обеспеченная урожайность, лимитирующие факторы, резервы роста.*

Введение

Определение биоклиматического потенциала территории возделывания сельскохозяйственных культур и оценку полноты его использования широко применяют при разработке зональных ресурсосберегающих систем земледелия.

По убеждению отечественных и зарубежных учёных, именно климатические факторы, важнейшими из которых являются условия влагообеспеченности и тепловой режим почвы и воздуха, определяют особенности земледельческих технологий. В их научных работах достаточно широко представлены результаты

исследований по выявлению зависимостей продуктивности зональных агроценозов от климатических факторов в различных территориях – регионах степной зоны РФ [1] и на равнинах Oltenia (Румыния) [2]. В Китае анализируют связь климатических условий с потребностями растений при выращивании продовольственных зерновых культур (пшеница, рис, кукуруза, соя) [3], а в Калифорнии (США) – при оценке влияния условий влагообеспеченности на растительное биоразнообразие [4]. Обосновывается необходимость разработки мероприятий, направленных на более полное и эффективное использование биоклиматических ресурсов в агротехнологиях Кулундинской равнины Алтайского края [5], земледельческой зоны Европейской части РФ [6], Южной Азии [7], Швейцарии [8], степных регионов России [9, 10]. В то же время, в большинстве природно-климатических зон РФ влияние климатических факторов на величину и качество урожая остаётся существенным, что указывает на недостаточную изученность обозначенных проблем на региональных уровнях [11]. Аналогичная ситуация складывается и в постцелинных земледельческих регионах Урала и Западной Сибири, о чём свидетельствуют относительно невысокие по сравнению с другими регионами степного пояса России показатели урожайности и валовые сборы полевых культур [12, 13].

В связи с этим реализуемые в представленном исследовании задачи, касающиеся анализа современных биоклиматических ресурсов и оценки перспектив роста урожайности полевых агроценозов в постцелинных земледельческих регионах Урала и Западной Сибири, достаточно актуальны, а полученные результаты имеют высокое практическое значение.

Цель исследований – оценка современных биоклиматических ресурсов, определение уровней климатически обеспеченной урожайности, выявление лимитирующих факторов и резервов роста продуктивности полевых агроценозов.

Для выполнения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

- изучить ресурсы тепло- и влагообеспеченности постцелинных земледельческих регионов Урала и Западной Сибири, проанализировать их динамику за предшествующий тридцатилетний период;
- составить современную гидротермическую характеристику исследуемых регионов по биоклиматическому потенциалу (БКП) территории;
- провести расчёт потенциальной (по БКП) урожайности зерновых культур и определить эффективность использования БКП в производстве по хозяйственной урожайности;
- определить связь потенциальной (по БКП) и хозяйственной урожайности зерновых культур с гидротермическими показателями территории, выявить лимитирующие урожайность климатические факторы;
- провести анализ полученных результатов и определить основные направления эффективного использования гидротермических ресурсов при земледельческом использовании территорий.

Материалы и методы исследований

Объектом исследований выступали сведения о температуре воздуха, уровне выпадения атмосферных осадков, дефиците влажности воздуха (среднесуточные, среднемесячные, среднегодовые) и урожайности зерновых культур за период с 1990 г. по 2019 г. в основных постцелинных территориях Оренбургской, Курганской, Омской областей и Алтайского края. Источником метеорологических сведений служили размещённые в свободном доступе специализированные массивы для климатических исследований Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных (ВНИИГМИ-МЦД) [14]. Для анализа гидротермических условий природно-

климатических зон Оренбургской области использовали данные метеостанции Оренбург (Центральная зона, синоптический индекс (СИ) – 35121) и Соль-Илецк (Южная зона, СИ – 35120), Курганской области – Звериноголовская (Южная лесостепная зона, СИ – 28756), Омской области – Русская Поляна (Степная зона, СИ – 28895) и Алтайского края – Славгород (Западно-Кулундинская зона, СИ – 29915). В качестве источника данных об урожайности зерновых культур использовали официальную статистическую информацию Федеральной службы государственной статистики, представленную в Единой межведомственной информационно-статистической системе РФ (ЕМИСС) [12] и сборниках «Регионы России. Социально-экономические показатели» [13].

Влияние тепло- и влагообеспеченности на продуктивность растений учитывали с помощью биоклиматического потенциала (БКП), рассчитываемого по формуле:

$$\text{БКП} = K_{p(ку)} \cdot \sum t > 10 \text{ } ^\circ\text{C} / 1000 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (1)$$

где БКП – относительная величина биоклиматического потенциала;

$K_{p(ку)}$ – коэффициент роста по годовому атмосферному увлажнению (КУ);

$\sum t > 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ – сумма активных (более $10 \text{ } ^\circ\text{C}$) температур периода вегетации, $^\circ\text{C}$.

Коэффициент годового атмосферного увлажнения (КУ) определяли путём деления годового количества осадков ($\sum P$, мм) на сумму среднесуточных дефицитов влажности воздуха ($\sum d$, гПа):

$$\text{КУ} = \sum P / (\sum d). \quad (2)$$

Для расчёта коэффициента роста ($K_{p(ку)}$), выражающего собой отношение урожайности при имеющейся влагообеспеченности к максимально возможной её величине при оптимальной влагообеспеченности, пользовались формулой:

$$K_{p(ку)} = \lg(20 \times \text{КУ}). \quad (3)$$

Сравнительную оценку биологической продуктивности исследуемых территорий проводили по методике Д. И. Шашко в баллах относительно средней продуктивности [11, 15]. Переход от БКП к баллам осуществляли исходя из условия, что средняя продуктивность зерновых культур в условиях дефицитного увлажнения соответствует значению БКП 1,9, которое приравнивали к 100 баллам [16], а балл БКП определяли умножением значения БКП на коэффициент пропорциональности 55 ($100 : 1,9$):

$$B_k = 55 \times \text{БКП}. \quad (4)$$

Оценку факторов роста и расчёт величин потенциальной урожайности зерновых культур ($\text{ПУ}_{\text{БКП}}$, т/га) вычисляли, условно принимая за эталон урожайность зерновых с биологическим потенциалом в богарных условиях 4,6 т/га, при КПД ФАР на уровне 2 % (15):

$$\text{ПУ}_{\text{БКП}} = \text{Ц}_б \times B_k, \quad (5)$$

где $\text{Ц}_б$ – цена балла, т/га.

Цену балла ($\text{Ц}_б$) определяли по формуле:

$$\text{Ц}_б = 0,10 + 0,8 \text{ КУ}(f), \quad (6)$$

где $\text{КУ}(f)$ – коэффициент увлажнения, в виде отношения годового количества осадков ($\sum P$) к испаряемости (f).

Статистический анализ экспериментальных данных проводили в Excel.

Результаты и их обсуждение

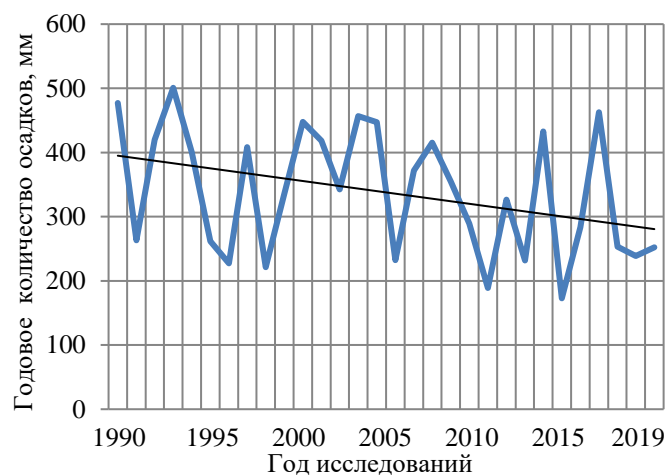
Оценка климата в сельскохозяйственных целях чаще всего предполагает анализ динамики выпадения осадков, термических и световых ресурсов, условий перезимовки растений, а также неблагоприятных для сельскохозяйственного производства гидротермических явлений [17–19].

В результате проведённых нами наблюдений установлено, что за анализируемый тридцатилетний промежуток времени (1990–2019 гг.) по количеству выпадающих атмосферных осадков практически во всех исследуемых территориях

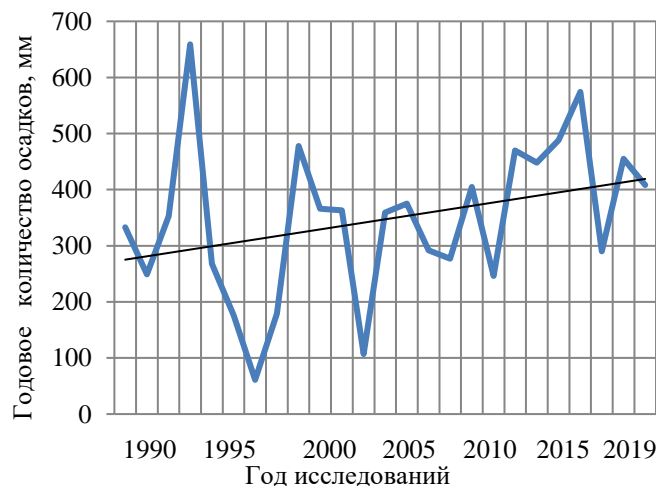
наметилась заметная динамика. Как и следовало ожидать, в связи с глобальным потеплением климата и повышением его засушливости в большинстве регионов их годовое количество сократилось – в Южной и Центральной природно-климатических зонах Оренбургской области, а также Западно-Кулундинской зоне Алтайского края.

При этом в отдельных регионах, при значительной вариации осадков в различные годы, их среднегодовое количество за анализируемый период осталось прежним (Степная зона Омской области) или даже выросло (Южная лесостепная зона Курганской области) (рисунок 1).

Так, самое значительное снижение количества осадков отмечено в Южной природно-климатической зоне Оренбургской области (рисунок 1 А). За последнее десятилетие (2010–2019 гг.) здесь выпало осадков на 93 мм (24,6 %) меньше, чем в предыдущее (2000–2009 гг.) и на 70 мм (19,7 %) меньше, чем в среднем за 1990–1999 гг. Следует отметить, что на указанной территории выявлена значительная степень варьирования осадков в различные годы. При коэффициенте вариации 29,0 % их количество изменялось от 500 мм в 1993 г., до 189 – в острозасушливом 2010 г.



А



Б

Рисунок 1 – Динамика годового количества осадков в Южной природно-климатической зоне Оренбургской области (А) и Южной лесостепной зоне Курганской области (Б) (1990–2019 гг.)

В Центральной зоне Оренбургской области при общей тенденции повышения засушливости климата сокращение количества атмосферных осадков оказалось менее выраженным. Так, за период с 2010 по 2019 г. в среднем за год выпало 336 мм осадков, что оказалось ниже, чем в предыдущее десятилетие на 53 мм (13,6 %) и на 22 мм (6,1 %) ниже, чем за период с 1990 по 1999 г.

В Западно-Кулундинской природно-климатической зоне Алтайского края, при меньшем, чем в Оренбуржье, годовом количестве атмосферных осадков, их динамика за анализируемый промежуток времени оказалась ещё менее выраженной. Их снижение в последнее десятилетие (2010–2019 гг.) по сравнению с предыдущим (2000–2009 гг.) составило только 24 мм (7,6 %) и 9 мм (2,9 %) – по сравнению с периодом 1990–1999 гг.

В наиболее благоприятной по количеству годовых атмосферных осадков Степной природно-климатической зоне Омской области (369 мм в год) за анализируемый тридцатилетний период времени выявлен их нулевой среднесуточный тренд. В данном регионе отмечается самая незначительная вариация годовых осадков, составляющая только 18 %.

В Южной лесостепной зоне Курганской области, где за анализируемый период времени в среднем за год фиксировали 341 мм атмосферных осадков, выявлена устойчивая тенденция к их росту (рисунок 1 Б) при самой низкой стабильности в отдельные годы. Так, в среднем за 2010–2019 гг. в указанной зоне выпало 406 мм осадков, что оказалось на 72 мм (21,5 %) выше, чем за предыдущее десятилетие (334 мм) и на 121 мм (42,4 %) – по сравнению с периодом 1990–1999 гг.

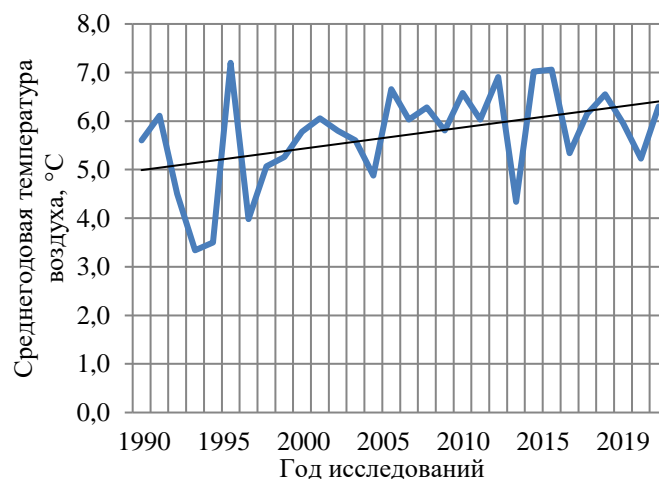
Анализ среднесуточных и среднегодовых температур воздуха позволил оценить термические ресурсы исследуемых территорий и выявить их динамику. Общим для всех регионов стало сохранение (Западно-Кулундинская зона Алтайского края) или повышение среднегодовой температуры, составившее 0,2 °С (Степная зона Омской и Южная лесостепная зона Курганской областей) – 1,3 °С (Южная и Центральная зоны Оренбургской области) (рисунок 2).

Заключая анализ термических ресурсов анализируемых территорий и условий увлажнения по количеству выпадающих атмосферных осадков, следует подчеркнуть, что при общей мировой тенденции потепления и нарастающей засушливости климата, в разрезе исследуемых постцелинных регионов Урала и Западной Сибири выявлены отдельные особенности. Так, в Степной природно-климатической зоне Омской области за последние тридцать лет (1999–2019 гг.) отмечается самое стабильное по годам количество атмосферных осадков при незначительном (на 0,2 °С) повышении среднегодовой температуры воздуха. Относительно стабильными остаются указанные метеорологические параметры и в Западно-Кулундинской зоне Алтайского края – при сохранявшейся стабильной среднегодовой температуре воздуха (3,0 °С) количество атмосферных осадков снизилось только на 20 мм. Напротив, значительное снижение количества атмосферных осадков при устойчивом нарастании среднегодовых температур (на 1,3 °С) отмечали в Южной и Центральной зонах Оренбургской области. А в Южной лесостепной зоне Курганской области при достаточно стабильной годовой температуре (+0,2 °С) наблюдали их значительный рост.

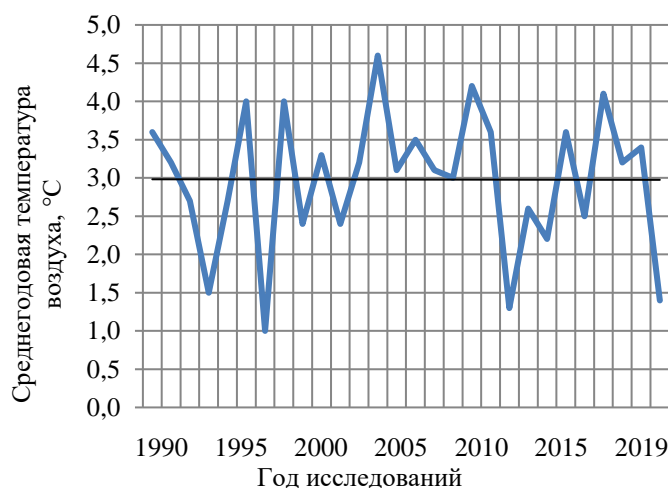
Отмеченные особенности в динамике выпадения атмосферных осадков и температурном режиме воздуха в свою очередь оказали заметное влияние на другие гидротермические показатели климата (таблица 1).

Так, сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха на протяжении всего периода исследований наибольших значений достигала в Центральной и Южной природно-климатических зонах Оренбургской области. В Западно-

Кулундинской зоне Алтайского края аналогичный показатель оказался ниже на 585–786 гПа или в 1,43–1,58 раза. Ещё меньшие значения указанного параметра из всех анализируемых территорий отмечены в Южной лесостепной зоне Курганской области, а самые влажные и прохладные условия в среднем за тридцать лет сложились в Степной зоне Омской области – здесь сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха составила только 1096 гПа.



А



Б

Рисунок 2 – Динамика среднегодовой температуры воздуха в южной природно-климатической зоне Оренбургской области (А) и Западно-Кулундинской зоне Алтайского края (Б) (1990–2019 гг.)

Аналогично распределению по природно-климатическим зонам постцелинных регионов Урала и Западной Сибири сумм дефицитов влажности воздуха, их зависимости от термических условий и количества атмосферных осадков, распределились коэффициенты годового атмосферного увлажнения и коэффициенты роста.

Наибольших значений они достигали в регионах с наименьшим дефицитом атмосферного увлажнения, ставшего следствием более значительного годового количества атмосферных осадков при не самой высокой среднегодовой температуре воздуха.

Таблица 1 – Гидротермическая характеристика сельскохозяйственных постцелинных регионов Урала и Западной Сибири

Регион / Природно-климатическая зона	Период	Сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха, гПа	Коэффициент годового атмосферного увлажнения	Коэффициент роста по годовому атмосферному увлажнению	Биоклиматический потенциал территории (БКП)
Оренбургская область / Центральная	1990–1999	1988	0,18	0,55	1,55
	2000–2009	1945	0,20	0,60	1,74
	2010–2019	1866	0,18	0,55	1,69
	среднее	1933	0,19	0,57	1,66
Оренбургская область / Южная	1990–1999	1966	0,18	0,55	1,57
	2000–2009	1855	0,20	0,60	1,75
	2010–2019	2581	0,11	0,34	1,06
	среднее	2134	0,16	0,50	1,46
Курганская область / Южная лесостепь	1990–1999	1096	0,26	0,71	1,76
	2000–2009	1077	0,31	0,79	1,98
	2010–2019	1561	0,26	0,71	2,10
	среднее	1245	0,28	0,74	1,95
Омская область / Степная	1990–1999	1050	0,34	0,83	1,92
	2000–2009	1157	0,33	0,82	1,91
	2010–2019	1082	0,34	0,83	1,93
	среднее	1096	0,34	0,83	1,92
Алтайский край / Западно-Кулундинская	1990–1999	1262	0,24	0,68	1,79
	2000–2009	1382	0,23	0,66	1,74
	2010–2019	1400	0,21	0,62	1,64
	среднее	1348	0,23	0,65	1,72

В результате самый высокий биоклиматический потенциал (БКП), составивший в среднем за тридцатилетний период 1,95 единиц, отмечен в Южной лесостепной зоне Курганской области, причём от десятилетия к десятилетию он устойчиво повышался на 0,12–0,22 единицы, достигнув максимальных значений в последнее десятилетие – 2,1.

Близкий к указанным значениям БКП отмечен в Степной природно-климатической зоне Омской области, причём его динамика в разрезе десятилетий оказалась самой незначительной среди всех регионов. Оставшиеся регионы в порядке убывания БКП расположились следующим образом: Западно-Кулундинская зона Алтайского края – Центральная и Южная зоны Оренбургской области. Следует подчеркнуть, что в Западно-Кулундинской зоне Алтайского края и Южной Зоне Оренбургской области наметилась тенденция к снижению БКП, отчётливо прослеживаемая по ходу анализируемых десятилетий.

Следствием описанных особенностей гидротермических характеристик в постцелинных регионах Урала и Западной Сибири стала вариация балльной оценки климата и потенциальной (расчётной по БКП) урожайности зерновых культур за анализируемый период (1990–2019 гг.). Как следует из представленных в таблице 2 сведений, наибольшая потенциальная (расчётная по БКП) урожайность зерновых культур в последнее десятилетие (2010–2019 гг.) отмечена в Степной природно-климатической зоне Омской области (4,56 т/га) и Южной лесостепной зоне Курганской области (5,06 т/га). Наибольших значений в указанных территориях она достигала и в предшествующие десятилетия.

Как показали наши расчёты, по гидротермическим характеристикам Западно-Кулундинской зоны Алтайского края, Центральной и особенно Южной зон Оренбургской области, потенциальная (расчётная по БКП) урожайность зерновых культур здесь несколько ниже и может варьировать от 3,49 до 3,23–2,79 т/га.

Таблица 2 – Потенциальная (расчётная по БКП) урожайность зерновых культур для сельскохозяйственных постцелинных регионов Урала и Западной Сибири

Регион / Природно-климатическая зона	Период	Балл БКП	Расчётная цена балла, т/га	Потенциальная урожайность зерна, т/га	Производственная урожайность, т/га	Эффективность использования БКП, %
Оренбургская область / Центральная	1990–1999	85	0,035	2,98	1,03	35
	2000–2009	96	0,036	3,45	1,01	29
	2010–2019	93	0,035	3,26	1,04	32
	среднее	91	0,035	3,23	1,02	32
Оренбургская область / Южная	1990–1999	86	0,035	3,01	1,02	34
	2000–2009	96	0,036	3,45	1,03	30
	2010–2019	58	0,033	1,92	0,60	31
	среднее	80	0,035	2,79	0,88	31
Курганская область / Южная лесостепь	1990–1999	96	0,039	3,74	1,37	36
	2000–2009	109	0,042	4,58	1,38	30
	2010–2019	115	0,044	5,06	1,36	27
	среднее	106	0,042	4,46	1,37	31
Омская область / Степная	1990–1999	106	0,043	4,56	1,22	27
	2000–2009	105	0,043	4,52	1,53	34
	2010–2019	106	0,043	4,56	1,75	38
	среднее	106	0,043	4,54	1,50	33
Алтайский край / Западно-Кулундинская	1990–1999	98	0,038	3,72	0,95	26
	2000–2009	95	0,038	3,61	1,21	34
	2010–2019	90	0,035	3,15	1,12	37
	среднее	94	0,037	3,49	1,09	32

Как известно, потенциальная (расчётная по БКП) урожайность не всегда достаточно достоверно отражает уровень хозяйственной урожайности, но она позволяет оценить эффективность использования биоклиматических ресурсов территории и определить резервы роста урожайности при оптимизации условий выращивания полевых культур.

Как следует из представленных в таблице 2 сведений, хозяйственная урожайность зерновых культур в анализируемых регионах сегодня значительно ниже потенциальной (расчётной по БКП). Так, при наивысшей среди исследуемых регионов урожайности зерна в Курганской и Омской областях на уровне 1,36–1,75 т/га эффективность использования БКП составляет только 27–38 %. У других территорий при ещё меньшей хозяйственной урожайности зерна эффективность использования БКП также остаётся низкой – на уровне 31–32 %.

Таким образом, сравнение потенциальной (расчётной по БКП) урожайности зерновых культур и их хозяйственной урожайности в постцелинных регионах Урала и Западной Сибири в условиях современных климатических и антропогенных изменений указывает на далеко не исчерпанные резервы роста урожайности во всех территориях. Данное обстоятельство для степных регионов РФ сегодня становится особенно актуальным, поскольку широко пропагандируемая с целью сохранения биологического разнообразия и ключевых участков степей оптимизация структуры землепользования предполагает выведение из сельскохозяйственного оборота деградированных земель и выделение наиболее ценных в ландшафтном отношении местностей и урочищ. В этом случае при неизбежном сокращении сельскохозяйственных площадей для обеспечения продовольственной безопасности населения потребуется интенсификация земледелия на высокоплодородных землях с расчётом на более высокую урожайность [20, 21].

При разработке агротехнических мероприятий, направленных на более полное и эффективное использование биоклиматических ресурсов, представляется целесообразным установление связи урожайности сельскохозяйственных культур с климатическими особенностями территории и выявление лимитирующих урожайность климатических факторов. Как показали наши расчёты, наиболее сильно производственная урожайность зерновых культур в исследуемых регионах связана с суммой дефицитов влажности воздуха ($r = -0,80$) и суммой активных (выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$) температур ($r = -0,74$). Её зависимость от сумм дефицитов влажности воздуха описывается уравнением регрессии $y = -1327,0x + 3110$ и $y = -737,4x + 3571$ – от сумм активных (выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$) температур. В обоих случаях связь обратная, указывающая на снижение урожайности зерновых культур при повышении сумм дефицитов влажности воздуха и сумм активных (выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$) температур, вариация которых детерминирует 64 % и 54 % вариации урожайности зерна соответственно (таблица 3).

С суммой осадков за период активной вегетации (период со среднесуточной температурой воздуха выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$), определяющих совместно с суммой активных (выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$) температур воздуха сумму дефицитов его влажности и выступающих в роли главного лимитирующего урожайность климатического фактора, связь прямая, с коэффициентом корреляции 0,68. Указанная связь описывается уравнением регрессии: $y = 79,25x + 89,96$. Коэффициент детерминации ($r^2 = 0,46$) свидетельствует о зависимости урожайности зерновых культур от вариации осадков в указанный период в 46 % случаев.

Таблица 3 – Связь потенциальной (расчётной по БКП) и хозяйственной урожайности зерновых культур с гидротермическими показателями в земледельческих постцелинных регионах Урала и Западной Сибири (среднее за 1990–2019 гг.)

Гидротермический показатель	Статистический показатель	Потенциальная (расчётная по БКП) урожайность, т/га	Урожайность производственная, т/га
Сумма осадков за год	Коэффициент корреляции (r)	0,53	0,37
	Коэффициент детерминации (r^2)	0,28	0,13
	уравнение регрессии	$y = 24,98x + 250,4$	$y = 52,93x + 280,8$
Сумма осадков за период с температурой выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$	Коэффициент корреляции (r)	0,93	0,68
	Коэффициент детерминации (r^2)	0,86	0,46
	Уравнение регрессии	$y = 36,02x + 49,61$	$y = 79,25x + 89,96$
Сумма активных (выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$) температур	Коэффициент корреляции (r)	-0,64	-0,74
	Коэффициент детерминации (r^2)	0,41	0,54
	Уравнение регрессии	$y = -207,2x + 3492$	$y = -737,4x + 3571$
Сумма дефицитов показателей влажности воздуха	Коэффициент корреляции (r)	-0,79	-0,80
	Коэффициент детерминации (r^2)	0,62	0,64
	Уравнение регрессии	$y = -442,4x + 3190$	$y = -1327,0x + 3110$

Связь производственной урожайности зерновых культур с годовым количеством осадков, описываемая уравнением регрессии $y = 52,93x + 280,8$, оказалась также прямой, хотя и менее выраженной. Их вариация определяет производственную урожайность зерновых культур в 13 % случаев.

Таким образом, проведённые исследования позволили установить, что постцелинные земледельческие регионы Урала и Западной Сибири в условиях современных климатических и антропогенных изменений располагают далеко не исчерпанным биоклиматическим потенциалом, эффективность которого составляет менее 40 %. Более эффективное использование климатических ресурсов может

обеспечить повышение урожайности зерновых культур на указанной территории до 3,5–4,5 т/га против 1,0–1,5 т/га, собранных в среднем за последние тридцать лет.

Основным лимитирующим потенциальную (расчётную по БКП) урожайность фактором выступают атмосферные осадки за период со среднесуточной температурой воздуха выше 10 °С ($r = 0,93$). В период активной вегетации полевых культур их ресурс составляет только 160–220 мм. На фоне отчётливой динамики повышения сумм эффективных температур ограниченный ресурс атмосферного увлажнения сопровождается ростом дефицитов влажности воздуха, что дополнительно снижает биоклиматический потенциал территории.

Выводы

Проведённые исследования позволили установить, что хозяйственная урожайность зерновых культур в постцелинных земледельческих регионах Урала и Западной Сибири сегодня значительно ниже потенциальной (расчётной по БКП). Даже в наиболее урожайных Курганской и Омской областях при урожайности 1,36–1,75 т/га эффективность использования БКП составляет только 27–38 %. В других регионах при ещё меньшей хозяйственной урожайности зерна эффективность использования БКП остаётся на уровне 31–32 %.

При высокоэффективном использовании биоклиматических ресурсов в постцелинных регионах Урала и Западной Сибири в условиях современных природных и антропогенных изменений окружающей среды возможно значительное (в 2,0–2,5 раза) повышение урожайности зерновых культур, относительно получаемого в производстве уровня.

В качестве приоритетов при разработке адаптивных технологических схем наряду с тщательным соблюдением технологической дисциплины следует рассматривать направленные на более полное сохранение атмосферных осадков и эффективное расходование почвенной влаги технологические приёмы.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект № 20-17-00069).

Литература

1. Гулянов Ю. А. Стратегии новационного землепользования и роль природоподобных агротехнологий в экологической оптимизации степных ландшафтов // Сборник научных трудов Государственного Никитинского ботанического сада. 2019. Т. 148. С. 50–59.
2. Ontel I., Vladut A. Impact of drought on the productivity of agricultural crops within the Oltenia Plain, Romania // *Geographica Pannonica*. 2015. Vol. 19. No. 1. P. 6–19.
3. Zhao Ch., Liu B., Piao Sh., Wang X., Lobell D. B., Huang Y., Huang M., Yao Y., Bassu S., Ciais P., Durand J.-L., Elliott J., Ewert F., Janssens I. A., Li T., Lin E., Liu Q., Martre P., Müller Ch., Peng Sh., Peñuelas J., Ruane A. C., Wallach D., Wang T., Wu D., Liu Zh., Zhu Y., Zhu Z., Asseng S. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates // *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2017. No. 114(35). P. 9326–9331.
4. Harrison S., Spasojevic M. J., Li D. Climate and plant community diversity in space and time // *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2020. No. 117(9). P. 4464–4470.
5. Беляев В. И., Бондарович А. А., Понькина Е. В., Щербинин В. В., Шмидт Г., Мацора А. В., Кожанов Н. А., Рудев Н. В. Температурный режим воздуха и почвы по данным метеорологической и почвенно-гидрологической мониторинговой сети в Кулундинской равнине за вегетационные периоды 2013–2016 гг. // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2017. № 3(149). С. 30–37.
6. Pavlova V., Karachenkova A., Shkolnik I., Pikaleva A., Efimov S., Kattsov V. Future changes in spring wheat yield in the European Russia as inferred from a large ensemble of high-resolution climate projections // *Environmental Research Letters*. 2019. Vol. 14. No. 3. P. 034010. DOI: 10.1088/1748-9326/aaf8be.
7. Jat H. S., Choudhary M., Datta A., Yadav A. K., Meena M. D., Devi R., Gathala M. K., Jat M. L., McDonald A., Sharma P. C. Temporal changes in soil microbial properties and nutrient dynamics under climate smart agriculture practices // *Soil and Tillage Research*. 2020. Vol. 199. P. 104595. DOI: 10.1016/j.still.2020.104595.

8. Sangines de Carcer P., Sinaj S., Santonja M., Fossati D., Jeangros B. Long-term effects of crop succession, soil tillage and climate on wheat yield and soil properties // *Soil and Tillage Research*. 2019. Vol. 190. P. 209–219.
9. Гулянов Ю. А., Чибилёв А. А. Экологизация степных агротехнологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды // *Теоретическая и прикладная экология*. 2019. № 3. С. 5–11.
10. Gulyanov Yu. A., Chibilev A. A., Levykin S. V., Silantieva M. M., Kazachkov G. V., Sokolova L. V. Ecological-based adaptation of agriculture to the soil and climatic conditions in Russian steppe // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. No. 9(3). P. 393–398.
11. Гулянов Ю. А., Досов Д. Ж., Умарова С. А. Эффективность использования биоклиматических ресурсов при выращивании озимой пшеницы в Оренбуржье // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2010. № 2(26). С. 48–50.
12. ЕМИСС. Государственная статистика. Урожайность сельскохозяйственных культур (в расчёте на убранную площадь). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/31533> (дата обращения 27.08.2020).
13. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019: P32. Статистический сборник. М.: Росстат. 2019. 1204 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения 27.08.2020).
14. Атмосферные осадки и температура воздуха. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/select.xhtml> (дата обращения 04.08.2020).
15. Шашко Д. И. Учитывать биоклиматический потенциал // *Земледелие*. 1985. № 4. С. 19–26.
16. Тихонов В. Е. Биоклиматический потенциал, его использование и устойчивость производства зерна на Южном Урале // *Материалы международной конференции по повышению устойчивости сельскохозяйственного производства «Наука – сельскому хозяйству»*. Оренбург: Издательство ФГБНУ «Оренбургский НИИСХ», 2000. С. 26–36.
17. Крючков А. Г. Температурный режим чернозёма южного под посевами яровой твёрдой пшеницы в засушливой степи // *Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН*. 2015. № 3. С. 1–12.
18. Гулянов Ю. А. Возможности интеллектуальных цифровых технологий в экологизации ландшафтно-адаптивного земледелия степной зоны // *Известия Оренбургского ГАУ*. 2019. № 4(78). С. 8–11.
19. Лихенко И. Е., Советов В. В., Аносов С. И., Лихенко Н. Н. Формирование урожая зерна сибирских сортов яровой мягкой пшеницы в условиях континентального климата Западной Сибири // *Достижения науки и техники АПК*. 2014. № 1. С. 27–30.
20. Гулянов Ю. А. Мониторинг фитометрических параметров с использованием инновационных методов сканирования посевов // *Таврический вестник аграрной науки*. 2019. № 3(19). С. 64–76. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-64-76.
21. Гулянов Ю. А., Чибилёв А. А., Чибилёв А. А. (мл.). Резервы повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы и их зависимость от гетерогенности посевов в условиях степной зоны Оренбургского Предуралья // *Юг России: экология, развитие*. 2020. Т. 15. № 1. С. 79–88. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-79-88.

References

1. Gulyanov Yu. A. Strategies of innovative land-use and the role of natural-like agrotechnologies in the ecological optimization of steppe landscapes // *Works of the State Nikita Botanical Garden*. 2019. Vol. 148. P. 50–59.
2. Ontel I., Vladut A. Impact of drought on the productivity of agricultural crops within the Oltenia Plain, Romania // *Geographica Pannonica*. 2015. Vol. 19. No. 1. P. 6–19.
3. Zhao Ch., Liu B., Piao Sh., Wang X., Lobell D. B., Huang Y., Huang M., Yao Y., Bassu S., Ciais P., Durand J.-L., Elliott J., Ewert F., Janssens I. A., Li T., Lin E., Liu Q., Martre P., Müller Ch., Peng Sh., Peñuelas J., Ruane A. C., Wallach D., Wang T., Wu D., Liu Zh., Zhu Y., Zhu Z., Asseng S. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates // *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2017. No. 114(35). P. 9326–9331.
4. Harrison S., Spasojevic M. J., Li. D. Climate and plant community diversity in space and time // *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2020. No. 117(9). P. 4464–4470.
5. Belyaev V. I., Bondarovich A. A., Ponkina Ye. V., Shcherbinin V. V., Schmidt G., Matsyura A. V., Kozhanov N. A., Rudev N. V. Air and soil temperature regime according to meteorological and soil-hydrological monitoring network in the Kulunda Plain in the growing seasons of 2013–2016 // *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2017. No. 3(149). P. 30–37.
6. Pavlova V., Karachenkova A., Shkolnik I., Pikaleva A., Efimov S., Kattsov V. Future changes in spring wheat yield in the European Russia as inferred from a large ensemble of high-resolution climate projections // *Environmental Research Letters*. 2019. Vol. 14. No. 3. P. 034010. DOI: 10.1088/1748-9326/aaf8be.

7. Jat H. S., Choudhary M., Datta A., Yadav A. K., Meena M. D., Devi R., Gathala M. K., Jat M. L., McDonald A., Sharma P. C. Temporal changes in soil microbial properties and nutrient dynamics under climate smart agriculture practices // Soil and Tillage Research. 2020. Vol. 199. P. 104595. DOI: 10.1016/j.still.2020.104595.
8. Sangines de Carcer P., Sinaj S., Santonja M., Fossati D., Jeangros B. Long-term effects of crop succession, soil tillage and climate on wheat yield and soil properties // Soil and Tillage Research. 2019. Vol. 190. P. 209–219.
9. Gulyanov Yu. A., Chibilev A. A. Ecologization of steppe agrotechnologies in the conditions of natural and anthropogenic environmental changes // Theoretical and Applied Ecology. 2019. No. 3. P. 5–11.
10. Gulyanov Yu. A., Chibilev A. A., Levykin S. V., Silantieva M. M., Kazachkov G. V., Sokolova L. V. Ecological-based adaptation of agriculture to the soil and climatic conditions in Russian steppe // Ukrainian Journal of Ecology. 2019. No. 9(3). P. 393–398.
11. Gulyanov Yu. A., Dosov D. Zh., Umarova S. V. Efficiency of using bioclimatic resources in winter wheat cultivation in Orenburg Region // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2010. No. 2(26). P. 48–50.
12. EMISS. State statistics. Crop yield (per harvested area). [Electronic resource]. Access point: <https://www.fedstat.ru/indicator/31533> (references date 27.08.2020).
13. Region of Russia. Socio-economic indicators. 2019: R 32 Statistical Book. Moscow: Rosstat, 2019. 1204 p. [Electronic resource]. Access point: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (reference's date 27.08.2020).
14. Precipitation and air temperature. [Electronic resource]. Access point: <http://aisori.m.meteo.ru/waisori/select.xhtml> (references date 04.08.2020).
15. Shashko D. I. To take into account the bioclimatic potential // Zemledeliye. 1985. No. 4. P. 19–26.
16. Tikhonov V. E. Bioclimatic potential, its use and sustainability of grain production in the southern Urals // Proceedings of the international conference on increasing the sustainability of agricultural production "From Science to Agriculture". Orenburg: Publishing house of the Orenburg Research Institute of Agriculture, 2000. P. 26–36.
17. Kryuchkov A. G. Temperature mode chernozem south sown hard spring wheat in arid steppe // Bulletin of the Orenburg scientific center of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences. 2015. No. 3. P. 1–12.
18. Gulyanov Yu. A. Opportunities of intelligent digital technologies in the ecologization of landscape-adaptive crop farming the steppe zone // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2019. No. 4(78). P. 8–11.
19. Likhenko I. T., Sovetov V. V., Anosov S. I., Likhenko N. N. Siberian spring wheat varieties grain yield formation under continental climate of Western Siberia // Achievements of science and technology of AIC. 2014. No. 1. P. 27–30.
20. Gulyanov Yu. A. Monitoring of the phytometric indications using innovative crops scanning methods // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2019. No. 3(19). P. 64–76. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-64-76.
21. Gulyanov Yu. A., Chibilyov A. A., Chibilyov A. A. (Jr.). Reserves for the increase of yield and quality of winter wheat grain and their dependence on the heterogeneity of crops in the conditions of the steppe zone of the Orenburg Urals, Russia // South of Russia: ecology, development. 2020. Vol. 15. No. 1. P. 79–88. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-79-88.

UDC 631/635:632.08:633.1

Gulyanov Yu. A.

ASSESSMENT OF MODERN BIOCLIMATIC RESOURCES AND PROSPECTS OF YIELD GROWTH IN THE POST-VIRGIN REGIONS OF THE URALS AND WESTERN SIBERIA

Summary. An assessment of the bioclimatic potential of agricultural territories is necessary to evaluate the utilization rate and the development of highly efficient zonal resource-saving farming systems. The purpose of the research was to assess the current level of the bioclimatic resources of the post-virgin regions of the Urals and Western Siberia to determine the levels of climatically provided yields, to identify the limiting factors and reserves of field agrocenoses productivity growth. Data on air temperature, precipitation level, air humidity deficit, and yield of grain crops (1990–2019) in the main post-virgin territories of the Orenburg, Kurgan, Omsk regions, and Altai Krai were the object of research. Comparative assessment of the biological productivity of the studied territories was carried out according to the method of D. I. Shashko in points in the context of average productivity. We established

that the economic productivity of grain crops in the analyzed regions today was significantly lower than the potential one (calculated according to the bioclimatic potential (BCP)). Even if the grain yield in the Kurgan and Omsk regions is at the highest level (1.36–1.75 t/ha), the efficiency of BCP using is only 27–38 %. Precipitation is the main limiting climatic factor. Lack of precipitation against the background of growing amounts of effective temperatures is accompanied by an increase in air humidity deficits. The conducted studies allowed us to conclude that with the help of highly efficient use of bioclimatic resources in the post-virgin regions of the Urals and Western Siberia under the conditions of modern natural and anthropogenic changes, a significant (2.0–2.5 times) increase in the yield of grain crops is possible compared to the current level. As priorities, when developing adaptive technological methods, along with the careful implementation of technological discipline, one should also consider the technological methods aimed at more complete preservation of atmospheric precipitation and efficient use of soil moisture, including no-till technologies and components of “digital technologies”, as well as pay attention to the development of irrigation.

Keywords: *post-virgin regions, agro-climatic resources, climatically secured yield, limiting factors, growth reserves.*

Гулянов Юрий Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, старший 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, senior 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, Pioneer str., Orenburg, 460000, Russia; e-mail: iury.gulynov@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 03.09.2020.

Дата принятия к печати – 12.10.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-42-48

УДК 633.289:581.6:631.527

Деревянникова М. В., Чумакова В. В., Чумаков В. Ф.

ОЦЕНКА ДИКОРАСТУЩИХ ФОРМ ЖИТНЯКА ГРЕБНЕВИДНОГО ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В СЕЛЕКЦИИ

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»

Реферат. Практика использования дикорастущего материала в селекции кормовых культур давно признана актуальным и результативным методом создания новых сортов. Цель исследований – оценка дикорастущих образцов житняка гребневидного и выделение генетических источников хозяйственно ценных признаков для селекции в условиях Ставропольского края. Исследования проводили в 2017–2020 гг. Материалом для исследования служили 22 дикорастущих образца житняка гребневидного (*Agropyron pectiniforme* Roem. et Shult.) различного эколого-географического происхождения, стандарт – сорт житняка гребневидного Викрав. Метеоусловия в годы изучения носили крайне засушливый характер. Оценку образцов проводили согласно методическим указаниям по селекции многолетних злаковых трав. Опыт закладывали по чистому пару, площадь делянки – 3 м². Посев и работы по уходу проводили вручную. Урожайность зеленой массы изученных образцов в среднем за 2018–2020 гг. составила от 0,15 до 0,94 кг/м², сухой – от 0,07 до 0,38 кг/м², семян – от 0,015 до 0,070 кг/м². Более урожайными по кормовой массе были образцы из Украины (д.д. 28, 30), Челябинской области (д. 31) и Казахстана (д.д. 34, 37). По семенной продуктивности в первый год пользования травостоем выделились дикорастущие образцы из Актюбинской (д. 5) и Челябинской областей (д. 31), из Украины (д. 25) и Казахстана (д.д. 34, 37). На втором году пользования травостоем – из Челябинской области (д. 31) и Казахстана (д.д. 35, 37). На третий год пользования существенного превышения над стандартом не было выявлено ни у одного образца. В среднем за три года пользования по урожайности семян превысили стандарт на 0,020–0,033 кг/м² дикорастущие образцы д. 31, 34, 37. По комплексу ценных признаков для использования в селекции в условиях Ставропольского края выделены дикорастущие образцы из Челябинской области (д. 31) и Казахстана (д. 34).

Ключевые слова: житняк гребневидный (*Agropyron pectiniforme* Roem. et Shult.), дикорастущий образец, урожайность, качество, селекция, отбор.

Введение

Житняк гребневидный (житняк ширококолосый, пырей гребневидный) – *Agropyron pectiniforme* Roem. et Shult. в травосеянии многих зон занимает одно из лидирующих положений. Самый распространённый вид среди житняков в дикорастущей природе. Вид произрастает по всей степной зоне и на юге лесостепи европейской части страны, в Крыму, на Северном Кавказе, в Сибири, на Алтае. Широкое внутривидовое разнообразие представлено в Казахстане, Монголии, Средней Азии [1].

С использованием дикорастущих видов и местных популяций кормовых трав в нашей стране создано более 150 видов люцерны, эспарцета, клевера, 46 – тимофеевки, 38 – костреца, 25 – овсяницы, 18 сортов житняка [2].

Генетический материал дикорастущей флоры различного эколого-географического происхождения стал основой для создания более 20 сортов многолетних бобовых и злаковых трав в селекционных программах ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Широко распространенные сорта-популяции люцерны

синей Кевсала, люцерны желтой Злата и Татьяна, многолетней вики Гроссгейма Лорийская, клевера лугового Наследник, эспарцета великолистного Русич, донника желтого Донче, житняка гребневидного Викрав, сибирского – Боярин, костреца безостого Ставропольский 31, СНИИСХ 83, овсяницы луговой Ставропольская 20, красной Бавуко, Изумрудная, пырея среднего Степной, удлиненного – Ставропольский 10, Солончаковый и других видов созданы с использованием дикорастущих популяций местного происхождения [3].

Цель исследований – оценка дикорастущих образцов житняка гребневидного и выделение генетических источников по отдельным или комплексу хозяйственно ценных признаков для селекции в условиях Ставропольского края.

Материал и методы исследований

Исследования проводили в ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» в 2017–2020 гг.

Почва опытного участка однообразна, представлена типичным мицеллярно-карбонатным суглинистым черноземом с содержанием гумуса 4,0–4,5 %. По агроклиматическому зонированию опытное поле относится к зоне неустойчивого увлажнения с ГТК = 0,9–1,1.

Годы постановки опыта характеризовались умеренно мягкими бесснежными зимами, летний период отличался высокой температурой воздуха и малым количеством осадков (с дефицитом до 75–85 %).

В качестве объектов исследования служили 22 дикорастущих образца житняка гребневидного различного эколого-географического происхождения из мировой коллекции Всероссийского НИИ растениеводства имени Н. И. Вавилова – из Саратовской (1) и Челябинской областей (2), по одному образцу из Алтайского и Ставропольского краев, зарубежные образцы из Казахстана (9), Украины (5), Венгрии (2), Канады (1).

Посев проведен весной 2017 г. Норма высева – 1,5 г/м². Учет урожайности кормовой массы и семян проводили в 2018–2020 гг. вручную. Площадь делянки – 3 м², закладывали два варианта – для учета урожайности кормовой массы и семян по пару, на естественном фоне плодородия. Уход за посевами включал ручные и механизированные прополки в условиях широкорядных посевов. В исследованиях использовали методические указания по селекции многолетних трав ВНИИ кормов [4].

Зоотехнический анализ кормовой массы выполняли в соответствии с ГОСТ 31640 п.5, ГОСТ 13496.4 п.3, ГОСТ 31675 п.2, ГОСТ 13496.15 п.5, ГОСТ 26226 п.2 и Методическими указаниями по оценке качества и питательности кормов [5] в химико-технологической лаборатории агрохимцентра «Ставропольский».

Стандартом в опыте, который располагали через каждые четыре делянки, служил сорт житняка гребневидного Викрав, созданный в ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» в 1994 г. методом расчленения дикорастущих популяций местного происхождения. Сорт допущен к использованию в Северо-Кавказском регионе в качестве сенокосно-пастбищной культуры для долголетнего использования травостоя. Сорт обладает достаточно высокой зимостойкостью и засухоустойчивостью.

Статистическую обработку полученного экспериментального материала проводили по методике, изложенной Б. А. Доспеховым [6] с использованием критериев оценки бесповторных номеров в бесповторных посевах [7].

Результаты и их обсуждение

На основании многостороннего изучения привлеченного дикорастущего материала из различных регионов РФ и из-за рубежа в крайне засушливых условиях 2018–2020 гг. выделены для использования в селекционной работе перспективные

образцы, превосходящие стандартный сорт по отдельным или комплексу признаков и свойств.

В год посева все изучаемые образцы житняка гребневидного, как и стандартный сорт, образовали довольно развитую корневую систему. На 65 день вегетации высота травостоя составляла 12–28 см, генеративные побеги не образовывались. Укосный травостой в год посева не сформировал ни один изученный образец, в том числе и стандартный сорт.

В 2018 г. в коллекционном питомнике на второй год жизни растений хороший травостой сформировался у 19 изученных образцов с урожайностью 0,10–1,01 кг/м² зелёной массы и от 0,19 до 0,41 кг/м² – воздушно-сухой массы при выходе сена 35–49 %. Дикорастущие образцы из Алтайского края (д. 11) и Венгрии (д.д. 16, 18) в первый год пользования укосной спелости не достигли.

Во второй год пользования отмечена полная гибель растений и отсутствие отрастания травостоя у дикорастущего образца из Алтайского края (д. 11), также не сформировал укоса образец из Украины (д. 25). В 2019 г. по урожайности зеленой массы выделились образцы из Донецка (д. 30), Украины (д. 32), Челябинской области (д. 31) и Казахстана (д.д. 34, 37). Другие изученные дикорастущие образцы по урожайности зеленой массы были на уровне или существенно ниже стандартного сорта. При этом комплексную селекционную ценность по интенсивности весеннего отрастания, высоте травостоя, облиственности, устойчивости к листовым болезням и засухе представили образцы из Донецка (д. 30), Казахстана (д.д. 27, 29, 30).

В 2020 г. на четвертом году жизни травостоя только дикорастущие образцы из Челябинской области (д. 31), Украины (д. 30) и Канады (д. 15) показали превышение над стандартом по урожайности зеленой массы от 0,03 до 0,22 кг/м². Большинство дикорастущих образцов на третий год пользования в сравнении со стандартным сортом снизили свои показатели по сбору кормовой массы и другим хозяйственно ценным признакам.

В среднем за три года пользования травостоем (таблица 1) значительное превышение над стандартом по урожайности зеленой массы отмечено у дикорастущего образца из Казахстана (д. 34) – 0,30 кг/м². По урожайности воздушно-сухой массы существенно превысили стандартный сорт дикорастущие образцы: д. 15 (Канада) – на 0,07 кг/м², д. 30 (Донецк) – на 0,11 кг/м², д. 31 (Челябинская область) – на 0,12 кг/м², д. 37 (Казахстан) – на 0,08 кг/м².

Таблица 1 – Урожайность кормовой массы выделившихся дикорастущих образцов житняка гребневидного (среднее за 2018–2020 гг.), кг/м²

Образец	Происхождение	Урожайность	
		зеленой массы	воздушно-сухой массы
Викрав	сорт-стандарт	0,64	0,26
д. 15	Канада	0,78	0,33
д. 29	Донецк	0,81	0,25
д. 30	Донецк	0,77	0,37
д. 31	Челябинская обл.	0,89	0,38
д. 34	Казахстан	0,94	0,33
д. 37	Казахстан	0,78	0,34
д. 39	Казахстан	0,71	0,29
НСР ₀₅		0,09	0,03

По продуктивности семян в среднем за три года пользования травостоем (таблица 2) выделились дикорастущие образцы из Челябинской области (д. 31) и Казахстана (д.д. 34, 37), превышение над стандартом у которых составило 0,33; 0,30

и 0,24 кг/м² соответственно. При этом в первый год пользования значительно превысили стандартный сорт восемь дикорастущих образцов из Казахстана, Челябинской области, Украины. В последующие два года сбор семян у выделенных образцов снижался от 10 до 80 %. На третьем году пользования травостоем только у дикорастущего образца из Казахстана (д. 34) урожайность семян была на уровне стандартного сорта, остальные образцы уступили ему от 0,02 до 0,22 кг/м².

Таблица 2 – Урожайность семян выделенных образцов житняка гребневидного за 2018–2020 гг., кг/м²

Образец	Происхождение	Первый год пользования	Второй год пользования	Третий год пользования	Среднее
Викрав	стандарт	0,020	0,057	0,033	0,037
д. 5	Актюбинская обл.	0,032	0,046	0,023	0,034
д. 23	Челябинская обл.	0,061	0,045	0,023	0,043
д. 25	Украина	0,043	0,014	0,011	0,023
д. 31	Челябинская обл.	0,110	0,070	0,026	0,070
д. 34	Казахстан	0,100	0,056	0,034	0,063
д. 35	Казахстан	0,064	0,060	0,031	0,052
д. 37	Казахстан	0,083	0,065	0,023	0,057
НСР ₀₅		0,011	0,008	0,009	0,010

По результатам исследований в коллекции выделены генетические источники устойчивости к полеганию, болезням и вредителям: из Саратовской области (д. 4), Канады (д. 15), Венгрии (д.д. 16, 18), Украины (д.д. 20, 25).

Зоотехнический анализ (таблица 3) позволил выделить перспективные по содержанию протеина, жира, кальция и кормовых единиц в сухом веществе дикорастущие образцы из Саратовской, Челябинской областей и Республики Казахстан. По содержанию сырого протеина выделены дикорастущие образцы из Челябинской области (д. 31) и Казахстана (д. 34, 37), превысив уровень стандартного сорта на 10,2–13,5 %. В тоже время содержание клетчатки у этих образцов было на 2,0–4,0 % меньше, чем у стандарта. По содержанию кальция (на уровне 8,8 %) выделен дикорастущий образец из Саратовской области, по содержанию сырого жира (на уровне 2,0–2,1 %) – дикорастущие образцы из Челябинской области (д. 31) и Казахстана (д. 37).

Таблица 3 – Результаты зоотехнического анализа выделенных дикорастущих образцов житняка гребневидного

Образец	Происхождение	Массовая доля, %						Кормовых единиц в сухом веществе, кг
		сухого вещества	сырого протеина	сырой клетчатки	сырой золы	сырого жира	кальция	
Викрав	стандарт	87	10,0	36	5,3	1,1	2,0	0,54
д. 4	дикорастущий Саратовская обл.	85	10,7	32	9,1	1,3	8,8	0,62
д. 31	дикорастущий Челябинская обл.	85	22,2	32	5,6	2,1	1,5	0,61
д. 34	дикорастущий Казахстан	87	22,7	34	5,7	1,5	1,6	0,57
д. 37	дикорастущий Казахстан	86	23,5	34	6,2	2,0	1,9	0,57
д. 39	дикорастущий Казахстан	86	19,1	34	6,2	1,8	2,0	0,58

Выводы

Таким образом, изучение дикорастущих образцов житняка гребневидного различного эколого-географического происхождения в условиях Ставропольского края показало, что вид отличается высоким полиморфизмом по основным хозяйственно ценным признакам и свойствам.

Сорт житняка гребневидного Викрав, созданный более 25 лет назад на основе дикорастущих образцов местного происхождения и использованный в наших исследованиях в качестве стандарта, отличался высокой урожайностью семян на втором и третьем годах жизни травостоя (0,033–0,057 кг/м²).

По результатам наших исследований в селекционной программе создания новых сортов житняка гребневидного в Ставропольском крае будут использованы комплексно ценные дикорастущие образцы из Челябинской области (д. 31) и Казахстана (д. 34), продуктивность зеленой массы которых составила 0,85–0,94 кг/м², семян – 0,052–0,063 кг/м². Образцы содержат 22,2–22,7 % сырого протеина, 1,5–2,1 % сырого жира, отличаются высоким содержанием кормовых единиц – 0,57–0,61.

В среднем за три года пользования травостоем значительное превышение над стандартом по сбору зеленой массы отмечено у дикорастущего образца из Казахстана (д. 34) – на 0,30 кг/м². По урожайности воздушно-сухой массы существенно превысили стандартный сорт дикорастущие образцы: д. 15 (Канада) – на 0,07 кг/м², д. 30 (Донецк) – на 0,11 кг/м², д. 31 (Челябинская область) – на 0,12 кг/м², д. 37 (Казахстан) – на 0,08 кг/м².

В качестве генетических источников облиственности, устойчивости к абиотическим стрессорам, интенсивности весеннего и послеукосного отрастания выделены дикорастущие образцы из Саратовской области (д. 4), Канады (д. 15), Венгрии (д. 16), Украины (д. 25) и Казахстана (д. 37).

Литература

1. Такаева М. К. Оценка дикорастущих образцов житняка в условиях полупустыни Западного Казахстана // Сборник научных трудов, посвященных 80-летию со дня основания Карабалыкской СХОС. Карабалык, 2009. 33 с.
2. Рубцов М. И. Генетический фонд кормовых культур и использование его в селекции // Кормопроизводство. 1976. Вып. 13. С. 46–53.
3. Кулинцев В. В., Чумакова В. В., Кравцов В. В., Володин А. Б., Дьяченко Н. Е., Дридигер В. К., Кожевников В. И., Морозов Н. А., Комаров Н. М., Ковтун В. И., Ковтун Л. Н., Кожевников А. В., Багринцева Н. А., Соколенко Н. И., Иванов В. В., Ходжаева Н. А., Браткова Л. Г., Селиверстова Е. Н., Панкратова Н. А., Чумаков В. Ф., Черкашин В. Н., Самсонов И. В., Шегринцев Н. В., Бардакова С. А., Гречушкина-Сухорукова Л. А., Кожевников С. В., Рябова Т. В., Коломиец М. А., Черенкова В. В., Галушко Н. А. Каталог сортов и гибридов сельскохозяйственных культур селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Ставрополь: ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», 2020. С. 75–110.
4. Косолапов В. М., Костенко С. И., Пилипенко С. В., Клочкова В. С., Костенко Н. Ю., Малюженец Е. Е., Разгуляева Н. В., Кулешов Г. Ф., Пуца Н. М., Пампура Е. К., Фомин А. И. Методические указания по селекции многолетних злаковых трав. М.: РГАУ-МСХА, 2012. 185 с.
5. Сычев В. Г., Лепешкин В. В. Методические указания по оценке качества и питательности кормов. М.: ЦИНАО, 2002. С. 13–63.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е издание, переработанное и дополненное. М.: Альянс, 2014. 351 с.
7. Комаров Н. М. Критерии оценки бесповторных номеров в бесповторных посевах // Зерновое хозяйство. 2005. № 8. С. 28–30.

References

1. Takayeva M. K. Assessment of wild wheatgrass samples in semidesert conditions of Western Kazakhstan // Collection of scientific papers dedicated to the 80th anniversary of the founding of the Karabalyk agricultural plant. Karabalyk, 2009. 33 p.

2. Rubtsov M. I. Genetic fund of forage crops and its use in breeding // Kormoproizvodstvo. 1976. Iss. 13. P. 46–53.
3. Kulintsev V. V., Chumakova V. V., Kravtsov V. V., Volodin A. B., Dyachenko N. E., Dridiger V. K., Kozhevnikov V. I., Morozov N. A., Komarov N. M., Kovtun V. I., Kovtun L. N., Kozhevnikov A. V., Bagrintseva N. A., Sokolenko N. I., Ivanov V. V., Khodzhaeva N. A., Bratkova L. G., Seliverstova E. N., Pankratova N. A., Chumakov V. F., Cherkashin V. N., Samsonov I. V., Shegrinets N. V., Bardakova S. A., Grechushkina-Sukhorukova L. A., Kozhevnikov S. V., Ryabova T. V., Kolomiets M. A., Cherenkova V. V., Galushko N. A. Catalog of varieties and hybrids of agricultural crops selected by the FSBSI “North Caucasian Federal Research Center”. Stavropol: FSBSI “North Caucasian Federal Research Center”, 2020. P. 75–110.
4. Kosolapov V. M., Kostenko S. I., Pilipenko S. V., Klochkova V. S., Kostenko N. Yu., Malyuzhenets E. E., Razgulyaeva N. V., Kuleshov G. F., Putsa N. M., Pampura E. K., Fomin A. I. Guidelines for the selection of perennial cereal grasses. Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2012. 185 p.
5. Sychev V. G., Lepeshkin V. V. Guidelines for assessing the quality and nutritional value of feed. Moscow: CINAО, 2002. P. 13–63.
6. Dospikhov B. A. Method of field research (with the basics of statistical processing of research results). 5th edition, revised and enlarged. Moscow: Alliance, 2014. 351 p.
7. Komarov N. M. Evaluation criteria of non-repeating numbers in crops // Grain farming. 2005. No. 8. P. 28–30.

UDC 633.289: 581.6: 631.527

Derevyannikova M. V., Chumakova V. V., Chumakov V. F.

EVALUATION OF WILD-GROWING FORMS OF CRESTED WHEATGRASS WHEN USING IN BREEDING

Summary. *The practice of using wild-growing material in the breeding of forage crops has long been recognized as a relevant and effective method for creating new varieties. The purpose of the research was to assess wild-growing samples of the crested wheatgrass and isolate genetic sources of economically valuable traits for breeding in the Stavropol Territory. The research was carried out in 2017–2020. The material of the study – 22 wild specimens of crested wheatgrass (*Agropyron pectiniforme* Roem. et Shult.) of various ecological and geographical origin. The crested wheatgrass variety ‘Vikrav’ served as the standard. During the years of study, meteorological conditions were extremely dry. The assessment of the samples was carried out according to the guidelines for the selection of perennial cereal grasses. The experiment was laid on bare fallow, plot area – 3 m². Sowing and maintenance work were carried out manually. On average, for three years (2018–2020), the yield of green mass of the studied samples ranged from 0.15 to 0.94 kg/m²; dry – from 0.07 to 0.38 kg/m²; seeds – from 0.015 to 0.070 kg/m². Samples from Ukraine (d.d. 28, 30), Chelyabinsk region (d. 31) and Kazakhstan (d.d. 34 and 37) were more productive in terms of fodder weight. In terms of seed productivity, in the first year, wild samples from Aktobe (d. 5) and Chelyabinsk regions (d. 31), from Ukraine (d. 25) and Kazakhstan (d.d. 34 and 37) were distinguished. In the second year of herbage use – from the Chelyabinsk region (d. 31) and Kazakhstan (d.d. 35 and 37). In the third year of use, no significant excess over the standard was found. On average, over three years of use, wild specimens d. 31, d. 34, and d. 37 exceeded the standard in seed yield by 0.020–0.033 kg/m². Wild specimens from the Chelyabinsk region (d. 31) and Kazakhstan (d. 34) were isolated according to the complex of valuable characteristics for use in breeding in the Stavropol Territory.*

Keywords: *crested wheatgrass (*Agropyron pectiniforme* Roem. et Shult.), wild specimen, yield, quality, breeding, selection.*

Деревянникова Марина Владимировна, младший научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства кормовых и лекарственных трав, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; 356241, Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; e-mail: sotnikovam6031983@mail.ru.

Чумакова Вера Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая отделом селекции и первичного семеноводства кормовых и лекарственных трав, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; 356241, Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; e-mail: sosna777@bk.ru.

Чумаков Валерий Федорович, старший научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства кормовых и лекарственных трав, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; 356241, Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; e-mail: sniish@mail.ru.

Derevyannikova Marina Vladimirovna, junior researcher of the Department of breeding and primary seed production of forage and medicinal herbs, FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre (North Caucasus FARC); 49, Nikonova str., Mikhailovsk, Stavropol Territory, 356241, Russia; e-mail: sotnikovam6031983@mail.ru.

Chumakova Vera Vladimirovna, Cand. Sc. (Agr.), head of the Department of breeding and primary seed production of forage and medicinal herbs, FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre” (North Caucasus FARC); 49, Nikonova str., Mikhailovsk, Stavropol Territory, 356241, Russia; e-mail: sosna777@bk.ru.

Chumakov Valeriy Fedorovich, senior researcher of the Department of breeding and primary seed production of forage and medicinal herbs, “FSBSI North Caucasus Federal Agricultural Research Centre” (North Caucasus FARC); 49, Nikonova str., Mikhailovsk, Stavropol Territory, 356241, Russia; e-mail: sniish@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 15.09.2020.

Дата принятия к печати – 12.10.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-49-61

УДК 631.461:579.64

Еговцева А. Ю.¹, Мельничук Т. Н.¹, Абдурашитов С. Ф.¹, Андронов Е. Е.²,
Абдурашитова Э. Р.¹, Радченко А. Ф.¹, Ганоцкая Т. Л.¹, Радченко Л. А.¹

**ВЛИЯНИЕ ШТАММОВ, АССОЦИАТИВНЫХ С *TRITICUM AESTIVUM* L.,
НА МИКРОБОЦЕНОЗ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО РИЗОСФЕРЫ ПШЕНИЦЫ**

¹ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»;

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии»

Реферат. Одним из перспективных приемов повышения продуктивности сельскохозяйственных культур является предпосевная инокуляция семян штаммами ассоциативных бактерий, способных стимулировать ростовые процессы растений, улучшать их минеральное питание, повышать фитоиммунитет и устойчивость к неблагоприятным воздействиям. Цель исследований – изучить влияние штаммов с высоким ассоциативным потенциалом к *Triticum aestivum* L. на микробоценоз чернозема южного ризосферы пшеницы мягкой различных сортов. Исследования проводили в 2018–2020 гг. на трех сортах – Ермак, Багира, Лидия. Опыты закладывали на делянках с учетной площадью 25 м² и систематическим размещением в четырехкратной повторности. Климат района исследования в Крыму характеризуется как засушливый. Инокуляцию осуществляли перед посевом семян пшеницы, контролем являлся вариант без обработки. Отборы проб осуществляли в самой активной фазе – цветение в мае 2019 и 2020 гг. Установлено, что под влиянием ассоциативных к *T. aestivum* штаммов бактерий происходят изменения численности микроорганизмов различных эколого-трофических групп чернозема южного ризосферы пшеницы. Выявлен наиболее отзывчивый на бактериализацию семян ассоциативными штаммами сорт Багира, увеличение урожайности в среднем за два года исследований находилось в пределах 0,2–0,4 т/га или 5–10%. Расчет коэффициентов и индексов, указывающих на направленность минерализационных процессов в почве, позволил установить, что инокуляция способствует их активизации. Результаты корреляционного анализа по двухлетним данным трех сортов пшеницы озимой показали, что на урожайность наибольшее влияние, с показателем корреляции 0,81 ($p \leq 0,05$), оказывает численность бактерий рода *Azotobacter*.

Ключевые слова: микробоценоз, ассоциативные штаммы, ризосфера, *Triticum aestivum* L., чернозем южный.

Введение

Одним из перспективных приемов повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, экологической устойчивости агроценозов и снижения влияния абиотических и биотических стрессов на продукционный процесс у растений является предпосевная инокуляция семян штаммами ассоциативных бактерий [1]. Ассоциативные микроорганизмы способны стимулировать ростовые процессы растений, улучшать их минеральное питание, повышать иммунитет растений [2, 3]. Вместе с тем для каждого вида и даже сорта растений необходим индивидуальный подбор штаммов, который наиболее соответствует биологическим характеристикам растительного организма, особенно специфике корневых экссудатов [4], определяющей приживаемость штаммов в ризосфере [5].

Стимулирующий эффект ассоциативных бактерий обеспечивают разнообразные механизмы: прямое поглощение минеральных элементов питания

(азотфиксация, перевод неорганических фосфатов в биологически доступную форму, производство сидерофоров, облегчающих поглощение ионов металлов и др.), синтез биологически активных гормоноподобных веществ, активация генов «устойчивости» растения, прямой антибиоз против болезнетворных микроорганизмов [6]. Полезные для растений ризобактерии могут снизить глобальную зависимость от опасных сельскохозяйственных химикатов, дестабилизирующих агроэкосистемы [7].

Знание закономерностей создания микробно-растительных систем и способов повышения их эффективности – одно из наиболее перспективных направлений совершенствования производства растениеводческой продукции.

Цель исследований – изучить влияние штаммов с высоким ассоциативным потенциалом к *Triticum aestivum* L. на микробоценоз чернозема южного ризосферы пшеницы мягкой различных сортов.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2018–2020 гг. на опытных полях ФГБУН «НИИСХ Крыма» (с. Клепинино Красногвардейского района) на трех сортах – Ермак, Багира и Лидия. Изучаемые сорта включены в Госреестр по Северо–Кавказскому (6) региону и являются перспективными для возделывания в условиях Крыма. Сорт Багира создан в Ставропольском НИИСХ, Ермак и Лидия – в АНЦ «Донской». Сорта относятся к степному экотипу, разновидности *erytrospermum* и являются среднеранними. Все сорта устойчивы к полеганию и засухе. Багира – среднезимостойкий, Ермак и Лидия отличаются высокой устойчивостью к низким температурам. Сорта Багира и Лидия относятся к среднерослым, Ермак – к короткостебельным. Сорта имеют среднюю устойчивость к основным заболеваниям. Ермак относится к сортам интенсивного типа, Багира и Лидия – универсального использования.

Опыты закладывали на делянках с учетной площадью 25 м² и систематическим размещением в четырехкратной повторности. Почвы степной зоны Крыма представлены черноземом южным слабо гумусированным, развитым на четвертичных желто-бурых лессовидных легких глинах. Мощность гумусового горизонта составляет 24–36 см, всего – 57–70 см. Содержание гумуса в пахотном горизонте составляет 2,4–2,7 %. В 100 г абсолютно сухой почвы пахотного слоя содержится 5,2 мг легкогидролизуемого азота, 1,0–2,5 мг подвижного фосфора, 42 мг подвижного калия (по Мачигину). Реакция почвенного раствора в верхнем горизонте слабощелочная (рН = 7,7–7,9).

Погодные условия в годы исследований были контрастными. Период выращивания пшеницы озимой в условиях 2018/19 гг. характеризовался благоприятными по влагообеспеченности условиями в осенний период, когда выпало 160 мм осадков, что на 70 мм выше среднеголетних значений. Метеорологические условия в период перезимовки озимых культур характеризовались повышенным температурным режимом (на 2–4 °С выше нормы), что приводило к временному возобновлению вегетации озимых. За зимний период выпало около 200 мм атмосферных осадков, что способствовало накоплению продуктивной влаги в метровом слое почвы до 150 мм. Всего за вегетацию озимых выпало 558,9 мм осадков (на 130,9 мм больше нормы). Осадки выпадали довольно неравномерно по месяцам и их недостаток отмечался в марте и мае (11,7 и 14,4 мм соответственно), когда озимые зерновые находились в фазе трубкования – наиболее критической по влагообеспечению и в период налива зерна.

Вегетационный период озимых культур 2019/20 гг. характеризовался неблагоприятными погодными условиями: длительное отсутствие осадков в осенние месяцы, повышенный температурный режим (в сентябре и октябре на 1,6 и 2,8 °С

выше нормы, в первой декаде ноября средняя температура воздуха превышала норму на 7–12 °С) и значительный недобор осадков в зимний период, сильные ветры и большое количество дней с относительной влажностью воздуха 30 % и ниже в марте и апреле, с продолжительными заморозками интенсивностью до –2 °С; атмосферная и почвенная засуха в период колошения. Температура декабря была на 5–6 °С выше нормы, январь и февраль также характеризовались повышенным температурным режимом, что способствовало вегетации озимых в течение всего зимнего периода. Условия для влагонакопления были неудовлетворительные, гидротермический коэффициент за весенний период 2020 г. составил 0,25. Продуктивные осадки отмечены в июне в фазе налива зерна, что привело к снижению качества зерна и затянуло уборку урожая.

Исследуемые штаммы ассоциативных бактерий к *T. aestivum* выделены с различных сортов в 2018 г. при использовании метода для получения изолированных от внешней среды корней в сосуде Леонарда [8]. Штаммы выделены из апикальной части корня следующих сортов: *Pseudomonas fluorescens* P4 – Виктории одесской, *Paenarthrobacter nitroguajacolicus* M3 и *Bacillus sp.* B5 – Ермака, *Agrobacterium tumefaciens* R1 – Багиры, *Paenarthrobacter nitroguajacolicus* L1 – Лидии. Инокуляцию осуществляли перед посевом семян пшеницы, контролем являлся вариант без обработки.

Отборы растений проводили в наиболее активной фазе развития (цветение) – 16 мая 2019 г. и 20 мая 2020 г.

Численность почвенных микроорганизмов основных эколого-трофических групп (аммонифицирующих и амилотических бактерий, азотфиксаторов, микромицетов, целлюлозолитиков, актиномицетов, олиготрофов и педотрофов) ризосферы пшеницы озимой, выраженное в колониеобразующих единицах (КОЕ) на г абсолютно сухой почвы, определяли по общепринятым методикам [9, 10] путем посева на селективные питательные среды. Был проведен расчет индексов олиготрофности, коэффициентов минерализации, олигонитрофильности и педотрофности [11–13].

Обработку полученных результатов проводили по методике, предложенной Доспеховым Б. А., с применением методов дисперсионного и корреляционного анализа, с использованием программ Excel и Statistica 10. Различия оценивали как статистически значимые при $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Полученные данные по численности микроорганизмов основных эколого-трофических групп чернозема южного ризосферы *T. aestivum* позволили установить особенности формирования микробоценоза чернозема южного ризосферы пшеницы под влиянием исследуемых штаммов ассоциативных бактерий.

Аммонификаторы, наряду с другими микроорганизмами, обуславливают высвобождение доступного для растений аммонийного азота [14]. В условиях 2019 г. у сортов Ермак и Багира наибольшие показатели увеличения численности данной группы микроорганизмов наблюдали в случае инокуляции штаммом L1 – на 33 и 41 % соответственно по сравнению с вариантом без обработки (таблица 1). У сорта Лидия в варианте с применением штамма B5 наблюдали максимальное увеличение количества аммонификаторов – в 2,6 и 2,1 раза в условиях первого и второго годов исследований соответственно по сравнению с контролем. В 2020 г. у сортов Ермак и Лидия увеличение числа микроорганизмов, использующих в качестве питания преимущественно органические источники азота, обусловлено влиянием штамма R1 и составило 1,5 и 2,6 раза соответственно относительно варианта без инокуляции. У сорта Багира в 2020 г. обработка всеми штаммами, кроме L1 и R1, приводила к увеличению количества аммонификаторов от 1,5 до 2,2 раз относительно контроля.

Таблица 1 – Влияние штаммов с высоким ассоциативным потенциалом на численность микроорганизмов ризосферы пшеницы озимой, млн КОЕ/г почвы (полевой опыт, 2019–2020 гг.)*

Вариант		Аммонификаторы		Амилолитики		Олиготрофы		Педотрофы	
		2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
Ермак	P4	5,2 ± 0,3	2,3 ± 0,2	2,9 ± 0,4	3,4 ± 0,5	0,9 ± 0,1	1,1 ± 0,0	1,9 ± 0,4	4,1 ± 0,5
	M3	2,3 ± 0,2	3,7 ± 0,3	4,5 ± 0,1	5,5 ± 0,3	0,7 ± 0,1	2,3 ± 0,2	2,5 ± 0,1	6,9 ± 0,4
	B5	4,7 ± 0,1	2,3 ± 0,3	5,0 ± 0,3	4,0 ± 0,0	2,1 ± 0,3	2,7 ± 0,2	1,2 ± 0,0	6,8 ± 0,0
	R1	5,7 ± 0,1	5,4 ± 0,7	7,1 ± 0,2	5,0 ± 0,3	2,1 ± 0,1	1,5 ± 0,4	1,0 ± 0,1	7,5 ± 0,8
	L1	9,2 ± 0,2	2,9 ± 0,3	8,1 ± 0,3	6,5 ± 0,7	0,5 ± 0,1	2,1 ± 0,2	2,0 ± 0,3	8,3 ± 0,4
	C*	6,9 ± 0,5	3,7 ± 0,4	2,4 ± 0,1	3,7 ± 0,2	0,8 ± 0,1	2,5 ± 0,4	1,8 ± 0,3	3,4 ± 0,1
Багира	P4	5,7 ± 0,1	3,8 ± 0,4	6,4 ± 0,3	3,4 ± 0,1	0,4 ± 0,0	2,0 ± 0,2	2,1 ± 0,2	7,4 ± 0,6
	M3	4,0 ± 0,2	2,6 ± 0,4	3,8 ± 0,1	5,3 ± 0,7	0,5 ± 0,1	2,3 ± 0,5	1,6 ± 0,1	5,5 ± 0,4
	B5	4,4 ± 0,1	3,0 ± 0,6	10,9 ± 0,1	5,5 ± 0,1	0,6 ± 0,0	2,4 ± 0,2	1,3 ± 0,1	4,4 ± 0,2
	R1	4,0 ± 0,1	1,6 ± 0,3	6,8 ± 0,1	5,3 ± 0,6	1,5 ± 0,2	1,7 ± 0,3	1,4 ± 0,1	4,9 ± 0,3
	L1	10,6 ± 0,1	1,8 ± 0,1	4,6 ± 0,4	2,6 ± 0,3	0,4 ± 0,1	2,3 ± 0,3	2,9 ± 0,3	2,3 ± 0,0
	C*	7,5 ± 0,3	1,7 ± 0,3	4,0 ± 0,3	2,0 ± 0,1	0,7 ± 0,1	1,0 ± 0,1	2,6 ± 0,2	3,2 ± 0,5
Лидия	P4	7,1 ± 0,2	2,9 ± 0,4	8,9 ± 0,2	2,8 ± 0,5	2,4 ± 0,1	0,7 ± 0,2	2,3 ± 0,1	4,1 ± 0,3
	M3	5,8 ± 0,1	2,0 ± 0,2	4,1 ± 0,2	2,2 ± 0,2	0,5 ± 0,2	3,1 ± 0,4	5,9 ± 0,1	3,5 ± 0,6
	B5	9,4 ± 0,1	5,1 ± 0,5	8,6 ± 0,7	4,4 ± 0,2	0,5 ± 0,1	2,1 ± 0,2	8,3 ± 0,1	3,4 ± 0,3
	R1	2,7 ± 0,3	6,3 ± 1,2	3,6 ± 0,5	2,4 ± 0,4	1,6 ± 0,2	0,8 ± 0,2	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,3
	L1	4,4 ± 0,3	1,5 ± 0,2	3,4 ± 0,3	2,6 ± 0,2	0,9 ± 0,0	3,0 ± 0,1	1,6 ± 0,0	3,6 ± 0,2
	C*	3,6 ± 0,1	2,4 ± 0,5	6,7 ± 0,2	6,5 ± 0,2	0,5 ± 0,1	1,9 ± 0,1	6,0 ± 0,1	4,5 ± 0,5

Примечания: *С – контроль без обработки; данные достоверны относительно контроля при $p \leq 0,05$.

Численность амилолитиков показывает потенциальную способность микробного сообщества почвы иммобилизовать азот в микробной биомассе [15]. Влияние инокуляции на количество амилолитической группы микроорганизмов, трансформирующих преимущественно минеральные соединения азота, было более существенным у сортов Ермак и Багира. За два года у сорта Ермак увеличение численности данной группы наблюдали при инокуляции всеми штаммами, кроме P4 в условиях 2020 г., где произошло снижение на 9 % относительно контроля. В условиях 2019 г. максимальное их возрастание (в 3,4 раза в сравнении с контролем) количества произошло в результате инокуляции этого сорта штаммом L1. За 2019–2020 гг. у сорта Багира наибольшее увеличение амилолитиков (в 2,7 раза к контролю) наблюдали в результате действия штамма B5, выделенного из ризосферы данного сорта. Сорт Лидия оказался более избирательным к действию штаммов. В 2019 г. произошло увеличение количества амилолитиков на 34 % при инокуляции P4 и на 28 % – при инокуляции B5 по сравнению с контролем. В сложном по погодным условиям 2020 г. наблюдалась обратная реакция снижения численности амилолитической группы микроорганизмов у сорта Лидия – от 32 до 66 %. Это можно объяснить тем, что микробное сообщество является одним из наиболее чувствительных экологических индикаторов, которое первым реагирует на изменения окружающей среды и является маркером различных стадий почвообразования. При повышении температурного режима и снижении влагообеспеченности изменяются физические и химические показатели почвы. Также эти факторы влияют на активность ферментов и колебания биомассы микроорганизмов ризосферы путем изменения состава и количества корневой экссудации.

По численности олиготрофной части микробиоценоза наблюдали следующие тенденции. В условиях 2019 г. инокуляция штаммом R1 способствовала увеличению количества олиготрофов в ризосфере всех сортов: Ермака – в 2,6 раза (как и со

штаммом В5), Багиры – в 2,1 раза, Лидии – в 3,2 раза по сравнению с контролем. Также наблюдали значительную разницу по количеству данной группы микроорганизмов по годам исследований. В 2019 г., более благоприятном по погодным условиям, численность олиготрофов была меньше: например, в контрольном варианте в 2,8 раз (в среднем у трех сортов), чем в стрессовых, вызванных засухой условиях 2020 г. Это может быть связано с тем, что данная группа микроорганизмов приспособлена к эконишам с низким содержанием питательных элементов почвы и участвует в этапе завершения минерализации органического вещества.

В условиях 2020 г. обработка L1 (выделен из ризосферы сорта Лидия) и M3 привела к возрастанию численности данной группы у сортов Лидия и Багира в 1,6 и 2,3 раза соответственно по сравнению с контролем. У сорта Ермак при показателе в контроле 2,5 млн КОЕ/г почвы олиготрофов при инокуляции всеми штаммами (кроме В5) наблюдалось снижение на 8–56 % к контролю.

Численность педотрофов под влиянием штаммов преимущественно уменьшалась на трех сортах в условиях 2019 г. Увеличение её в 1,4 раза отмечено под влиянием штамма M3 на сорте Ермак и на 38 % под влиянием В5 у сорта Лидия. В следующем году инокуляция растений сорта Ермак привела к повышению численности педотрофных микроорганизмов под влиянием всех штаммов – от 1,2 до 2,5 раза по сравнению с контролем. У сорта Багира увеличение данной экологотрофической группы было при обработке штаммами Р4, M3, В5 и R1. Сорт Лидия оказался не отзывчивым на инокуляцию в условиях 2020 г.

Важным показателем состояния почв любого типа является присутствие азотфиксирующих бактерий [16]. Главной особенностью олигонитрофилов, фиксирующих атмосферный азот, является способность развиваться при очень низком содержании азота в субстрате. В условиях 2019 г. инокуляция штаммами L1 и В5 способствовала лучшему развитию азотфиксаторов ризосферы сорта Ермак – их общая численность в 1,4 и 1,3 раза превысила контроль. В варианте со штаммом M3 отмечено их снижение, как и в большинстве вариантов у сорта Багира, за исключением L1, где увеличение составило 1,2 раза (рисунок 1). В условиях 2020 г. у сорта Багира максимальное увеличение было в результате инокуляции штаммом Р4 и составило 3,3 раза по сравнению с вариантом без обработки. У сорта Лидия в результате инокуляции В5 и R1 число олигонитрофилов выросло на 44 и 40 % соответственно относительно контроля.

Для рода *Azotobacter* определяющим является способность к фиксации молекулярного азота атмосферы, синтез веществ гормональной и антибиотической природы, витаминов [17]. Этот азотфиксатор очень требователен к условиям среды, особенно влажности, поэтому в жестких условиях 2020 г. исследования наблюдали пониженное количество *Azotobacter* в ризосфере пшеницы. В условиях предыдущего года содержание этого микроорганизма под влиянием штаммов (кроме В5) превысило контроль на 6,7–16,0 % в ризосфере сортов Ермак и Багира. В результате инокуляции штаммом R1 у сорта Багира в условиях 2020 г. наблюдали увеличение численности азотобактера в два раза, но в условиях предыдущего года происходила обратная реакция (снижение на 67 % относительно контроля) на инокуляцию этим штаммом. У сорта Лидия увеличение численности азотобактера зафиксировано в результате инокуляции штаммом L1 (который был выделен из ризосферы данного сорта) на 8 и 33 % в условиях 2019 и 2020 гг. соответственно по сравнению с вариантом без инокуляции.

Определение численности актинобактерий, микромицетов и целлюлозолитиков позволяет учесть группу, которая активна не только в отношении

утилизации практически всего спектра природных и искусственных органических и минеральных соединений, но и способна к участию в образовании гумуса. В условиях 2020 г. выявлена тенденция снижения количества микроорганизмов всех трех групп по сравнению с предыдущим годом. Возможно, это связано с условиями засухи, оказывающей неблагоприятное воздействие на их рост и развитие. Также замечены различия по численности микроорганизмов у отдельных сортов при инокуляции некоторыми штаммами.

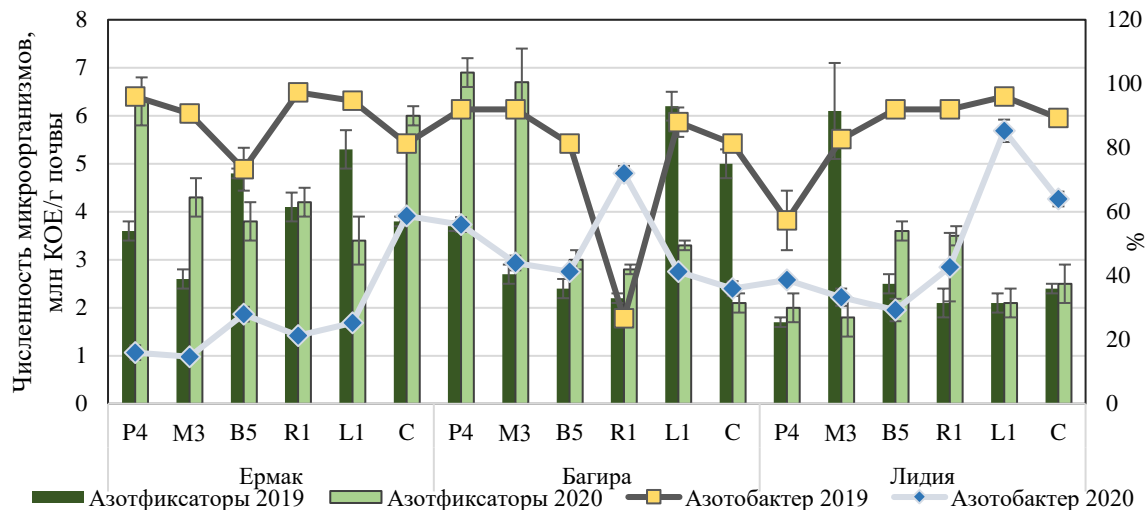


Рисунок 1 – Влияние штаммов с высоким ассоциативным потенциалом на численность азотфиксирующих микроорганизмов ризосферы пшеницы озимой (полевой опыт, 2019–2020 гг.)

Актинобактерии играют важную роль в рециркуляции веществ, так как способны метаболизировать сложные органические вещества, удалять ксенобиотические соединения, такие как пестициды, тяжелые металлы и др. [18]. В 2019 г. численность этой группы микроорганизмов увеличивалась в два раза под влиянием штаммов L1, R1 и B5 у сорта Ермак; у сорта Лидия под влиянием этих же штаммов увеличение составило от 1,7 до 2,7 раза относительно варианта без обработки. Снижение от 1,2 до 6,0 раз во всех вариантах у сорта Багира наблюдали в условиях первого года исследований (рисунок 2). В том же году численность микромицетов в ризосфере сортов Ермак и Багира увеличивалась в 1,2–3,4 раза под влиянием инокуляции, за исключением штаммов L1 у сорта Ермак и R1 у сорта Багира, находившихся на уровне контроля. Количество целлюлозолитических микроорганизмов в ризосфере пшеницы реагировало на инокуляцию штаммами в обратной зависимости от сорта. У сорта Ермак штаммы P4, B5 и R1 способствовали снижению данной группы в 1,5–2,0 раза, тогда как у сорта Багира – увеличению в 1,3–2,7 раза. В варианте со штаммом M3 отмечено увеличение численности целлюлозолитиков в 1,5 раза у сорта Ермак и такое же снижение наблюдали у сорта Багира. Эти показатели оставались на уровне контроля в варианте со штаммом L1. У сорта Лидия снижение целлюлозолитических микроорганизмов в ризосфере пшеницы отмечено во всех вариантах в условиях 2019 и 2020 гг. Численность микромицетов увеличивалась во всех вариантах в 1,4–2,0 раза, за исключением штамма B5, где произошло незначительное снижение.

Расчет коэффициентов и индексов, указывающих на направленность минерализационных процессов в почве, позволил установить, что инокуляция способствует их активизации в условиях двух лет (таблица 2).

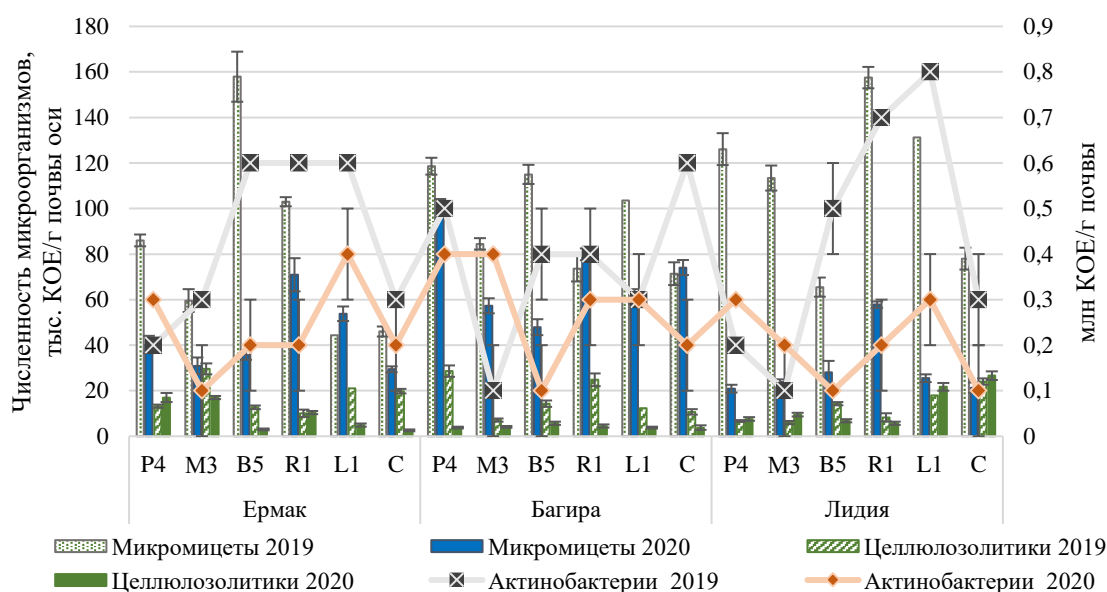


Рисунок 2 – Влияние штаммов с высоким ассоциативным потенциалом на численность микроорганизмов ризосферы пшеницы озимой (полевой опыт, 2019–2020 гг.)

В неблагоприятном по погодным условиям 2020 г. наблюдали повышение минерализационных процессов, что свидетельствует об увеличении иммобилизационных процессов в ризосфере пшеницы. У сорта Лидия инокуляция всеми ассоциативными штаммами снижала коэффициент минерализации до оптимальных значений.

Таблица 2 – Влияние штаммов с высоким ассоциативным потенциалом на направленность минерализационных процессов в ризосфере пшеницы озимой (полевой опыт, 2019–2020 гг.)

Вариант	Коэффициент								
	минерализации		олиготрофности		олигонитрофильности		педотрофности		
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	
Ермак	P4	0,6	1,4	0,2	0,5	0,7	2,7	0,4	1,7
	M3	1,9	1,5	0,3	0,6	1,1	1,2	1,1	1,9
	B5	1,1	1,8	0,5	1,2	1,0	1,7	0,3	3,0
	R1	1,3	0,9	0,4	0,3	0,7	0,8	0,2	1,4
	L1	0,9	2,2	0,1	0,7	0,6	1,2	0,2	2,8
	C*	0,4	1,0	0,1	0,7	0,6	1,6	0,3	0,9
Багира	P4	1,1	0,9	0,1	0,5	0,6	1,8	0,4	1,9
	M3	1,0	2,1	0,1	0,9	0,7	2,6	0,4	2,1
	B5	2,5	1,9	0,1	0,8	0,5	1,0	0,3	3,1
	R1	1,7	3,3	0,4	1,1	0,6	1,8	0,4	1,3
	L1	0,4	1,4	0,3	1,3	0,6	1,8	0,3	0,8
	C*	0,5	1,18	0,9	0,6	0,7	1,3	0,3	1,4
Лидия	P4	1,3	1,0	3,4	0,2	0,2	0,7	0,3	1,8
	M3	0,7	1,1	0,9	1,6	1,1	0,9	1,0	0,7
	B5	0,9	0,9	0,5	0,4	0,3	0,7	0,9	0,4
	R1	1,3	0,4	6,0	0,1	0,8	0,6	0,9	2,4
	L1	0,8	1,7	2,1	2,0	0,5	1,4	0,4	2,9
	C*	1,9	2,7	1,5	2,0	0,7	1,0	1,7	1,9

Примечание. *C – контроль без обработки.

Увеличение урожайности и ее компонентов за счет взаимодействия с интродуцируемыми в ризосферу микроорганизмами можно объяснить повышением азотфиксации, солубилизацией фосфатов, мобилизацией калия и продукцией стимулирующих рост растений веществ, активизирующих микробиологические процессы в почве, что способствует доступности питательных веществ растениям [19]. Из таблицы 3 следует, что в условиях более благоприятного 2019 г. происходила достоверная прибавка урожайности в варианте применения L1: на 0,63 т/га (13 %) – у сорта Ермак, на 0,4 т/га (8 %) – Багира и на 0,21 т/га (4 %) – Лидия ($p \leq 0,05$). На урожайность в среднем за два года у сортов Ермак и Лидия штаммы практически не оказали влияния, но и снизили ее в некоторых случаях. Сорт Багира является пластичным по своей характеристике и, возможно поэтому, оказался восприимчивым к инокуляции ассоциативными штаммами. Максимальное увеличение урожайности в среднем за два года у сорта Багира было в результате обработки штаммом B5 и составило 0,4 т/га (10 %) ($p \leq 0,05$).

Таблица 3 – Влияние штаммов с высоким ассоциативным потенциалом на урожайность пшеницы озимой (полевой опыт, 2019–2020 гг.)

Вариант		Урожайность, т/га по вариантам инокуляции штаммами			Средняя прибавка урожайности	
		2019 г.	2020 г.	Среднее	т/га	%
Ермак	P4	5,45	2,98	4,2	-	-
	M3	5,43	3,08	4,3	0,1	2,4
	B5	5,15	2,88	4,0	-	-
	R1	5,24	2,64	4,0	-	-
	L1	5,53	3,15	4,3	0,1	2,4
	C*	4,90	3,51	4,2	-	-
Багира	P4	4,91	3,12	4,0	-	-
	M3	5,09	3,47	4,3	0,3	7,5
	B5	5,17	3,65	4,4	0,4	10,0
	R1	5,11	3,19	4,2	0,2	5,0
	L1	5,41	2,92	4,2	0,2	5,0
	C*	5,01	3,00	4,0	-	-
Лидия	P4	5,12	3,52	4,3	0,1	2,4
	M3	5,11	3,25	4,2	-	-
	B5	5,14	3,25	4,2	-	-
	R1	5,17	3,32	4,2	-	-
	L1	5,29	3,50	4,4	0,2	4,8
	C*	5,08	3,42	4,2	-	-
НСР _{0,05}		A – 0,06; B – 0,11; AB – 0,15	A – 0,24; B – 0,37; AB – 0,65			

Примечание. *C – контроль без обработки.

Согласно корреляционному анализу в среднем по сортам и годам исследования на урожайность наибольшее влияние ($r = 0,81$, $p \leq 0,05$) оказывает численность бактерий рода *Azotobacter* (рисунок 3), который является показателем плодородия почвы и увеличивает урожайность растений за счет биосинтеза биологически активных веществ, производства фитопатогенных ингибиторов, изменения поглощения питательных веществ и увеличения биологической азотфиксации [20, 21].

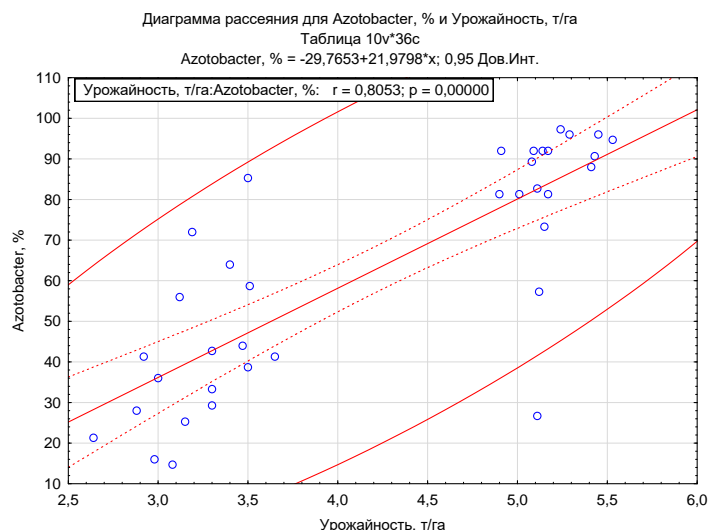


Рисунок 3 – Диаграмма рассеяния для численности *Azotobacter* и урожайности пшеницы озимой трех сортов (полевой опыт, 2019–2020 гг.)

Выводы

Таким образом, предпосевная обработка семян штаммами микроорганизмов с высоким ассоциативным потенциалом к пшенице озимой может стать эффективным биологическим приемом для экологически ориентированного земледелия и оптимизации питания растений.

Показано, что под влиянием ассоциативных к *T. aestivum* штаммов бактерий происходят изменения численности микроорганизмов различных эколого-трофических групп чернозема южного.

Установлено, что инокуляция микробными биоагентами способствует активизации минерализационных процессов в ризосфере пшеницы озимой. В условиях 2020 г. иммобилизационные процессы протекали интенсивнее, так как показатели коэффициента минерализации в большинстве вариантов были больше единицы. Также об этом свидетельствуют показатели численности некоторых групп микроорганизмов, которые участвуют в синтезе гумуса.

Выявлен наиболее отзывчивый на бактеризацию семян ассоциативными штаммами сорт Багира: увеличение по сравнению с контролем урожайности в среднем за два года исследований находилось в пределах 0,2–0,4 т/га или 5–10 %.

Работа выполнена в рамках государственного задания фундаментальных исследований № 0834-2019-0005 и при поддержке гранта РФФИ А18-016-00197.

Литература

1. Турусов В. И., Сауткина М. Ю., Чевердин А. Ю. Применение ассоциативных бактериальных удобрений в посевах зерновых культур // Материалы I Международной научно-практической интернет-конференции «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования». Каменная Степь: ГБНУ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В. В. Докучаева, 2016. С. 1445–1448.
2. Пиголева С. В., Захарченко Н. С., Фурс О. В., Тарлачков С. В., Фунтикова Т. В., Филонов А. Е., Ариповский А. В., Дьяченко О. В., Бурьянов Я. И., Шевчук Т. В. Влияние ассоциативных микроорганизмов на рост и устойчивость растений к ксенобиотикам и фитопатогенам // Прикладная биохимия и микробиология. 2020. Т. 56. № 4. С. 390-400. DOI: 10.31857/S0555109920040133.
3. Qi G., Pan Z., Andriamanohiarisoamanana F. J., Yamashiro T., Iwasaki M., Kawamoto K., Umetsu K. Isolation and characterization of plant growth promoting bacteria (PGPB) from anaerobic digestate and their effect on common wheat (*Triticum aestivum*) seedling growth // Int J Environ Agric Res. 2017. Vol. 3. No. 11. P. 46–52. DOI: 10.25125/agriculture-journal-IJOEAR-NOV-2017-11.

4. Шапошников А. И., Белимов А. А., Кравченко Л. В., Виванко Д. М. Взаимодействие ризосферных бактерий с растениями: механизмы образования и факторы эффективности ассоциативных симбиозов // Сельскохозяйственная биология. 2011. Т. 3. С. 16–22.
5. Shcherbakova E. N., Shcherbakov A. V., Andronov E. E., Gonchar L. N., Kalenskaya S. M., Chebotar V. K. Combined pre-seed treatment with microbial inoculants and Mo nanoparticles changes composition of root exudates and rhizosphere microbiome structure of chickpea (*Cicer arietinum* L.) plants // Symbiosis. 2017. Vol. 73. No. 1. P. 57–69. DOI: 10.1007/s13199-016-0472-1.
6. Chandra D., Srivastava R., Gupta V. V., Franco C. M., Sharma A. K. Evaluation of ACC-deaminase-producing rhizobacteria to alleviate water-stress impacts in wheat (*Triticum aestivum* L.) plants // Canadian journal of microbiology. 2019. Vol. 65. No. 5. P. 387–403. DOI: 10.1139/cjm-2018-0636.
7. Ahemad M., Kibret M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective // Journal of King saud University-science. 2014. Vol. 26. No. 1. P. 1–20. DOI: 10.1016/j.jksus.2013.05.001.
8. Шерстобоев Н. К., Мельничук Т. Н. Методологический подход к изучению ассоциативных микроорганизмов // Вестник Одесского национального университета. 2005. Т. 10. № 7. С. 311–315.
9. Теппер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. М.: Дрофа, 2005. 254 с.
10. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія // За ред. Волкогона В. В. Київ: Аграрна наука, 2010. 464 с.
11. Андріюк К. І., Іутинська Г. О., Антипчук А.Ф., Валагурова О. В., Козирицька В. Є. Функціонування мікробних угруповань ґрунту в умовах антропогенного навантаження. К.: Обереги, 2001. 239 с.
12. Титова В. И., Козлов А. В. Методы оценки функционирования микробценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества. Нижний Новгород: Нижегородская сельскохозяйственная академия, 2012. 64 с.
13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Пятое издание, переработанное и дополненное. М.: Альянс, 2014. 351 с.
14. Hui C., Sun P., Guo X., Jiang H., Zhao Y., Xu L. Shifts in microbial community structure and soil nitrogen mineralization following short-term soil amendment with the ammonifier *Bacillus amyloliquefaciens* DT // International Biodeterioration & Biodegradation. 2018. Vol. 132. P. 40–48. DOI: 10.1016/j.ibiod.2018.05.008.
15. Круглов Ю. В. Микробное сообщество почвы: физиологическое разнообразие и методы исследования // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 1. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.1.46rus.
16. Гонтарев С. А., Смирнов С. В. Биотехнология культивирования азотфиксирующих почвенных микроорганизмов. Барнаул, 2020. 48 с.
17. Кириченко Е., Титова Л., Коць С. Эффективность бактериализации семян пшеницы яровой новым штаммом *Azotobacter chroococcum* T79 // Stiinta agricola. 2017. № 1. С. 21–24.
18. Alvarez A., Saez J. M., Costa J. S. D., Colin V. L., Fuentes M. S., Cuzzo S. A., Amoroso M. J. Actinobacteria: current research and perspectives for bioremediation of pesticides and heavy metals // Chemosphere. 2017. Vol. 166. P. 41–62. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2016.09.070.
19. Game B. C., Ilhe B. M., Pawar V. S., Khandagale P. P. Effect of Azotobacter, phosphate solubilising bacteria and potash mobilising bacteria inoculants on productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.) // Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 2020. Vol. 9. No. 3. P. 2800–2807. DOI: 10.20546/ijcmas.2020.903.322.
20. Налбандян А. А., Безлер Н. В., Черепухина И. В. ПЦР-идентификация гена азотфиксации nifH у *Azotobacter* sp. // Сахар. 2019. № 9. С. 7–9.
21. Sumbul A., Ansari R. A., Rizvi R., Mahmood I. *Azotobacter*: A potential bio-fertilizer for soil and plant health management // Saudi Journal of Biological Sciences. 2020. DOI: 10.1016/j.sjbs.2020.08.004.

References

1. Turusov V. I., Sautkina M. Yu., Chevardin A. Yu. Application of associative bacterial fertilizers in grain crops // Materials of the I International Scientific and Practical Internet Conference “Modern ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management”. Kamennaya Step: Research Institute of Agriculture of the Central Black Earth Belt named after V.V. Dokuchaev, 2016. P. 1445–1448.
2. Pigoleva S. V., Zakharchenko N. S., Furs O. V., Tarlachkov S. V., Funtikova T. V., Filonov A. E., Aripovsky A. V., Dyachenko O. V., Buryanov Ya. I., Shevchuk T. V. Effect of associative microorganisms on plant growth and resistance to xenobiotics and phytopathogens // Applied Biochemistry and Microbiology. 2020. Vol. 56. No. 4. P. 390-400. DOI: 10.31857/S0555109920040133.
3. Qi G., Pan Z., Andriamanohiarisoamanana F. J., Yamashiro T., Iwasaki M., Kawamoto K., Umetsu K. Isolation and characterization of plant growth promoting bacteria (PGPB) from anaerobic digestate and their effect on common wheat (*Triticum aestivum*) seedling growth // Int J Environ Agric Res. 2017. Vol. 3. No. 11. P. 46–52. DOI: 10.25125/agriculture-journal-IJOEAR-NOV-2017-11

4. Shaposhnikov A. I., Belimov A. A., Kravchenko L. V., Vivanko D. M. Interaction of rhizosphere bacteria with plants: mechanisms of formation and factors of efficiency in associative symbiosis (review) // *Agricultural Biology (Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya)*. 2011. Vol. 3. P. 16–22.
5. Shcherbakova E. N., Shcherbakov A. V., Andronov E. E., Gonchar L. N., Kalenskaya S. M., Chebotar V. K. Combined pre-seed treatment with microbial inoculants and Mo nanoparticles changes composition of root exudates and rhizosphere microbiome structure of chickpea (*Cicer arietinum* L.) plants // *Symbiosis*. 2017. Vol. 73. No. 1. P. 57–69. DOI: 10.1007/s13199-016-0472-1.
6. Chandra D., Srivastava R., Gupta V. V., Franco C. M., Sharma A. K. Evaluation of ACC-deaminase-producing rhizobacteria to alleviate water-stress impacts in wheat (*Triticum aestivum* L.) plants // *Canadian Journal of Microbiology*. 2019. Vol. 65. No. 5. P. 387–403. DOI: 10.1139/cjm-2018-0636.
7. Ahemad M., Kibret M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective // *Journal of King Saud University-Science*. 2014. Vol. 26. No. 1. P. 1–20. DOI: 10.1016/j.jksus.2013.05.001.
8. Sherstoboev N. K., Melnichuk T. N. Methodological approach to the study of associative microorganisms // *Bulletin of the Odessa National University*. 2005. Vol. 10. No. 7. P. 311–315.
9. Tepper E. Z., Shilnikova V. K., Pereverzeva G. I. Workshop on Microbiology. Moscow: Drofa, 2005. 254 p.
10. Experimental soil microbiology: monograph // Ed. by Volkogon V. V. Kiev: Agrarna nauka, 2010. 446 p.
11. Andriyuk K. I., Iutinska G. O., Antypchuk A. F., Valagurova O. V., Kozyrytska V. E. Functioning of microbial soil groups under anthropogenic loading conditions. Kiev: Oberegy, 2001. 239 p.
12. Titova V. I., Kozlov A. V. Methods for assessing the functioning of the soil microbiocenosis involved in the transformation of organic matter. Nizhniy Novgorod: Agrarian Academy of Nizhniy Novgorod, 2012. 64 p.
13. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). 5th edition, appr. and add. Moscow: Alians, 2014. 351 p.
14. Hui C., Sun P., Guo X., Jiang H., Zhao Y., Xu L. Shifts in microbial community structure and soil nitrogen mineralization following short-term soil amendment with the ammonifier *Bacillus amyloliquefaciens* DT // *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2018. Vol. 132. P. 40–48. DOI: 10.1016/j.ibiod.2018.05.008.
15. Kruglov Yu. V. Microbial community of soil: physiological diversity patterns and assessment (review) // *Agricultural Biology (Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya)*. 2016. Vol. 51. No. 1. DOI: 10.15389/agrobiol.2016.1.46rus.
16. Gontarev S. A., Smirnov S. V. Biotechnology of cultivation of nitrogen-fixing soil microorganisms. Barnaul, 2020. 48 p.
17. Kirichenko E., Titova L., Kots S. Efficiency of bacterization of spring wheat seeds with a new strain of *Azotobacter chroococcum* T79 // *Stiinta agricola*. 2017. No. 1. P. 21–24.
18. Alvarez A., Saez J. M., Costa J. S. D., Colin V. L., Fuentes M. S., Cuzzo S. A., Amoroso M. J. Actinobacteria: current research and perspectives for bioremediation of pesticides and heavy metals // *Chemosphere*. 2017. Vol. 166. P. 41–62. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2016.09.070.
19. Game B. C., Ilhe B. M., Pawar V. S., Khandagale P. P. Effect of *Azotobacter*, phosphate solubilising bacteria and potash mobilising bacteria inoculants on productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*. 2020. Vol. 9. No. 3. P. 2800–2807. DOI: 10.20546/ijemas.2020.903.322.
20. Nalbandian A. A., Bezler N. V., Cherepukhina I. V. PCR identification of the nifH nitrogen fixation gene in *Azotobacter* sp. // *Sakhar*. 2019. No. 9. P. 7–9.
21. Sumbul A., Ansari R. A., Rizvi R., Mahmood I. *Azotobacter*: a potential bio-fertilizer for soil and plant health management // *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2020. DOI: 10.1016/j.sjbs.2020.08.004.

UDC 631.461: 579.64

Egovtseva A. Yu., Melnichuk T. N., Abdurashitov S. F., Andronov E. E., Abdurashitova E. R., Radchenko A. F., Ganotskaya T. L., Radchenko L. A.

INFLUENCE OF STRAINS ASSOCIATED WITH *TRITICUM AESTIVUM* L. ON MICROBIOCENOSIS IN THE RHIZOSPHERE OF WINTER WHEAT OF CHERNOZEM SOUTHERN

Summary. Pre-sowing inoculation with strains of associative bacteria is one of the promising methods for increasing the productivity of agricultural crops. These microorganisms are able to stimulate the growth processes of plants, improve their mineral nutrition, increase phytoimmunity and resistance to adverse factors. The aim of the research is to study the

*influence of strains with a high associative potential to *Triticum aestivum* L. on the microbiocenosis in the rhizosphere of soft wheat of several varieties grown on chernozem southern. The studies were carried out in 2018–2020 using three varieties – ‘Ermak’, ‘Bagheera’, ‘Lydia’. The experiments were laid on plots (accounting area – 25 m²) in systematic design, replicated four times. The climate of the study area is characterized as arid (steppe). Inoculation was carried out before wheat seeds sowing; option without treatment served as a control. Sampling was carried out in the most active phase – flowering (in May 2019 and 2020). In the course of the research, we found that changes in the number of microorganisms of various ecological-trophic groups of chernozem southern in the rhizosphere of wheat occur under the influence of bacterial strains associative to *T. aestivum*. Wheat variety ‘Bagheera’ was found to be the most responsive to seed bacterization; the average yield increase over two years of research was in the range of 0.2-0.4 t/ha or 5-10%. Calculation of coefficients and indices indicating the direction of mineralization processes in the soil made it possible to establish that inoculation promotes their activation. The results of the correlation analysis based on two-year data obtained after studying three varieties of winter wheat showed that the number of bacteria of the genus *Azotobacter* has the greatest influence on the yield – the correlation index is 0.81 at $p < 0.05$.*

Keywords: *microbiocenosis, associative strains, rhizosphere, *Triticum aestivum* L., chernozem southern.*

Еговцева Анна Юрьевна, научный сотрудник лаборатории молекулярной и клеточной биологии, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: eau82@mail.ru.

Мельничук Татьяна Николаевна, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории молекулярной и клеточной биологии, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: melnichuk7@mail.ru.

Абдурашитов Сулейман Февзиевич, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией молекулярной генетики, протеомики и биоинформатики в сельском хозяйстве, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: asuleyman83@rambler.ru.

Андронов Евгений Евгеньевич, доктор биологических наук, заведующий лабораторией микробиологического мониторинга и биоремедиации почв, ФГБНУ «Всероссийский научноисследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии»; 196608, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, шоссе Подбельского, 3; e-mail: eeandr@gmail.ru.

Абдурашитова Эльвина Расимовна, научный сотрудник лаборатории молекулярной и клеточной биологии, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: elvi-jadore@mail.ru.

Радченко Александр Федорович, старший научный сотрудник лаборатории семеноводства и сортоизучения новых генотипов отдела интродукции и технологий в полеводстве и животноводстве, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: o-radchenko@ukr.net.

Ганоцкая Татьяна Леонидовна, младший научный сотрудник лаборатории семеноводства и сортоизучения новых генотипов отдела интродукции и технологий в полеводстве и животноводстве, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: ganotskaya.tanya@mail.ru.

Радченко Людмила Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: l-radchenko@ukr.net.

Egovtseva Anna Yurievna, researcher of the Laboratory of molecular and cellular biology of FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: eau82@mail.ru.

Melnichuk Tatyana Nikolaevna, Dr. Sc. (Agr.), senior researcher, chief researcher of the Laboratory of molecular and cellular biology of FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: melnichuk7@mail.ru.

Abdurashitov Suleiman Fevziyevich, Cand. Sc. (Biol.), head of the Laboratory of molecular genetics, proteomics and bioinformatics in agriculture of FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: asuleyman83@rambler.ru.

Andronov Evgeniy Evgenievich, Dr. Sc. (Biol.), head of the Laboratory of microbiological monitoring and soil bioremediation of FSBSI “All-Russian Research Institute of Agricultural Microbiology”; 3, Podbelskogo Highway, Pushkin, Saint-Petersburg, 196608, Russia; e-mail: eeandr@gmail.ru.

Abdurashitova Elvina Rasimovna, researcher of the Laboratory of molecular and cellular biology of FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: elvi-jadore@mail.ru.

Radchenko Aleksandr Fedorovich, senior researcher of the Laboratory of seed growing and strain investigation of new genotypes of the Department of introductions and technologies in agriculture and livestock farming, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: o-radchenko@ukr.net.

Ganotskaya Tatyana Leonidovna, junior researcher of the Laboratory of seed growing and strain investigation of new genotypes of the Department of introductions and technologies in agriculture and livestock farming, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: ganotskaya.tanya@mail.ru.

Radchenko Ludmila Anatolievna, Cand. Sc. (Agr.), deputy director for scientific work, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: l-radchenko@ukr.net.

Дата поступления в редакцию – 10.09.2020.

Дата принятия к печати – 12.11.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-62-71

УДК 633.112:631.52

Иличкина Н. П., Самофалова Н. Е., Макарова Т. С., Дубинина О. А.
НОВЫЙ СОРТ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ЮБИЛЯРКА
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»

Реферат. Создаваемые сорта озимой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) должны сочетать потенциальную продуктивность с высоким качеством зерна и с устойчивостью к абиотическим и биотическим факторам внешней среды. Цель исследований – оценить новый сорт озимой твердой пшеницы Юбильярка, включенный в Госреестр селекционных достижений РФ по Северо-Кавказскому региону с 2019 г., по продуктивности, устойчивости к стрессфакторам и качеству зерна. Изучение сорта выполняли в АНЦ «Донской» в 2013–2019 гг. в питомнике конкурсного сортоиспытания по предшественникам: сидеральный пар, горох, кукуруза на зерно, подсолнечник. Основной метод создания сорта Юбильярка – внутривидовая ступенчатая гибридизация с последующим индивидуальным отбором. Экспериментальная часть исследований выполнена по методикам комиссии по испытанию и охране селекционных достижений, а также по методике полевого опыта. Оценивали морфологические, биологические, хозяйственно ценные признаки сорта Юбильярка. За годы изучения в конкурсном сортоиспытании превышение урожайности при посеве по сидеральному пару над стандартным сортом Дончанка составило 0,99 т/га. Новый сорт обладает в сравнении со стандартом повышенной жарозасухоустойчивостью как в начальные фазы роста и развития растений, так и в последующие периоды активной вегетации, достаточной зимостойкостью, устойчивостью к основным распространенным в регионе болезням. Качественные показатели зерна, крупки, макарон соответствуют требованиям ГОСТ РФ 9353-2016 и существующим стандартам на твердую пшеницу. Стекловидность в среднем за годы изучения составляла 91 % и выше, натура – 784 г/л, содержание белка в зерне – 14,29 %, клейковины – 24,7 %, качество клейковины (SDS-тест) – 33 мл, цвет макарон – 4,1 балл. Внедрение нового сорта в производство позволит увеличить валовые сборы зерна твердой пшеницы как для перерабатывающей промышленности, так и для использования на экспорт.

Ключевые слова: пшеница твердая (*Triticum durum* Desf.), сорт, урожайность, устойчивость, стабильность, качество.

Введение

Твердая пшеница (*Triticum durum* Desf.) по своей значимости и распространению занимает второе место после мягкой из всего видового разнообразия пшениц. Ценность ее заключается в том, что зерно этой культуры является незаменимым сырьем для изготовления высококачественных спагетти, макаронных и крупяных изделий, диетического и детского питания [1].

Посевные площади твердой пшеницы в мире варьируют от 12 до 15 млн га, при средней урожайности 3,8 т/га. По данным аналитического агентства Международного Совета по зерну (МСЗ) – International Grains Council (IGC), мировое производство твердой пшеницы варьирует от 37 до 40 млн т (около 5 % от общемирового уровня производства пшеницы) [2].

Основными производителями твердой пшеницы являются страны Северной Америки (Канада – 5–7,8 млн т, США – 1,5–2,8 млн т, Мексика – 2 млн т), Евросоюза (около 10 млн т), Северной Африки (Марокко, Алжир, Тунис – до 5 млн т) [2, 3].

Российская твердая пшеница, в отличие от мягкой, в мировом балансе практически отсутствует и относится к остродефицитным культурам [4]. Производство ее катастрофически уменьшается и составляет в последние годы 0,5–0,8 млн т в год, что не обеспечивает даже внутренний рынок, так как годовая потребность по оценкам специалистов около 1,5–2 млн т, а с учетом востребованности на мировом рынке – не менее 3–4 млн т [5, 6].

Такой спад производства зерна твердой пшеницы объясняется сокращением посевных площадей в традиционных районах возделывания – Поволжье, Западной Сибири, Алтайском крае и практически полным прекращением посевов на Юге России, в том числе и в Ростовской области, где до середины прошлого столетия твердая пшеница (яровая) была господствующей культурой, зерно которой пользовалось большим спросом как внутри страны, так и за рубежом [7]. Снижение интереса к этой ценной культуре объясняется тем, что по урожайности она в два–три раза уступает не только мягкой озимой, но и яровой, а также яровому ячменю.

Для решения проблемы дефицита производства твердой пшеницы селекционные учреждения юга России, в том числе и ФГБНУ «АНЦ «Донской»», занимаются выведением сортов озимой твердой формы, которые по аналогии с озимой мягкой значительно продуктивнее яровых. Чтобы быть конкурентоспособными, создаваемые сорта по урожайности должны приближаться к сортам озимой мягкой и по качеству отвечать требованиям ГОСТ 9353-2016 и мировым стандартам.

Выведение таких сортов с максимально возможным уровнем продуктивности и качества зерна, повышенной устойчивостью их к экологическим факторам среды является одной из актуальных задач селекции. Это влияние особенно заметно в неблагоприятные по условиям выращивания годы, когда наблюдают сильное варьирование урожайности [8, 9]. Поэтому в селекции озимой твердой пшеницы, которая в силу своих генетических возможностей обладает меньшей устойчивостью в сравнении с мягкой озимой, особое внимание уделяют комплексной оценке исходного материала по параметрам адаптивности и стабильности, что позволяет выделять перспективные генотипы [10–12]. Именно они представляют наибольшую ценность для стабильного по годам получения продукции в сельскохозяйственном производстве, способностью формировать высокий и качественный урожай в различных почвенно-климатических зонах, погодных и агротехнических условиях [13, 14].

Большинству этих требований отвечает новый сорт озимой твердой пшеницы Юбилярка, включенный в Госреестр селекционных достижений в 2019 г. по Северо-Кавказскому региону.

Цель исследований – оценить новый сорт озимой твердой пшеницы Юбилярка по продуктивности, устойчивости к стрессовым факторам и качеству зерна.

Материалы и методы исследований

Исследования выполняли в южной зоне Ростовской области в ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»».

Объектом для исследований послужил сорт озимой твердой пшеницы Юбилярка, выведенный методом внутривидовой ступенчатой гибридизации с использованием в качестве материнской формы сорта Харьковская 32 (Украина), отцовской – селекционной линии 841/00 (с.л. Курант) (АНЦ «Донской») (рисунок 1).

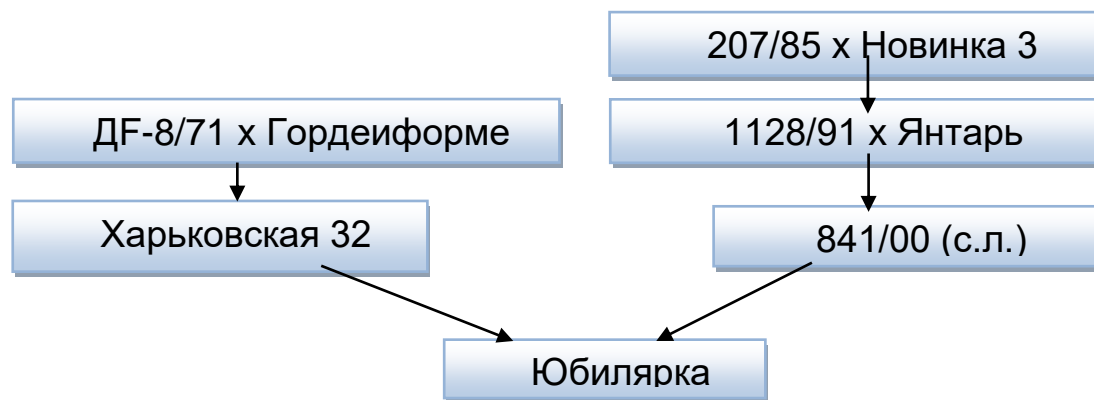


Рисунок 1 – Генеалогия сорта озимой твердой пшеницы Юбилярка

Новый сорт изучали в конкурсном сортоиспытании по предшественнику сидеральный пар в 2013–2019 гг., по другим предшественникам – горох, кукуруза на зерно, подсолнечник – в 2015–2019 гг. Стандарт – сорт Дончанка. Испытывали от 35 до 40 сортов и селекционных линий.

Посев осуществляли сеялкой «Wintersteiger Plotseed S» нормой высева 500 всхожих семян на 1 м². Учетная площадь делянки – 10 м², повторность – шестикратная, размещение делянок систематическое. Посев, фенологические наблюдения, оценки устойчивости сортов к полеганию, болезням, учет урожая, структурный анализ выполняли по методике Госкомиссии по испытанию и охране селекционных достижений [15] и методике полевого опыта [16]. Зимостойкость оценивали глазомерно в баллах после перезимовки, морозостойкость – путем промораживания посевных ящиков в камерах холодильной установки.

Засухоустойчивость и жаростойкость в начальный период роста и развития растений определяли в лабораторных условиях путем проращивания семян в растворах сахарозы и после тепловой обработки согласно методическому руководству ВИР «Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям» [17].

Устойчивость к болезням проводили по методикам Гешеле [18], R. F. Peterson [19], W. O. James [20], О. Ю. Кремневой, Г. В. Волковой [21].

Качественные показатели зерна и макарон определяли по методикам, изложенным в изданиях «Методы оценки технологических качеств зерна» [22], седиментацию (SDS-вариант) – по модифицированной методике для озимой твердой пшеницы [23].

Для оценки общей адаптивности сорта использовали показатели экологической пластичности и стабильности по S. A. Eberhart, W. A. Russell под редакцией В. А. Зыкина и др. [24]. Для расчетов выбрано семь сортов, включая стандартный сорт Дончанка, в результатах отражено два сорта.

Статистический анализ данных выполнен по Б. А. Доспехову [16].

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный, тяжелосуглинистый, характеризующийся карбонатностью, наличием мощного гумусового слоя до 120 см. Содержание гумуса в пахотном слое – 3,3 %, рН – 7,0, Р₂О₅ и К₂О – 24,4 и 360 мг/кг почвы соответственно [25].

Климат зоны полузасушливый, с умеренно жарким летом и умеренно мягкой зимой. Среднегодовое количество осадков составляет 450–600 мм, среднегодовая температура – 9,6 °С, сумма положительных температур за период вегетации – 3400–3600 °С с ГТК – 0,80–0,85. За летний период отмечается до 60 суховейных дней.

Погодные условия в годы проведения исследования по температурному режиму и количеству осадков были разными. Условия вегетационных сезонов 2014 и 2017 гг. были оптимальными во все периоды роста и развития растений; 2015 и 2016 гг. – характеризовались большим количеством осадков в период весенне-летней вегетации, что способствовало полеганию посевов, проявлению листовых болезней, стеканию зерна, снижению урожайности; 2013 и 2018 гг. в период активной вегетации были засушливыми; 2019 г. – сухой в предпосевной и посевной период (высокие температуры, отсутствие осадков и влаги в почве), из-за чего сроки сева были сдвинуты по сравнению с оптимальными на 15 дней, затем раннее наступление холодов отрицательно сказались на перезимовке нераскутившихся изреженных всходов, их дальнейшем росте и развитии.

Результаты и их обсуждение

Новый сорт озимой твердой пшеницы Юбилярка относится к Северо-Кавказской степной экологической группе. Колос пирамидальный, неопущенный, белый, среднеплотный. Ости белые, длинные, грубые, зазубренные. Колосковая чешуя ланцетная (длина 0,9–1,0 см, ширина 0,3–0,4 см), со слабой нервацией и выраженным боковым нервом. Киль выражен сильно, килевой зубец короткий, острый. Плечо скошенное, узкое. Зерно янтарно-светлое, стекловидное, полуудлиненной формы, с коротким слабоопущенным хохолком. Сорт обладает высокой потенциальной и реализуемой продуктивностью и во все годы изучения в конкурсном сортоиспытании достоверно превышал сорт-стандарт по урожайности (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность сортов озимой пшеницы в конкурсном сортоиспытании при посеве по сидеральному пару

Сорт	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
Дончанка (St.)	5,79	6,37	6,16	6,03	7,19	12,15	4,61	6,90
Юбилярка	7,03	8,10	7,17	6,59	8,06	12,67	5,61	7,89
Прибавка к стандарту	1,24	1,73	1,01	0,56	0,87	0,52	1,00	0,99
НСР ₀₅	0,33	0,29	0,45	0,52	0,42	0,49	0,45	

Средний за годы исследования сбор зерна нового сорта составил 7,89 т/га, превзойдя стандарт Дончанка на 0,99 т/га. Расчеты экологической пластичности и стабильности урожайности нового сорта показали, что сорт Юбилярка как и стандарт является высокоотзывчивым сортом на улучшение внешних условий выращивания, сохраняя при этом стабильные показатели продуктивности, коэффициент линейной регрессии (bi) составил 1,15, стабильности (σ^2d) – 0,06, у стандарта соответственно – 1,12 и 0,21. Стабильную урожайность Юбилярка формирует за счет уплотнения продуктивного стеблестоя в агроценозе (595 колосьев на 1 м²), крупности зерна (масса 1000 зерен – 41,6 г), массы зерна с колоса (1,36 г), уборочного индекса ($K_{хоз.}$) – 37,0 %. У стандартного сорта Дончанка количество продуктивных стеблей на 1 м² по сравнению с новым сортом было меньше на 83 шт.; масса 1000 зерен – на 6,0 г, масса зерна с колоса – на 0,08 г, уборочный индекс – на 1,7 % (таблица 2).

Согласно результатам изучения нового сорта, при посеве по другим предшественникам (горох, кукуруза на зерно, подсолнечник) в 2015–2019 гг. он также оказался более урожайным, чем стандартный сорт Дончанка, что свидетельствует о его пластичности (рисунок 2).

Таблица 2 – Элементы структуры урожайности сорта озимой твердой пшеницы Юбилярка по сидеральному пару (2013–2019 гг.)

Признак, свойство	Единица измерения	Сорт		± к стандарту
		Юбилярка	Дончанка	
Урожайность	т/га	7,89	6,90	0,99
Экологическая пластичность (bi)	коэф.	1,15	1,12	
Стабильность (σ^2d)	коэф.	0,06	0,21	
Продуктивный стеблестой	шт./м ²	595	512	73
Количество зерен в колосе	шт.	33,6	41,1	-7,5
Длина колоса	см	6,9	6,4	0,5
Масса 1000 зерен	г	41,6	35,6	6,0
Масса зерна с колоса	г	1,36	1,28	0,08
Количество колосков в колосе	шт.	17,2	21,5	-4,3
Выход зерна в общей массе урожая ($K_{хоз.}$)	%	37,0	35,3	1,7

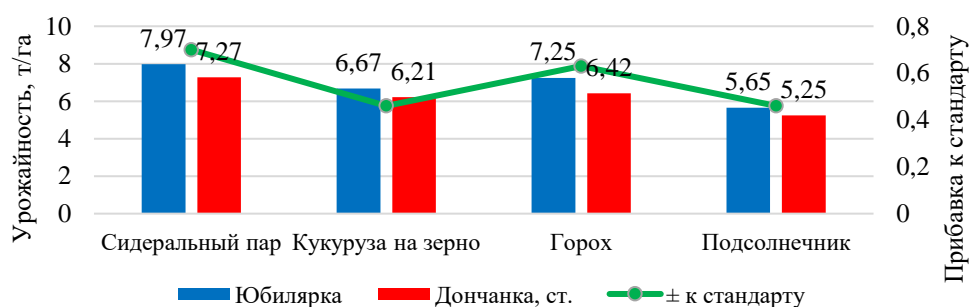


Рисунок 2 – Урожайность сортов озимой твердой пшеницы Юбилярка и Дончанка по предшественникам (среднее за 2015–2019 гг.)

Средняя прибавка урожайности зерна сорта Юбилярка к стандарту по предшественнику сидеральный пар составила 0,79 т/га ($НСР_{05} = 0,47$); кукуруза на зерно – 0,46 т/га ($НСР_{05} = 0,38$); горох – 0,83 т/га ($НСР_{05} = 0,62$), подсолнечник – 0,40 т/га ($НСР_{05} = 0,29$).

Новый сорт обладает полезными хозяйственно ценными признаками и свойствами – морозостойкостью, засухоустойчивостью, устойчивостью к таким болезням, как бурая ржавчина, мучнистая роса, септориоз (таблица 3).

Таблица 3 – Хозяйственно-биологическая характеристика сорта озимой твердой пшеницы Юбилярка (среднее за 2013–2019 гг.)

Признак, свойство	Единица измерения	Сорт		
		Юбилярка	Дончанка	
Вегетационный период	сутки	255	256	
Высота растений	см	89,3	83,2	
Устойчивость к полеганию	балл	4,2	3,1	
Зимостойкость	оценка перезимовки в поле	балл	4,7	4,6
	морозостойкость (при промораживании в КНТ-1 (-17 °С))	%	68,9	69,5
Засухоустойчивость	балл	4,5	4	
Индекс засухоустойчивости	отн.ед.	264	239	
Поражаемость болезнями на инфекционном фоне	бурой ржавчиной	%		
	мучнистой росой	балл	10–15	
	септориозом	%	15–20	
	твердой головней	%	27,9	48,4

Сорт среднеспелый, короткостебельный (высота растений 89,3 см, стандарт – 83,2 см), более чем стандарт устойчив к полеганию (4,2 балла, стандарт – 3,1 балла). По морозостойкости, как в полевых условиях, так и при промораживании в КНТ-1 не уступает лучшему в этом отношении сорту Дончанка (оценка перезимовки – 4,7 балла, морозостойкость при промораживании при –17 °С – 68,9 %, у Дончанки – 4,6 балла и 69,5 % соответственно).

Засухоустойчивость высокая не только при наливе и созревании зерна, но и в начальные периоды роста и развития растений. Индекс комплексной засухоустойчивости в этот период составил 264 отн. ед. и был выше стандарта на 25 отн. ед. В полевых условиях в засушливые 2013 и 2018 гг. сорт формировал более высокую урожайность (на 4,2 и 21,4 % выше стандарта), более крупное и высоконаатурное зерно (масса 1000 зерен – на 13,1 и 10,9 %, натура – на 3,0–20,1 % выше стандартного сорта Дончанка).

Достоинством нового сорта Юбилярка в технологическом отношении является крупность зерна (41,6 г), высоконаатурность (784 г/л), стекловидность (91 %), достаточное содержание белка (14,29 %), цвет макарон (4,1 балла), прочность (877 г), что необходимо для производства качественных макарон и крупки (таблица 4).

Таблица 4 – Технологические свойства зерна и макарон сорта озимой твердой пшеницы Юбилярка (2013–2019 гг.)

Признак, свойство	Единица измерения	Сорт		± к стандарту	НСР ₀₅
		Юбилярка	Дончанка		
Масса 1000 зерен	г	41,6	35,6	6,0	3,7
Стекловидность	%	91	87	4,0	2,2
Натура	г/л	784	759	25,0	12,0
Содержание белка	%	14,29	14,68	–0,39	0,25
Валовый сбор белка	т/га	1,13	1,01	0,12	
Содержание клейковины	%	24,7	24,6	0,1	0,35
SDS-седиментация	мл	33	33	0,0	3,5
Оценка фаринограммы	балл	7,0	5,0	2,0	0,7
Валориметрическая оценка	е.в.	52	44	8,0	0,71
Разжижения теста	е.в.	60	100	–40,0	11,5
Макароны:					
Цвет	балл	4,1	5	–0,9	0,5
Прочность	г	877	877	0,0	20,8
Разваримость: весовой	коэф.	3,3	3,2	0,1	0,2
Сухой остаток при варке	%	5,8	5,7	0,1	0,4
Общая оценка		3,6	4,1	–0,5	0,3

Сорт Юбилярка превосходит стандарт по урожайности, реологическим свойствам теста, но имеет более низкое содержание белка. В то же время валовый сбор белка с 1 га у нового сорта выше стандарта Дончанки на 0,12 т/га. В целом сорт Юбилярка по качеству зерна во все годы исследований соответствовал требованиям ГОСТ 9353-2016 для пшениц второго–третьего классов качества.

Выводы

Новый сорт озимой твердой пшеницы характеризуется высокой потенциальной продуктивностью (12,67 т/га). Средняя урожайность за 2013–2019 гг. по сидеральному пару составила 7,89 т/га, превзойдя стандарт на 0,99 т/га. Высокую урожайность сорт формирует и на разных по интенсивности фонах: гороху – 7,25 т/га, кукурузе на зерно – 6,67 т/га, подсолнечнику – 5,65 т/га.

Относительно высокий уровень урожайности нового сорта обеспечивается устойчивостью его к абиотическим и биотическим стрессорам – зимостойкости, жаро- и засухоустойчивости, устойчивости к полеганию и болезням.

Сорт Юбилярка имеет ряд преимуществ по качеству зерна (стекловидность – 91 %, натура – 784 г/л, масса 1000 зерен – 41,6 г), реологическим свойствам теста (валориметрическая оценка – 52 е.в., разжижение – 60 е.ф., конфигурация фаринограммы – 7 баллов). У сорта-стандарта эти показатели составили соответственно: 87 %, 759 г/л, 35,6 г, 44 е.ф., 100 е.ф., 5 баллов.

Новый высокоадаптивный сорт озимой твердой пшеницы Юбилярка может стать хорошим дополнением в спектре сортов этой культуры для использования в Ростовской области.

Работа выполнена в рамках Государственного задания согласно тематическому плану ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»» по теме № 0706-2019-0002.

Литература

1. Мудрова А. А. Селекция озимой твердой пшеницы на Кубани: монография. Краснодар: КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко, 2004. 190 с.
2. Гончаров С. В., Курашов М. Ю. Перспективы развития российского рынка твердой пшеницы // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 2. С. 66–75. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.2.66.
3. Мальчиков П. Н., Мясникова М. Г. Содержание желтых пигментов в зерне твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.): биосинтез, генетический контроль, маркерная селекция // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. № 24 (5). С. 501–511. DOI: 10.18699/VJ20.642.
4. Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Лещенко М. А., Дубинина О. А., Кравченко Н. С., Дерова Т. Г. Состояние и задачи селекции твердой озимой пшеницы в изменяющихся условиях климата // Аграрный вестник Урала. 2015. № 12 (142). С. 18–23.
5. Ложкин А. Г., Мальчиков П. Н., Мясникова М. Г. Яровая твердая пшеница в условиях Лесостепной зоны Чувашской республики // Зерновое хозяйство России. 2018. № 4 (58). С. 59–62. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-58-4-59-62.
6. Шевченко С. Н., Корчагин В. А., Горянин О. И., Мальчиков П. Н., Вьюшков А. А., Чичкин А. П. Производство высококачественного зерна яровой твердой пшеницы в Среднем Поволжье: научно-практическое руководство. Самара Самарский научный центр РАН, 2009. 75 с.
7. Калинин И. Г. Селекция озимой пшеницы. М: Родник, 1995. С. 20–84.
8. Козлобаев В. В., Ермакова Н. В. Особенности роста и развития озимой твердой и тургидной пшеницы в условиях лесостепных районов Центрально-Черноземной зоны // Сельскохозяйственная биология. 2009. № 1. С. 68–71.
9. Воробьев А. В., Воробьев В. А. Оценка адаптивной способности и стабильности сортов в селекции яровой пшеницы на Среднем Урале // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 6. С. 18–20.
10. Бражников П. Н. Селекционная работа с озимой рожью в экстремальных условиях севера Томской области // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 12. С. 10–12.
11. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 5. С. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.
12. Шапошников А. И., Моргунов А. И., Акин Б., Макарова Н. М., Белимов А. А., Тихонович И. А. Сравнительная характеристика корневых систем и корневой экссудации у синтетического примитивного и современного сортов пшеницы // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 1. С. 68–78. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.1.68rus.
13. Grebennikova I. G., Aleynikov A. F., Stepochkin P. I. Diallel analysis of the number of spikelets per spike in spring triticale // Bulgarian J. Agricultural Science. 2011. Vol. 17. No. 6. P. 755–759.
14. 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.
15. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур // Под общ. ред. М. А. Федина. М.: Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур при Министерстве сельского хозяйства СССР, 1985. 20 с.
16. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.

17. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: методическое руководство // Сост. С. Н. Дроздов и др. Л.: ВИР, ВАСХНИЛ, ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова, 1988. 226 с.
18. Гешеле Э. Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений. М.: Колос, 1978. 206 с.
19. Peterson R. F., Cambell A. B., Hannah A. E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals // *Canad. Journ. Res.* 1948. Vol. 26. P. 496–500.
20. James W. O. An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation and usage // *Canadian Plant Disease Survey.* 1971. No. 51. P. 39–65.
21. Кремнева О. Ю., Волкова Г. В. Диагностика и методы оценки устойчивости пшеницы к возбудителю желтой пятнистости листьев: методические рекомендации. М.: Агрус, 2007. 20 с.
22. Методы оценки технологических качеств зерна. М.: Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина, 1971. 136 с.
23. Самофалова Н. Е. SDS-седиментация в поэтапной оценке селекционного материала озимой пшеницы по качеству зерна. Ростов: ЗАО «Книга», 2014. 32 с.
24. Зыкин В. А., Белан И. А. Экологическая пластичность сельскохозяйственных растений (методика и оценка). Уфа: БашГАУ, 2011. 97 с.
25. Васильченко С. А., Метлина Г. В., Кравченко Н. С. Влияние сроков посева на качество семян, экономическую и энергетическую эффективность возделывания сои // *Зерновое хозяйство России.* 2019. № 2 (62). С. 3–7. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-3-7.

References

1. Mudrova A. A. Winter durum wheat breeding in the Kuban: monograph. Krasnodar: Krasnodar Research Institute of Agriculture named after P. P. Lukyanenko, 2004. 190 p.
2. Goncharov S. V., Kurashov M. Yu. Prospects for the development of the Russian durum wheat market // *Vestnik of Voronezh State Agrarian University.* 2018. No. 2. P. 66–75. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.2.66.
3. Malchikov P. N., Myasnikova M. G. The content of yellow pigments in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) grains: biosynthesis, genetic control, marker selection // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2020. No. 24 (5). P. 501–511. DOI: 10.18699/VJ20.642.
4. Samofalova N. E., Ilichkina N. P., Leshchenko M. A., Dubinina O. A., Kravchenko N. S., Derova T. G. State and tasks of hard winter wheat breeding under changing climate conditions // *Agrarian Bulletin of the Urals.* 2015. No.12 (142). P. 18–23.
5. Lozhkin A. G., Malchikov P. N., Myasnikova M. G. Spring durum wheat in the conditions of forest-steppe region of the Chuvash Republic // *Grain Economy of Russia.* 2018. No. 4 (58). P. 59–62. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-58-4-59-62.
6. Shevchenko S. N., Korchagin V. A., Goryanin O. I., Malchikov P. N., Vyushkov A. A., Chichkin A. P. Production of high-quality grain of spring durum wheat in the Middle Volga region: scientific and practical guidelines. Samara: Samara Scientific Center of RAS, 2009. 75 p.
7. Kalinenko I. G. Winter wheat breeding. Moscow: Rodnik, 1995. P. 20–84.
8. Kozlobayev V. V., Ermakova N. V. Features of the growth and the development of winter durum and turgid wheat in conditions of the forest-steppe regions of the Central Chernozem zone // *Agricultural Biology [Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya].* 2009. No. 1. P. 68–71.
9. Vorobyev A. V., Vorobyev V. A. The valuation of adaptive ability of stability of spring wheat varieties for selection in the Middle Ural // *Achievements of Science and Technology of AIC.* 2011. No. 6. P. 18–20.
10. Brazhnikov P. N. The history, results and prospects breeding work with winter rye in extreme condition of the north Tomsky area // *Achievements of Science and Technology of AIC.* 2010. No. 12. P. 10–12.
11. Rybas I. A. Breeding grain crops to increase adaptability (review) // *Agricultural Biology [Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya].* 2016. Vol. 51. No. 5. P. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.
12. Shaposhnikov A. I., Morgunov A. I., Akin B., Makarova N. M., Belimov A. A., Tikhonovich I. A. Comparative characteristics of root systems and root exudation of synthetic, landrace and modern wheat varieties // *Agricultural Biology [Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya].* 2016. Vol. 51. No. 1. P. 68–78. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.1.68rus.
13. Grebennikova I. G., Aleynikov A. F., Stepochkin P. I. Diallel analysis of the number of spikelets per spike in spring triticale // *Bulgarian J. Agricultural Science.* 2011. Vol. 17. No. 6. P. 755–759.
14. Malchikov P. N., Rozova M. A., Morgunov A. I., Myasnikova M. G., Zelenskiy 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.
15. Methodology of the state variety testing of agricultural crops // Under general editorship of M. A. Fedin. Moscow: State Commission for Variety Testing of Agricultural Crops under the USSR Ministry of Agriculture, 1985. 20 p.

16. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Kniga po trebovaniyu, 2012. 352 p.
17. Diagnostics of plant resistance to stress: methodological guidance // Compiler – Drozdov S. N. [et al.]. Leningrad: VIR, VASKhNIL, Vavilov Institute of Plant Industry, 1988. 226 p.
18. Geshele E. E. Fundamentals of phytopathological estimation in plant breeding. Moscow: Kolos, 1978. 206 p.
19. Peterson R. F., Cambell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals // Canad. Journ. Res. 1948. Vol. 26. P. 496–500.
20. James W. O. An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation and usage// Canadian Plant Disease Survey 1971. No. 51. P. 39–65.
21. Kremneva O. Yu., Volkova G. V. Diagnostics and methods for assessing wheat resistance to yellow leaf spot pathogen. Moscow: “Agrus”, 2007. 20 p.
22. Methods for assessing the technological qualities of grain. Moscow: V. I. Lenin Academy of Agricultural Sciences (VASKhNIL), 1971. 136 p.
23. Samofalova N. E. SDS-sedimentation in the stage-by-stage assessment of winter wheat breeding material for grain quality. Rostov: “Kniga ZAO” (Close Joint-stock Company), 2014. 32 p.
24. Zykin V. A., Belan I. A. Ecological adaptability of agricultural plants (methodology and assessment)]. Ufa: Bashkir State Agrarian University, 2011. 97 p.
25. Vasilchenko S. A., Metlina G. V., Kravchenko N. S. The sowing term effect on seed quality, economic and energetic efficiency of soybean cultivation // Grain Economy of Russia. 2019. No. 2 (62). P. 3–7. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-3-7.

UDC 633.112:631.52

Ilichkina N. E., Samofalova N. E., Makarova T. S., Dubinina O. A.

‘YUBILYARKA’ – NEW VARIETY OF WINTER DURUM WHEAT

Summary. *The developed varieties of winter durum wheat (*Triticum durum* Desf.) should combine potential productivity with high grain quality and resistance to abiotic and biotic environmental factors. The purpose of the current study was to evaluate a new winter durum wheat variety ‘Yubilyarka’ included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation in 2019 as permitted for use in the North Caucasus Region due to its productivity, resistance to stress factors and grain quality. The study of the variety was carried out at the test plot of the State Scientific Establishment “Agricultural research center “Donskoy” in 2013–2019. In the field trials (competitive variety testing), the winter durum wheat variety ‘Yubilyarka’ was sown after green fallow, peas, maize for grain, sunflower. Intraspecific step hybridization with a subsequent individual selection was the main method for creating variety ‘Yubilyarka’. The experimental part of the study was carried out according to the methods of the Commission for the Testing and Protection of Selection Achievements (Gossortcommission) and the methodology of field experiments. In the course of the research, the morphological, biological, and economically valuable traits of the variety ‘Yubilyarka’ were evaluated. During the study in the competitive variety testing, the yield increase, if compared to standard variety ‘Donchanka’, when sown after green fallow, was 0.99 t/ha. The new variety is more heat and drought tolerant (both in the initial phases of plant growth and development and in subsequent periods of active vegetation), is sufficiently winter hardy, and resistant to the main diseases in the region. The quality indicators of grain, groats, and pasta comply with the requirements of GOST RF 9353-2016 and existing standards for durum wheat. The grain vitreousness, on average, was 91 % and more, hectolitre weight – 784 g/l, protein content – 14.29 %, gluten content – 24.7 %, gluten quality (SDS test) – 33 ml, pasta color – 4.1 points. The introduction of the new variety into production will allow improving the gross yield of durum wheat both for the processing industry and for export use.*

Keywords: *durum wheat (*Triticum durum* Desf.), variety, productivity, resistance, stability, quality.*

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

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

Макарова Татьяна Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой твердой пшеницы, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: mts0304@mail.ru.

Дубинина Ольга Алексеевна, агроном лаборатории селекции и семеноводства озимой твердой пшеницы, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru.

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

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

Makarova Tatyana Sergeevna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the Laboratory of winter durum wheat breeding and seed production, SSE "Agricultural research center «Donskoy»"; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: mts0304@mail.ru.

Dubinina Olga Alekseevna, agronomist of the Laboratory of winter durum wheat breeding and seed production, SSE "Agricultural research center «Donskoy»"; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 28.07.2020.

Дата принятия к печати – 12.09.2020

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-72-80

УДК 633.313; 631.461.52

Козырева М. Ю., Басиева Л. Ж., Козырев А. Х.

СИМБИОТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОСЕВОВ ЛЮЦЕРНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА АЗОТНОГО ПИТАНИЯ

ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет»

Реферат. *Вопрос применения под бобовые культуры минеральных форм азота до сих пор вызывает споры ученых. С целью изучения активности симбиотической системы и продуктивности люцерны в зависимости от типа азотного питания и наличия симбиоза с вирулентным активным штаммом ризобий были заложены полевые опыты в экологических условиях предгорной зоны РСО-Алания. Исследования проводили на черноземе выщелоченном в 2017–2019 гг. Объектами являлись: посевы люцерны, промышленный штамм ризоторфина 425а, инокулюм высокогорных штаммов клубеньковых бактерий, а также стартовые дозы азотных удобрений. Размеры симбиотического аппарата изучали по методике Г. С. Посыпанова. Удельная активность симбиоза по годам варьировала от 4,2 до 9,0 мг/кг. Максимальное количество азота воздуха в сумме за три года фиксировано симбиотической системой люцерны в варианте с предпосевной инокуляцией семян высокогорными штаммами клубеньковых бактерий – 456,1 кг/га, что свидетельствует об их более высокой активности и конкурентоспособности в сравнении с промышленным штаммом ризоторфина 425а и аборигенными штаммами ризобий предгорной зоны РСО-Алания. Минеральные формы азота заметно ингибировали активность симбиотической системы, в связи с чем количество фиксированного азота сократилось на 3,5–9,0 %. В естественных условиях предгорной зоны рост и развитие растений были обеспечены атмосферным азотом на 66 %, остальную потребность в элементе (34 %) они удовлетворяли почвенным азотом. Максимальным вовлечением молекулярного азота атмосферы в биологический круговорот отличились варианты с предпосевной инокуляцией семян вирулентными активными штаммами ризобий, в которых доля участия азота воздуха в питании растений в среднем за три года составила 71–73 %.*

Ключевые слова: *люцерна (*Medicago varia* Mart.), штаммы, ризоторфин, азотфиксация, минеральный азот, симбиотический аппарат.*

Введение

В аграрной науке наметилась тенденция перехода на органическое сельское хозяйство, предполагающее широкое использование биологических методов оптимизации факторов среды для реализации биоресурсного потенциала агроценозов [1–4]. Сокращение или полный отказ от химических веществ в аграрном производстве позволит увеличить их экологическую безопасность [5, 6]. Технологии производства, лишённые искусственных удобрителей (загрязнителей) среды, будут окупаться высоким качеством получаемой продукции и оздоровлением всей экологической обстановки. Кроме того, сокращение антропогенного химического влияния на сельскохозяйственные посевы при одновременном увеличении естественных механизмов воздействия позволит существенно снизить себестоимость продукции, как в денежном, так и в энергетическом выражении.

Наиболее затратной статьёй в традиционных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур являются агрохимические средства и в первую очередь минеральные азотные удобрения. В США энергозатраты на производство и

использование азотных удобрений составляют около 35 % от общего объема энергопотребления в сельском хозяйстве, а в странах Западной Европы – 42 % [7]. Повышая стоимость получаемой продукции почти в полтора–два раза, минеральные формы азота чаще всего снижают её качество и загрязняют окружающую среду.

В этой ситуации бобовым культурам и их уникальной способности вступать в симбиотические отношения с клубеньковыми бактериями, в результате которой фиксируется азот атмосферы, отводится особо ценная роль в биологизации земледелия и переходе на органическое сельское хозяйство [8, 9].

Растения и микроорганизмы связаны между собой многочисленными, сложившимися в процессе коэволюции связями, потому их необходимо изучать как единую систему, открытую и лабильную, мгновенно реагирующую на любые изменения в биоценозе [10]. Однако при достаточно хорошей изученности вопросов агротехники бобовых культур, в то же время, по отдельным элементам технологии нет единого мнения ученых, что вызывает споры в научных кругах. К таким нерешенным элементам относится вопрос применения под бобовые культуры минеральных форм азота.

Цель исследований – изучение симбиотической активности и продуктивности люцерны в зависимости от типа азотного питания в экологических условиях предгорной зоны РСО-Алания.

На обсуждение в данной статье вынесены задачи по определению общего и активного симбиотических потенциалов, удельной активности симбиоза, объемов азотфиксации, а также доли участия источников азота в питании растений люцерны.

Материалы и методы исследований

Полевые опыты проведены в условиях учебно-научно-производственного отдела Горского ГАУ в 2017–2019 гг. Территория опытного участка расположена в III агроклиматическом районе, в предгорной зоне РСО-Алания на высоте 520 м над уровнем моря (н.у.м.). Район характеризуется как недостаточно влажный, с коэффициентом увлажнения в пределах 0,20–0,26. Осадков за год выпадает 420–650 мм. Почвенный покров представлен в основном черноземом выщелоченным, который подстилается галечником с глубины 60–80 см и характеризуется средним содержанием гумуса 4,5–6,0 % [11].

В полевом опыте изучали симбиотическую активность инокулюма на основе местных штаммов клубеньковых бактерий [12], отобранных в высокогорных условиях (1800 м н.у.м., с. Зарамаг, РСО-Алания), а также промышленный штамм ризоторфина 425а, рекомендуемый исследователями в данных природно-климатических условиях [13, 14]. Инокуляцию семян проводили непосредственно перед посевом из расчета 300 г препарата на гектарную норму семян. Для изучения целесообразности применения минеральных форм азота использовали аммиачную селитру в форме стартовых доз: 30 кг/га д.в. под предпосевную культивацию, 30 кг/га – рано весной на посевах второго года жизни растений и 30 кг/га – рано весной на посевах третьего года жизни растений.

Схема опыта и его обоснование:

1. Контроль – естественное плодородие почвы.
2. Ин-1800 – предпосевная инокуляция семян инокулюмом штаммов азотфиксирующих бактерий, отобранных в высокогорных условиях.
3. Шт. 425а – предпосевная инокуляция семян промышленным штаммом ризоторфина (штамм 425а) (Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, г. Санкт-Петербург).
4. N₃₀ – ежегодное внесение стартовых доз минеральных форм азота.
5. N₃₀ + Ин – совместное применение предпосевной инокуляции семян

высокогорными штаммами азотфиксирующих бактерий и ежегодных стартовых доз минеральных форм азота.

Размеры симбиотических потенциалов, активность и объемы азотфиксации определяли и рассчитывали по методике, предложенной Посыпановым Г. С. [15].

Результаты и их обсуждение

Основным показателем, определяющим размеры симбиотического аппарата бобовых растений, многие исследователи считают симбиотический потенциал [16, 17], который определяется по аналогии с фотосинтетическим потенциалом (ФП). В отличие от ФП по симбиотическому потенциалу определяют два показателя – общий и активный (таблица 1).

Таблица 1 – Симбиотические потенциалы люцерны в зависимости от типа азотного питания (кг × дней/га)

Год	Вариант					НСР ₀₅
	контроль	Ин-1800	шт. 425а	N ₃₀	N ₃₀ + Ин	
Общий симбиотический потенциал (ОСП)						
2017 (год посева)	5 290	8 800	7 870	5 130	7 230	380
2018 (второй год жизни)	38 400	49 390	46 980	36 070	48 950	875
2019 (третий год жизни)	21 950	28 850	28 120	21 850	25 640	633
Активный симбиотический потенциал (АСП)						
2017 (год посева)	4 920	8 220	7 440	4 770	6 690	342
2018 (второй год жизни)	37 330	48 100	45 630	34 990	47 670	810
2019 (третий год жизни)	21 730	28 590	27 870	21 630	25 380	590
Доля АСП в ОСП (%)						
2017 (год посева)	93,0	93,4	94,5	93,0	92,5	
2018 (второй год жизни)	97,2	97,4	97,1	97,0	97,4	
2019 (третий год жизни)	99,0	99,1	99,1	99,0	99,0	

Общий симбиотический потенциал (ОСП), характеризующий размеры всего симбиотического аппарата за вегетацию, находился в нашем опыте в диапазоне 5 130–49 390 кг × дней/га в зависимости от года пользования посевами и типа азотного питания.

Минимальные объемы ОСП были сформированы в год посева, при этом в контрольном варианте величина ОСП составила 5290 кг × дней/га. Минеральные формы азота в варианте N₃₀ ингибировали симбиотический аппарат и ОСП в данном случае был минимальным во все годы исследований (5130 кг × дней/га в 2017 г., 36070 кг × дней/га в 2018 г. и 21850 кг × дней/га в 2019 г.). Предпосевная инокуляция семян активными штаммами ризобий на фоне стартовых доз азотных удобрений (N₃₀ + Ин) существенно увеличила размеры ОСП (на 2100 кг × дней/га в 2017 г., на 12880 кг × дней/га в 2018 г. и на 3790 кг × дней/га в 2019 г.), но и здесь можно констатировать факт ингибирования бобоворизобияльного симбиоза также, как и в варианте без минеральных форм азота, а лишь с инокуляцией семян (Ин-1800), размеры ОСП были сформированы существенно больше (на 1570 и 3210 кг × дней/га в 2017 и 2019 гг. соответственно).

В сравнении с контрольным вариантом стартовые дозы азотных удобрений снизили ОСП в год посева на 3,0 % (до 5130 кг × дней/га), в остальных вариантах опыта наблюдали увеличение показателя ОСП: инокуляция семян промышленным штаммом ризоторфина – на 48,8 % (до 7870 кг × дней/га), высокогорные штаммы ризобий – на 66,4 % (до 8800 кг × дней/га), внесение стартовых доз азота на фоне инокуляции семян активными штаммами ризобий – на 36,7 % (до 7230 кг × дней/га).

Во второй и третий годы пользования посевами размеры ОСП значительно возросли, однако различия между вариантами заметно выровнялись. Так, если в год

посева разница между контролем и вариантом Ин-1800 достигала 66,4 % (3 510 кг × дней/га), то в последующие годы она сократилась до 28–31 % (6 900–10 990 кг × дней/га). Негативный эффект от стартовых доз азота в пятом варианте также сократился: с 17,8 % (1570 кг × дней/га) в год посева до 0,9–11,1 % (440–3210 кг × дней/га) на второй и третий годы жизни в сравнении со вторым вариантом (Ин-1800).

На формирование размеров активного симбиотического потенциала (АСП) оказывали действие те же факторы, что и на ОСП, в связи с чем общая закономерность в размерах АСП между вариантами сохранилась с учетом лишь того, что доля АСП в ОСП составляла в год посева от 92,5 до 94,5 %, а во второй и третий годы опытов – 97,0–99,1 %.

Анализируя данные по годам, можно отметить, что в начале второго года пользования посевами все варианты опыта имели уже определенный сформированный симбиотический аппарат после года посева, поэтому размеры симбиотических потенциалов за вегетацию второго года жизни были на порядок выше и достигали максимума за всё время опытов (см. таблицу 1). Этим же можно объяснить и тот факт, что внесение стартовых доз азота весной в посевах второго года пользования оказало менее существенное влияние на размеры симбиотических аппаратов, нежели в год посева. Аналогичную закономерность отмечали и в посевах третьего года пользования, из чего можно заключить, что минеральные формы азота оказывают отрицательное влияние на развитие симбиотического аппарата. Следует отметить, что на начальных этапах формирования симбиотического аппарата негативное действие минерального азота более выражено, чем в последующие сроки, когда клубеньковые бактерии на корнях бобовых уже развиты и активно вовлечены в процесс азотфиксации.

Важным показателем при изучении симбиотического аппарата бобовых растений является показатель удельной активности симбиоза (УАС), которая, согласно методике [15] может быть рассчитана лишь в сравнении между двумя вариантами и при условии отсутствия внесения минеральных форм азота. Поэтому мы провели расчеты между контрольным вариантом и вариантами с предпосевной инокуляцией семян высокогорными штаммами ризобий и промышленным штаммом ризоторфина, после чего вывели средние показатели по годам (рисунок 1).

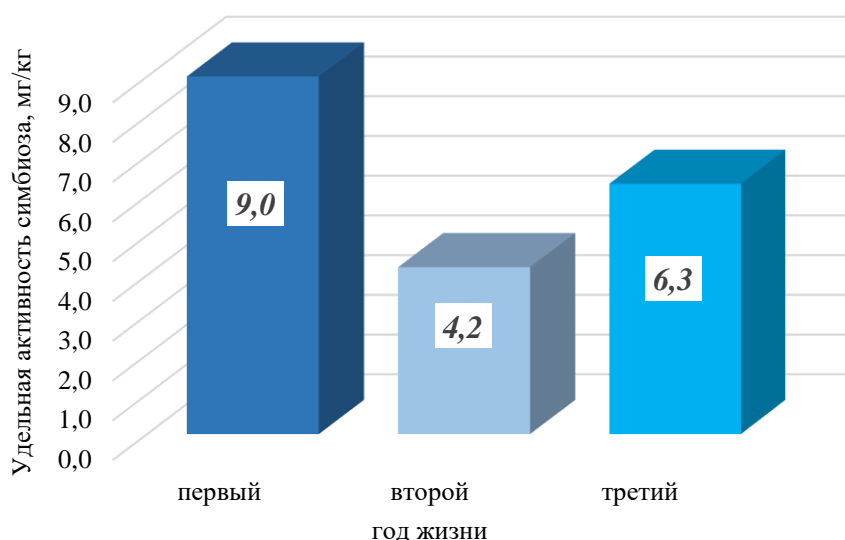


Рисунок 1 – Удельная активность симбиоза

Расчеты УАС показали сравнительно высокие показатели по годам – от 4,2 до 9,0 мг/кг, при этом показатели первого года пользования посевами были выше показателей последующих годов. Многие исследователи связывают различия величины УАС по годам только с климатическими условиями года. На наш взгляд, к данному мнению необходимо добавить еще и биологию самих ризобий, которые в первый год развития на корневой системе бобовых (год инфицирования) проявляют бóльшую активность в сравнении с последующими периодами. Кроме того, существенным недостатком в данных расчетах является несовершенство самой методики, основанной на одинаковой активности ризобий в различных вариантах опыта.

Итоговым показателем, характеризующим активность симбиотической системы бобовых и ризобий, является количество фиксированного молекулярного азота атмосферы (таблица 2).

В первый год жизни растений симбиотической системой люцерны зафиксировано от 42,9 до 74,0 кг/га азота. Минимальное количество азота фиксировано в варианте с внесением стартовой дозы азотных удобрений, практически столько же азота (на 1,4 кг/га больше) фиксировали посевы в естественных условиях (контроль). Предпосевная инокуляция семян позволила существенно увеличить показатель азотфиксации. Так, в варианте N₃₀ + Ин зафиксировано на 17,3 кг/га (40,3 %) больше азота, чем в варианте N₃₀, а для вариантов, где применяли только инокуляцию семян активными штаммами ризобий превышение над контролем составило 22,7–29,7 кг/га или 51–67 %.

Таблица 2 – Количество фиксированного азота воздуха симбиотической системой люцерны в зависимости от типа азотного питания (кг/га)

Год	Вариант					НСР ₀₅
	контроль	Ин-1800	Шт. 425a	N ₃₀	N ₃₀ +Ин	
2017 (год посева)	44,3	74,0	67,0	42,9	60,2	2,8
2018 (второй год жизни)	156,8	202,0	191,6	147,0	195,2	4,9
2019 (третий год жизни)	136,9	180,1	175,6	136,3	159,9	4,2
Сумма за три года	338,0	456,1	434,2	326,2	415,3	

На второй год пользования посевами объемы азотфиксации были максимальными в опыте – 147,0–202,0 кг/га, сохранив ту же закономерность между вариантами, которую отмечали в год посева. На третий год пользования посевами объемы азотфиксации несколько сократились и составили 136,3–180,1 кг/га.

В сумме за три года опытов максимальное количество азота воздуха (456,1 кг/га) было фиксировано посевами люцерны в варианте с предпосевной инокуляцией семян высокогорными штаммами клубеньковых бактерий, что свидетельствует об их более высокой активности и конкурентоспособности в сравнении с промышленным штаммом ризоторфина 425a и аборигенными штаммами ризобий предгорной зоны РСО-Алания (контрольный вариант). Минеральные формы азота заметно ингибировали активность симбиотической системы, в связи с чем количество фиксированного азота сократилось на 3,5–9,0 % в соответствующих вариантах за всё время пользования посевами.

Большой научный и практический интерес представляют сведения об участии источников азота в питании растений. В наших исследованиях помимо азота почвы и атмосферы, растения получали азот из минеральных азотных удобрений в четвертом и пятом вариантах. Доля участия азота воздуха в общем потреблении этого элемента растениями зависит от активности симбиотической системы, которая была значительно выше в вариантах с предпосевной инокуляцией семян активными штаммами ризобий и существенно различалась по годам пользования посевами. Средние данные по вариантам за три года опытов обобщены на рисунке 2.

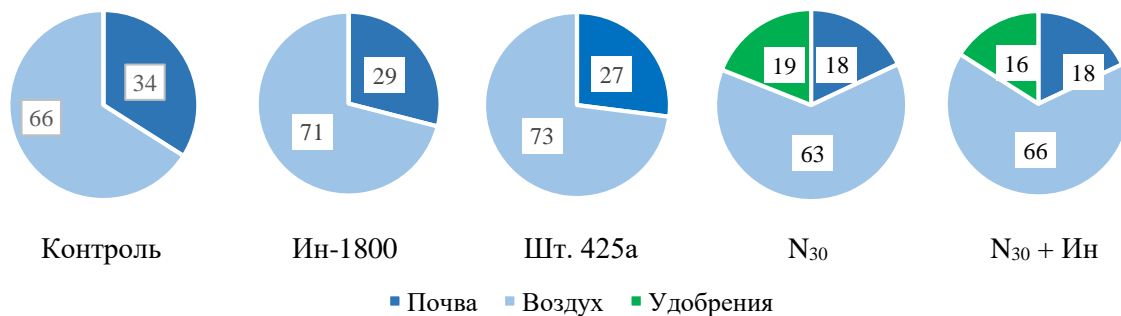


Рисунок 2 – Доля источников азота в питании растений люцерны, %

В естественных условиях (контрольный вариант) рост и развитие растений были обеспечены атмосферным азотом на 66 %, остальную потребность в элементе (34 %) они удовлетворяли почвенным азотом. На таком же уровне азот воздуха использовался посевами пятого варианта, однако остальная часть была получена как из почвы – 18 %, так и из азотных удобрений – 16 %. Наименьшее количество азота воздуха – 63 %, использовали посевы в четвертом варианте, где применяли только стартовые дозы минеральных форм азота, а остальная часть потребленного азота распределилась примерно одинаково между почвой и удобрениями. Максимальным вовлечением молекулярного азота атмосферы в биологический круговорот, как и следовало ожидать, отличились варианты с предпосевной инокуляцией семян вирулентными активными штаммами ризобий, в которых доля участия азота воздуха в питании растений в среднем за три года составила 71–73 %.

Выводы

Минеральные формы азота оказывают отрицательное влияние на развитие симбиотического аппарата, причем на начальных этапах его формирования негативное действие минерального азота более выражено, чем в последующие сроки, когда клубеньковые бактерии на корнях бобовых уже развиты и активно вовлечены в процесс азотфиксации.

Удельная активность симбиоза составила по годам от 4,2 до 9,0 мг/кг, при этом показатели первого года пользования посевами были выше показателей последующих годов.

В сумме за три года опытов максимальное количество азота воздуха было фиксировано посевами люцерны (456,1 кг/га) в варианте с предпосевной инокуляцией семян высокогорными штаммами клубеньковых бактерий, что свидетельствует об их более высокой активности и конкурентоспособности в сравнении с промышленным штаммом ризоторфина 425a и аборигенными штаммами ризобий предгорной зоны РСО-Алания (контрольный вариант). Минеральные формы азота ингибировали активность симбиотической системы, в связи с чем количество фиксированного азота сократилось на 3,5–9,0 % в соответствующих вариантах за всё время пользования посевами.

В естественных условиях предгорной зоны рост и развитие растений были обеспечены атмосферным азотом на 66 %, остальную потребность в элементе (34 %) они удовлетворяли почвенным азотом. Максимальным вовлечением молекулярного азота атмосферы в биологический круговорот отличились варианты с предпосевной инокуляцией семян вирулентными активными штаммами ризобий, в которых доля участия азота воздуха в питании растений в среднем за три года составила 71–73 %.

Литература

1. Базаева Л. М., Алборова П. В., Ханаева Д. К. Агрэкологические приемы повышения иммунных и продуктивных свойств озимой пшеницы // Агропродовольственная политика России. 2017. № 11 (71). С. 102–105.
2. Патент РФ № 2284680. Способ некорневой подкормки семенников бобовых трав. Бекузарова С. А., Фарниев А. Т., Щедрина Д. И. 10.10.2006.
3. Кокоев Х. П., Сабанова А. А. Влияние биопрепаратов и баковых смесей на структуру урожая и продуктивность сои // Материалы Всероссийской научно-практической конференции в честь 90-летия факультета технологического менеджмента «Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции» Владикавказ: ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет», 2019. С. 82–85.
4. Рябова О. В. PGPR-свойства ризосферного изолята *Streptomyces sp.* A-4 // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 4(20). С. 96–110. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-4-20-96-110.
5. Патент РФ № 2250586. Способ создания долголетних культурных пастбищ на склоновых землях // Басаев Б. Б., Бекузарова С. А., Газданов А. У. 27.04.2005.
6. Патент РФ № 2137340. Способ внесения удобрений при возделывании бобовых трав // Фарниев А. Т., Бекузарова С. А., Герасименко М. В. 20.09.1999.
7. Агрэкология // Под ред. Черникова В. А., Чекереса А. И. М.: Колос, 2000. 536 с.
8. Bekuzarova S. A., Kozyrev A. Kh., Shabanova I. A., Lushenko G. V., Weissfeld L. I. Enhancing of nitrogen fixation by legumes // BIO Web Conf. 2020. No. 23. 02006. DOI: 10.1051/bioconf/20202302006.
9. Kozyreva M. Yu., Basieva L. Zh., Nagham M. H., Chibirova A. Kh., Khetagurov Kh. M. Growth and development of Alfalfa depending on the type of nitrogen nutrition // BIO Web Conf. 2020. No. 23. 03007. DOI: 10.1051/bioconf/20202303007.
10. Овчаренко Н. С., Козырев А. Х. Микромицеты ароматических и лекарственных растений Крыма. Владикавказ: ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет», 2018. 256 с.
11. Дзанагов С. Х. Плодородие почв и удобрения. Орджоникидзе: Ир, 1987. 199 с.
12. Патент РФ № 2188531. Способ инокуляции семян бобовых трав // Бекузарова С. А., Фарниев А. Т., Сабанова А. А. 10.09.2002.
13. Доев Д. Н., Козырев А. Х. Агрэкологическое значение посевов люцерны в условиях вертикальной зональности РСО-Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. 2016. Т. 53. № 4. С. 223–228.
14. Посыпанов Г. С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха. М.: Агропромиздат, 1991. 300 с.
15. Фарниев А. Т., Козырев А. Х. Ресурсосберегающая технология возделывания люцерны на сено и семена // Известия Горского государственного аграрного университета. 2013. Т. 50. № 2. С. 67–75.
16. Цоциева В. П., Болатати Н. О. Размеры и активность симбиотического аппарата посевов клевера при использовании высокогорных штаммов клубеньковых бактерий // Известия Горского государственного аграрного университета. 2015. Т. 52. № 4. С. 26–32.
17. Farniev A. T., Kozyrev A. Kh., Sabanova A. A., Kokoev Kh. P., Khanaeva D. K., Bazaeva L. M., Alborova P. V. Biologizing technologies for crops cultivation // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Iss. 6. No. 5. P. 8956–8962. DOI: 10.5281/zenodo.2669529.

References

1. Bazaeva L. M., Alborova P. V., Khanaeva D. K. Agroecological techniques to increase immune and productive properties of winter wheat // Agro-Food Policy of Russia. 2017. No. 11 (71). P. 102–105.
2. Patent of the Russian Federation No. 2284680. Method of non-root feeding of leguminous grass seeds // Bekuzarova S. A., Farniev A. T., Shchedrina D. I. 10.10.2006.
3. Kokoev Kh. P., Sabanova A. A., Farniev A. T. Effects of biopreparations and tank mixtures on crop structure and soybean productivity // Materials of the All-Russian scientific and practical conference in honor of the 90th anniversary of the faculty of technological management “Innovative technologies for agricultural production and processing”. Vladikavkaz: Gorsky State Agrarian University, 2019. P. 82–85.
4. Ryabova O. V. PGPR-properties of the rhizosphere isolate *Streptomyces sp.* A-4 // Taurida Herald of the Agrarian Science. 2019. No. 4(20). P. 96–110. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-4-20-96-110.
5. Patent of the Russian Federation No. 2250586. Way to create long-lasting cultural pastures on slope lands // Basaev B. B., Bekuzarova S. A., Gazdanov A. U. 27.04.2005.
6. Patent of the Russian Federation No. 2137340. Method of fertilization during cultivation of leguminous herbs // Farniev A. T., Bekuzarova S. A., Gerasimenko M. V. 20.09.1999.
7. Agroecology: a textbook for university students // Ed. by Chernikov V. A., Chekeres A. I. Moscow: Kolos, 2000. 536 p.
8. Bekuzarova S. A., Kozyrev A. Kh., Shabanova I. A., Lushenko G. V., Weissfeld L. I.

Enhancing of nitrogen fixation by legumes // BIO Web Conf. 2020. No. 23. 02006. DOI: 10.1051/bioconf/20202302006.

9. Kozyreva M. Yu., Basieva L. Zh., Nagham M. H., Chibirova A. Kh., Khetagurov Kh. M. Growth and development of Alfalfa depending on the type of nitrogen nutrition // BIO Web Conf. 2020. No. 23. 03007. DOI: 10.1051/bioconf/20202303007.

10. Ovcharenko N. S., Kozyrev A. Kh. Micromycetes of aromatic and medicinal plants of Crimea. Vladikavkaz: Gorsky State Agrarian University, 2018. 256 p.

11. Dzanagov S. Kh. Soil fertility and fertilizers. Ordzhonikidze: Ir, 1987. 199 p.

12. Patent of the Russian Federation No. 2188531. Method of inoculation of leguminous grass seeds // Bekuzarova S. A., Farniev A. T., Sabanova A. A. 10.09.2002.

13. Doev D. N., Kozyrev A. Kh. The agro-environmental value of alfalfa crops in conditions of vertical zonation in North Ossetia–Alania // Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 2016. Vol. 53. No. 4. P. 223–228.

14. Posypanov G. S. Methods of studying biological fixation of air nitrogen. Moscow: Agropromizdat, 1991. 300 p.

15. Farniev A. T., Kozyrev A. Kh. Resource-saving technology to cultivate lucerne on hay and seeds // News of Gorsky State Agrarian University. 2013. Vol. 50. No. 2. P. 67–75.

16. Tsotsieva V. P., Bolatati N. O. The size and activity of symbiotic apparatus of clover crops when using high-mountain strains of nodule bacteria // Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 2015. Vol. 52. No. 4. P. 26–32.

17. Farniev A. T., Kozyrev A. Kh., Sabanova A. A., Kokoev Kh. P., Khanaeva D. K., Bazaeva L. M., Alborova P. V. Biologizing technologies for crops cultivation // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Iss. 6. No. 5. P. 8956–8962. DOI: 10.5281/zenodo.2669529.

UDC 633.313; 631.461.52

Kozyreva M. Yu., Basieva L. Zh., Kozyrev A. Kh.

SYMBIOTIC ACTIVITY OF *MEDICAGO VARIA* MART. DEPENDING ON THE TYPE OF NITROGEN NUTRITION

Summary. *The issue of the use of mineral forms of nitrogen for legumes is still a source of debate among scientists. Under the environmental conditions of the foothill zone of RNO-Alania, the field experiments were laid to study the activity of the symbiotic system and the productivity of the alfalfa depending on the type of nitrogen nutrition and the presence of a virulent active strain of rhizobia. The research was carried out in 2017–2019. Soil – chernozems leached. Objects: crops of *Medicago varia* Mart.; industrial strain of rhizotorphin 425a; inoculum of high-mountain strains of nodule bacteria; starting doses of nitrogen fertilizers. The dimensions of the symbiotic apparatus were studied according to the G.S. Posypanov method. The specific activity of symbiosis was 4.2 to 9.0 mg/kg. The maximum amount of air nitrogen (456.1 kg/ha) for three years of experiments was fixed by the symbiotic system of alfalfa in the variant with pre-sowing seed inoculation with high-mountain strains of nodule bacteria. This indicates their higher activity and competitiveness compared to the industrial strain of rhizotorphin 425a and indigenous strains of rhizobia from the pre-mountain zone of RNO-Alania. Mineral forms of nitrogen significantly inhibited the activity of the symbiotic system. As a result, the amount of fixed nitrogen decreased by 3.5–9.0 %. In the pre-mountain zone, under natural conditions, the growth and development of plants were provided with atmospheric nitrogen by 66 %, the rest of the need for the element (34 %) they satisfied with soil nitrogen. The maximum involvement of molecular nitrogen of the atmosphere in the biological cycle was distinguished by the variant with pre-sowing inoculation of seeds by virulent active strains of rhizobia, in which the share of air nitrogen participation in plant nutrition averaged 71–73 % over the three years of research.*

Keywords: *Medicago varia* Mart., strains, rhizotorphin, nitrogen fixation, mineral nitrogen, symbiotic apparatus.

Козырева Марина Юрьевна, аспирант, ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет»; 362040, Россия, Республика Северная Осетия-Алания, г. Владикавказ, ул. Кирова, 37; e-mail: marina.kozyreva.85@mail.ru.

Басиева Лариса Жураповна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства и экологии ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет»; 362040, Россия, Республика Северная Осетия-Алания, г. Владикавказ, ул. Кирова, 37; e-mail: alagirka@yandex.ru.

Козырев Асланбек Хасанович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры землеустройства и экологии ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет»; 362040, Россия, Республика Северная Осетия-Алания, г. Владикавказ, ул. Кирова, 37; e-mail: ironlag@mail.ru.

Kozyreva Marina Yurievna, postgraduate student, Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “Gorsky State Agrarian University”; 37, Kirov str., Vladikavkaz, Republic of North Ossetia-Alania, Russia, 362040; e-mail: marina.kozyreva.85@mail.ru.

Basieva Larisa Zhurapovna, Cand. Sc. (Agr.), associate professor of the Department of land administration and ecology, Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “Gorsky State Agrarian University”; 37, Kirov str., Vladikavkaz, Republic of North Ossetia-Alania, Russia, 362040; e-mail: alagirka@yandex.ru.

Kozyrev Aslanbek Khasanovich, Dr. Sc. (Agr.), professor of the Department of land administration and ecology, Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “Gorsky State Agrarian University”; 37, Kirov str., Vladikavkaz, Republic of North Ossetia-Alania, Russia, 362040; e-mail: ironlag@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 21.04.2020.

Дата принятия к печати – 12.07.2020

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-81-89

УДК 633.854.78

Костенкова Е. В.¹, Бушнев А. С.²

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНОЙ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ
НА УРОЖАЙНОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ
КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

¹ ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»;

² ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта»

Реферат. Крым относится к засушливой природно-климатической зоне, основной лимитирующий фактор которой – естественная влагообеспеченность растений. Цель исследований – установить закономерности влияния гидрометеорологических факторов (запасов влаги в почве перед посевом, количества осадков и ГТК за вегетационный период) на урожайность подсолнечника при различных сроках посева (I, II, III декады апреля) и густоте стояния растений (30, 40, 50, 60, 70 тыс. шт./га). Исследования проводили в ФГБУН «НИИСХ Крыма» (с. Клепинино) в 2017–2019 гг. на ультрараннеспелом гибриде Авангард. Закладку полевых опытов, учеты, анализы и статистическую обработку данных осуществляли в соответствии с методиками проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами. Тесная корреляция отмечена между урожайностью культуры при раннем сроке посева (I декада апреля) и количеством осадков мая (коэффициент корреляции $r = 0,932$); при посеве во II декаде апреля – количеством осадков мая ($r = 0,977$) и запасами влаги перед посевом ($r = 0,978$); при более позднем посеве (III декада апреля) – запасами влаги перед посевом ($r = 0,892$). Тесная положительная связь ($r = 0,853–0,972$) отмечена при оптимальной для региона густоте стояния растений (40 тыс. шт./га) между количеством осадков апреля–мая, запасами влаги в почве перед посевом и урожайностью подсолнечника, что свидетельствует о высоком значении влагообеспеченности этого периода в формировании продуктивности культуры. В загущенных посевах (50–70 тыс. шт./га) самая тесная связь ($r = 0,916–0,938$) отмечена между урожайностью и количеством осадков мая, что делает последние первостепенными и определяющими при возделывании культуры с такой густотой, при которой конкуренция за влагу возрастает с увеличением количества растений на единице площади. Наиболее тесные связи ГТК с урожайностью подсолнечника отмечены в апреле и мае ($r = 0,833–0,967$), когда растения интенсивно растут и требуют достаточного количества влаги.

Ключевые слова: подсолнечник (*Helianthus annuus* L.), урожайность, осадки вегетационного периода, запасы влаги в почве перед посевом, корреляция.

Введение

Первые попытки определения связей урожайности подсолнечника с климатическими условиями регионов его возделывания предпринимались еще в конце 50-х годов XX века [1]. В 2012 г. объединенным исследовательским центром JRC (EU) (служба науки и знаний Европейской комиссии, которая нанимает ученых для проведения исследований с целью предоставления независимых научных консультаций и поддержки политики ЕС) был подготовлен проект AVEMAC, в котором на период 2020–2030 гг. прогнозировалось потенциальное распределение биоэнергетических культур в Европе в условиях современного и будущего климата с моделированием урожайности при помощи CropSyst (многолетняя мультикультурная ежедневная модель моделирования растениеводства с временным шагом, разрабатываемая командой на кафедре инженерии биологических систем

Вашингтонского государственного университета) [2–4]. Согласно всем климатическим моделям данного проекта, потенциальное возделывание подсолнечника планируется более чем на 60 % территории Южной Европы (35–44° N). При этом количество осадков должно составлять от 350 до 1500 мм в год при минимальной и максимальной месячных температурах 15 и 39 °С в период с апреля по сентябрь [5].

В условиях степной части Крыма в последние годы в течение вегетационного периода подсолнечника наблюдали перепады температуры воздуха, возврат холодов весной, суховеи, что оказывало значительное влияние на урожайность культуры, особенно во время формирования агрофитоценозов.

На Крымском полуострове годовое количество осадков в 2017 г. составило 287,8; в 2018 г. – 553,1; в 2019 г. – 426,9 мм. ГТК за вегетационные периоды *Helianthus annuus* L. в эти годы составлял 0,5; 0,7 и 0,8 соответственно, что по Селянинову оценивается как засушливые условия [6].

Продуктивность и агроэкологическая устойчивость культуры характеризуются отзывчивостью на находящиеся под агротехническим контролем факторы, в том числе на сроки посева и густоту стояния растений [7, 8]. Изучение влияния данных элементов агротехники на способность подсолнечника усваивать атмосферные осадки позволяет определить степень зависимости от того или иного признака и более подробно изучить тесноту связи, определяемой коэффициентом корреляции [9].

Цель исследований – установить закономерности влияния природной влагообеспеченности региона и гидрометеорологических факторов (запасов влаги в почве перед посевом, количества осадков и ГТК за вегетационный период) на урожайность подсолнечника в зависимости от сроков посева и густоты стояния растений.

Материалы и методы исследований

Эксперименты проводили в 2017–2019 гг. на опытном поле ФГБУН «НИИСХ Крыма» в зоне южных слабогумусированных черноземов на желто-бурых лессовидных легких глинах. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика почвы опытного участка (среднее за 2017–2019 гг.)

Тип почвы	Содержание в почве		
	подвижного фосфора, мг/100 г*	подвижного калия мг/100 г*	гумуса, %**
Южный слабогумусированный чернозем на желто-бурых лессовидных легких глинах	5,6	35	2.29

Примечание. * по Мачигину Б. П., ** по Тюрину И. В.

Изучали урожайность подсолнечника при различных сроках посева (первый срок, когда температура почвы на глубине 8–10 см устойчиво прогрелась и в течении 3–5 дней составила 6–9 °С, второй – через 10 дней после первого срока посева, третий – через 20 дней после первого срока посева) и густоте стояния растений (30, 40, 50, 60 и 70 тыс. раст./га). Повторность в опыте трехкратная, общая площадь делянки – 28 м², учётная – 14 м². Объект исследований – очень ранний гибрид подсолнечника Авангард. Уборку проводили малогабаритным комбайном «Сампо-130», с последующим пересчетом на 10 % влажность семян и 100 % чистоту.

При проведении исследований зафиксирована неравномерность распределения осадков за предшествующий севу подсолнечника осенне-зимне-весенний период, формирующий запасы влаги в почве, и по месяцам за вегетационный период (таблица 2).

Таблица 2 – Распределение осадков в годы исследований, мм (метеостанция с. Клепинино)

Год	Сумма осадков за сентябрь–март	Месяц						Сумма осадков за апрель–сентябрь
		апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	
Среднегодовое	229,0	32,0	35,0	62,0	45,0	45,0	30,0	249,0
2017	250,7	39,9	23,6	20,5	12,6	53,2	1,1	150,9
2018	170,2	3,1	15,6	46,3	136,8	4,3	88,8	294,9
2019	325,0	27,2	23,9	119,6	67,5	0,6	21,1	266,9

В 2017 г. с мая по июнь отмечен дефицит осадков, что в комплексе с повышенным температурным режимом в этот период оказало негативное воздействие на урожайность культуры. Количество осадков в начале вегетации растений в 2018 г. также было недостаточным, что привело к почвенной и атмосферной засухе и отрицательно повлияло на их продуктивность. В III декаде июня ситуация изменилась – осадки выпали в количестве 225 % от нормы, а в III декаде июля их сумма составила 101 мм (360 % от среднегодовой нормы).

При этом среднесуточная температура воздуха в течение девяти дней (на четыре дня больше среднегодовых данных) (рисунок 1) составляла 30 °С и выше, что в комплексе с переувлажнением вызвало проявление болезней на растениях *H. annuus*. Погодные условия 2019 г. благоприятствовали вегетации культуры, так как характеризовались сравнительно хорошей влагообеспеченностью, отсутствием суховея и пониженным температурным режимом.

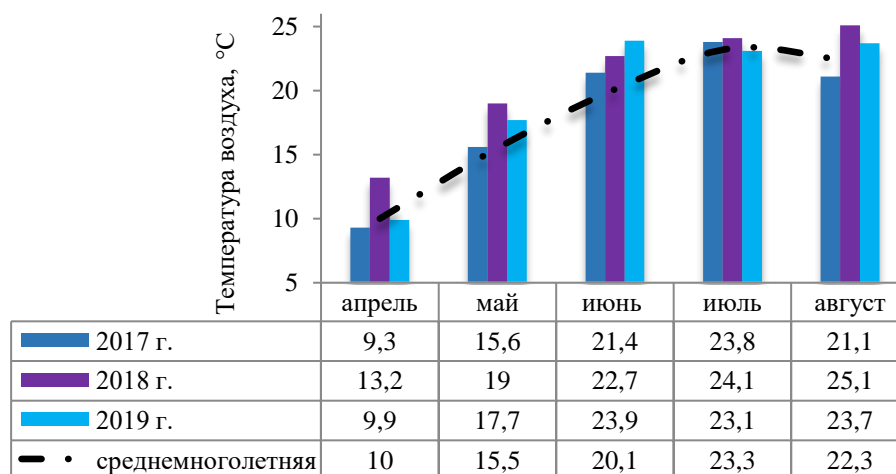


Рисунок 1 – Среднесуточная температура воздуха в период вегетации подсолнечника (метеостанция с. Клепинино, 2017–2019 гг.)

Закладку полевых опытов, учеты, анализы и статистическую обработку данных осуществляли в соответствии с методическими указаниями Б. А. Доспехова [10] и методиками проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами [11, 12].

Корреляционный анализ влияния осадков за предшествующий севу подсолнечника осенне-зимне-весенний период, запасов влаги в почве перед посевом, осадков за апрель–июнь (период активного роста и формирования урожая подсолнечника в условиях Крыма) и ГТК за вегетационный период на урожайность подсолнечника при различных сроках посева и густоте стояния растений проводили в программе Microsoft Excel.

Гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова (ГТК) рассчитывали по формуле: $K = R \times 10 / \Sigma t$; где R – сумма осадков в миллиметрах за

период с температурами выше +10 °С, Σt – сумма температур (°С) за то же время [6] по данным метеостанции с. Клепинино.

Результаты и их обсуждение

За годы исследований установлено, что на урожайность подсолнечника оказывали влияние как сроки посева, которые отличались по влагообеспеченности предшествовавшего сезону осенне-зимне-весеннего периода и вегетации культуры, так и густота стояния растений. Наибольшая урожайность семян отмечена при посеве в первой декаде апреля с густотой стояния растений 40 тыс. шт./га – 1,37 т/га (таблица 3). Семенная продуктивность подсолнечника снижалась с увеличением густоты стояния растений с 40 до 70 тыс. шт./га независимо от срока посева.

Таблица 3 – Урожайность подсолнечника при различных сроках посева и густоте стояния растений, т/га (среднее за 2017–2019 гг.)

Густота стояния растений, тыс. шт./га (фактор В)	Срок посева (фактор А)			Среднее по фактору В, НСР ₀₅ = 0,16
	I декада апреля	II декада апреля	III декада апреля	
30	1,08	1,05	1,08	1,07
40	1,37	1,22	1,28	1,29
50	1,27	1,18	1,09	1,18
60	1,13	1,12	1,10	1,12
70	1,07	1,08	1,04	1,06
Среднее по фактору А, НСР ₀₅ = 0,12	1,18	1,13	1,12	-
НСР ₀₅ для частных средних = 0,27				

Необходимо отметить, что запасы влаги в метровом слое почвы перед посевом подсолнечника отличались по годам: в 2017 и 2019 гг. они оказались на одном уровне (88,9–98,8 мм) и по срокам посева различались незначительно – не более 10 мм, а в 2018 г., напротив, были значительно ниже (38,9–76,7 мм), причем во второй и третьей декадах апреля их количество стало критически малым для возделывания полевых культур – 38,9–43,6 мм (таблица 4).

Таблица 4 – ГТК вегетационного периода (в числителе) и запасы влаги в метровом слое почвы перед посевом подсолнечника, мм (в знаменателе)

Год	Срок посева		
	I декада апреля	II декада апреля	III декада апреля
2017	0,5	0,5	0,5
	98,8	88,9	94,5
2018	0,7	0,7	0,7
	76,7	38,9	43,6
2019	0,8	0,8	0,8
	88,9	89,8	98,7

Корреляция ГТК с урожайностью по отдельным месяцам (июнь и август) оказалась слабой положительной ($r = 0,400-0,405$), а в июле – сильной отрицательной ($r = -0,786$). Наиболее тесные связи ГТК с урожайностью подсолнечника отмечены в апреле и мае ($r = 0,833-0,967$), когда у растений наблюдается интенсивный рост и требуется достаточное количество влаги (таблица 5).

Таблица 5 – Коэффициенты корреляции (r) между урожайностью подсолнечника и значениями ГТК по месяцам вегетационного периода (2017–2019 гг.)

ГТК (месяц)				
апрель	май	июнь	июль	август
0,833**	0,967**	0,400	-0,786*	0,405

Примечание. * достоверно при уровне значимости $p \leq 0,05$; ** достоверно при уровне значимости $p \leq 0,01$.

Проведенный корреляционный анализ позволил определить тесные связи между урожайностью и влагообеспеченностью различных периодов роста и развития подсолнечника в засушливых условиях степного Крыма (таблица 6).

Таблица 6 – Коэффициенты корреляции между урожайностью подсолнечника и влагообеспеченностью при различных сроках посева (среднее за 2017–2019 гг.)

Срок посева	Запасы влаги в почве перед посевом	Осадки (месяц)			ГТК за вегетационный период
		апрель	май	июнь	
I декада апреля	0,752*	0,814*	0,932*	0,412	0,648*
II декада апреля	0,978*	0,931*	0,977*	0,229	0,505
III декада апреля	0,892*	0,665*	0,878*	0,649*	0,835*

Примечание. * достоверно при уровне значимости $p \leq 0,01$.

Основные жизненные процессы послепосевного периода связаны с набуханием, прорастанием семян и появлением всходов. Температура почвы в этот момент является определяющим фактором внешней среды, однако на процесс набухания семян она особого влияния не оказывает (набухание происходит практически одинаково как при 5–6 °С, так и при 10–12 °С, при этом семена поглощают до 80–90 % воды от своей массы). Прорастание, в свою очередь, зависит от температурного режима, и оптимальной для получения всходов считается температура почвы на глубине заделки семян от 8 до 14 °С. При благоприятных условиях семена прорастают, используя 60–70 % воды. Именно поэтому очень важны запасы влаги в почве на момент посева [12].

В условиях степной зоны Крыма ранний посев подсолнечника проводят в первой и второй декадах апреля. Полноценное прорастание семян, формирование будущей глубокопроникающей корневой системы и вегетативных органов обуславливает хорошая влагообеспеченность в этот период. Так, при посеве подсолнечника в эти сроки прослеживали значимость количества выпавших осадков – в апреле ($r = 0,814–0,931$) и в мае более эффективными оказались осадки мая ($r = 0,878–0,977$). Кроме того, на формирование будущей урожайности культуры существенное влияние оказывают запасы влаги в почве перед посевом, особенно при посеве во второй ($r = 0,978$) и третьей ($r = 0,892$) декадах апреля.

Таким образом, растения подсолнечника при раннем сроке посева в основном формировали урожай семян благодаря осадкам, выпавшим в апреле–мае. Следовательно, именно осадки в этот период являются основополагающими при возделывании подсолнечника в степной зоне Крыма, так как обеспечивают дружное появление всходов, а также формирование мощной корневой системы и вегетативных органов растений.

Между урожайностью и ГТК вегетационного периода тесная связь отмечена только при третьем сроке посева ($r = 0,835$), что объясняется повышением сумм эффективных температур, обуславливающих интенсивный рост и развитие растений в начальный период вегетации.

В условиях степной части Крыма возделывание подсолнечника в годы с низкой обеспеченностью влагой, как в почве, так и атмосферными осадками в процессе вегетации культуры приводит к значительным потерям урожая, особенно усугубляющимся при загущении посевов (таблица 7).

Между количеством осадков апреля–мая, запасами влаги в почве перед посевом и урожайностью подсолнечника, высеянного с густотой стояния 30–40 тыс. раст./га, отмечена очень тесная положительная связь ($r = 0,853–0,972$), что свидетельствует о высоком значении влагообеспеченности этого периода в формировании продуктивности культуры.

Таблица 7 – Коэффициенты корреляции урожайности подсолнечника и влагообеспеченности при различной густоте стояния растений (среднее за 2017–2019 гг.)

Густота стояния растений, тыс. шт./га	Запасы влаги в почве перед посевом	Осадки (месяц)			ГТК за вегетационный период
		апрель	май	июнь	
30	0,856**	0,929**	0,953**	0,171	0,448
40	0,853**	0,860**	0,972**	0,400	0,651
50	0,768*	0,763*	0,916**	0,499	0,718*
60	0,798**	0,787*	0,952**	0,534	0,759*
70	0,788*	0,774*	0,938**	0,531	0,752*

Примечание. * достоверно при уровне значимости $p \leq 0,05$; ** достоверно при уровне значимости $p \leq 0,01$.

Таким образом, отсутствие осадков в эти весенние месяцы может приводить к существенным потерям урожая. Однако при загущении посева до 50–70 тыс. раст./га самая тесная связь отмечена между урожайностью и количеством осадков мая, что делает их первостепенными и определяющими при возделывании культуры в посевах с такой густотой. Также здесь отмечен несколько больший положительный коэффициент корреляции ($r > 0,7$) между ГТК вегетационного периода и урожайностью, что свидетельствует о его высокой значимости в формировании урожая культуры в загущенных посевах. Это объясняется тем, что в агрофитоценозе подсолнечника конкуренция за влагу тем выше, чем больше густота стояния растений; с ее усилением ускоряется истощение почвенных запасов влаги, а значит, многократно возрастает роль последующих осадков вегетационного периода.

Выводы

В ходе исследований выявлена степень влияния запасов влаги в почве перед посевом, выпадения осадков за апрель–июнь и ГТК за вегетационный период на урожайность подсолнечника при различных сроках посева и густоте стояния растений в засушливых условиях степного Крыма за период 2017–2019 гг. Самая тесная связь отмечена между урожайностью культуры и, при раннем сроке посева (I декада апреля), количеством осадков мая (коэффициент корреляции $r = 0,932$); при посеве во II декаде апреля – количеством осадков в мае ($r = 0,977$) и запасами влаги перед посевом ($r = 0,978$); при более позднем посеве (III декада апреля) – запасами влаги перед посевом ($r = 0,892$). При оптимальной для региона густоте стояния растений (40 тыс. шт./га) между количеством осадков апреля–мая, запасами влаги в почве перед посевом и урожайностью подсолнечника отмечена очень тесная положительная связь ($r = 0,853–0,972$), что говорит о высоком значении влагообеспеченности этого периода в формировании продуктивности культуры, в то время как в загущенных посевах (50–70 тыс. шт./га) самая тесная связь отмечена между урожайностью и количеством осадков мая, что делает их первостепенными и определяющими при возделывании культуры в посевах с такой густотой, в которых конкуренция за влагу возрастает с увеличением густоты стояния растений. Наиболее тесные связи ГТК с урожайностью подсолнечника отмечены в апреле и мае ($r = 0,833–0,967$), в период, когда у растений наблюдается интенсивный рост и требуется наличие достаточного количества влаги.

Литература

1. Смирнова В. А. Опыт изучения связи урожайности подсолнечника с климатическими условиями места возделывания // Труды НИИАК. 1958. Вып. 6. С. 79–92.

2. Stöckle C. O., Donatelli M., Nelson R. CropSyst, a cropping systems simulation model // *Europ. J. Agron.* 2003. Vol. 18. P. 289–307. [Electronic resource]. Access point: http://www.isci.it/sipeaa/tools/CropSyst/CropSyst_cropping_systems_simulation_model.pdf (reference's date 19.10.2020).
3. Donatelli M., Duveiller G., Fumagalli D., Srivastava A., Zucchini A., Angileri V., Fasbender D., Loudjani P., Kay S., Juskevicius V., Toth T., Haastруп P., M'barek R., Espinosa M., Ciaian P., Niemeier S. Assessing agriculture vulnerabilities for the design of effective measures for adaptation to climate change (AVEMAC project) European Union. Luxembourg: Joint Research Centre, Publications Office of the European Union, 2012. 176 p. DOI: 10.2788/16181.
4. Donatelli M., Srivastava A. K., Duveiller G., Niemeier S., Fumagalli D. Climate change impact and potential adaptation strategies under alternate realizations of climate scenarios for three major crops in Europe // *Environ Res Lett.* 2015. Vol. 10. P. 075005. DOI: 10.1088/1748-9326/10/7/075005.
5. Tuck G., Glendining M. J., Smith P., House J. I., Wattenbach M. The potential distribution of bioenergy crops in Europe under present and future climate // *Biomass Bioenergy.* 2006. Vol. 30. P. 183–197. DOI: 10.1016/j.biombioe.2005.11.019.
6. Гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://wiki2.org/ru/Гидротермический_коэффициент_увлажнения_Селянинова (дата обращения 09.07.2020).
7. Бушнев А. С. Роль сортовых агротехник в реализации продуктивности масличных культур с учетом изменяющихся погодных-климатических условий // *Масличные культуры: научно-технический бюллетень ВНИИМК.* 2011. № 2. С. 61–67.
8. Костенкова Е. В., Бушнев А. С., Василько В. П. Особенности возделывания подсолнечника в условиях центральной степи Республики Крым // *Таврический вестник аграрной науки.* 2019. № 2 (18). С. 60–69. DOI: 10.30914/2411-9687-2018-4-4-65-71.
9. Петрова Л. В., Платонова А. З. Изучение методом корреляции основных хозяйственно ценных признаков в селекции овса посевного (*Avena sativa* L.) // *Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки».* 2018. № 4 (16). С. 65–72. DOI: 10.30914/2411-9687-2018-4-4-65-71.
10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М: Агропромиздат, 1985. 351 с.
11. Лукомец В. М., Тишков Н. М., Баранов В. Ф., Пивень В. Т., Шуляк И. И., Уго Т. К. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами // Под ред. Лукомца В. М. Краснодар: Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта, 2010. 327 с.
12. Ткалич И. Д., Ткалич Ю. И., Рычик С. Г. Цветок солнца (основы биологии и агротехники подсолнечника). Днепропетровск: Новая идеология, 2011. 172 с.

References

1. Smirnova V. A. Experience of studying the relationship of sunflower yield with climatic conditions of the place of cultivation // *Trudy NIIAK.* 1958. Iss. 6. P. 79–92.
2. Stöckle C. O., Donatelli M., Nelson R. CropSyst, a cropping systems simulation model // *Europ. J. Agron.* 2003. Vol. 18. P. 289–307. [Electronic resource]. Access point: http://www.isci.it/sipeaa/tools/CropSyst/CropSyst_cropping_systems_simulation_model.pdf (reference's date 19.10.2020).
3. Donatelli M., Duveiller G., Fumagalli D., Srivastava A., Zucchini A., Angileri V., Fasbender D., Loudjani P., Kay S., Juskevicius V., Toth T., Haastруп P., M'barek R., Espinosa M., Ciaian P., Niemeier S. Assessing agriculture vulnerabilities for the design of effective measures for adaptation to climate change (AVEMAC project) European Union. Luxembourg: Joint Research Centre, Publications Office of the European Union, 2012. 176 p. DOI: 10.2788/16181.
4. Donatelli M., Srivastava A. K., Duveiller G., Niemeier S., Fumagalli D. Climate change impact and potential adaptation strategies under alternate realizations of climate scenarios for three major crops in Europe // *Environ Res Lett.* 2015. Vol. 10. P. 075005. DOI: 10.1088/1748-9326/10/7/075005.
5. Tuck G., Glendining M. J., Smith P., House J. I., Wattenbach M. The potential distribution of bioenergy crops in Europe under present and future climate // *Biomass Bioenergy.* 2006. Vol. 30. P. 183–197. DOI: 10.1016/j.biombioe.2005.11.019.
6. Selyaninov hydrothermal coefficient of moisture. [Electronic resource]. Access point: https://wiki2.org/ru/Гидротермический_коэффициент_увлажнения_Селянинова (reference's date 09.07.2020).
7. Bushnev A. S. The role of varietal crop management in realization of oil crops productivity in the view of weather and climate changing conditions// *Oil Crops. Scientific and technical bulletin of All-Russia Research Institute of Oil Crops by the name of Pustovoit V. S.* 2011. Vol. 2 (148-149). P. 61–67.
8. Kostenkova E. V., Bushnev A. S., Vasilko V. P. Sunflower cultivation under conditions of the central steppe of the republic of Crimea // *Taurida Herald of the Agrarian Science.* 2019. No. 2 (18). P. 60–69. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-2-18-60-68.
9. Petrova L. V., Platonova A. Z. The study using correlation method of the main economically valuable traits in oats (*Avena sativa* L.) selection in the conditions of Central Yakutia // *Vestnik of the Mari*

State University. Chapter "Agriculture. Economics". 2018. No. 4 (16). P. 65–71. DOI: 10.30914/2411-9687-2018-4-4-65-71.

10. Dospelkov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

11. Lukomets V. M., Tishkov N. M., Baranov V. F., Piven V. T., Shuliak I. I., Ugo T. K. Methodology of field agricultural experiments with oil crops // Ed. by Lukomets V. M. Krasnodar: All-Russian Research Institute of Oil Crops by V. S. Pustovoit (VNIIMK), 2010. 327 p.

12. Tkalic I. D., Tkalic Yu. I., Rychik S. G. Flower of the sun (fundamentals of biology and agricultural technology of sunflower). Dnepropetrovsk: Novaya ideologiya, 2011. 172 p.

UDC 633.854.78

Kostenkova E. V., Bushnev A. S.

INFLUENCE OF MOISTURE AVAILABILITY ON *HELIANTHUS ANNUUS* L. YIELD IN DRY CONDITIONS OF THE CRIMEAN PENINSULA

Summary. *The Crimean Peninsula is located in the dry zone. In the steppe Crimea, which is the driest part of the peninsula, the major limiting factor for crop productivity is the natural moisture supply of plants. The purpose of the research was to establish the relationships between hydrometeorological factors (moisture reserves in the soil before sowing, precipitation amount and Selyaninov hydrothermal coefficient during the growing season) and sunflower yield depending on planting dates (I, II, III decade of April) and plant density (30, 40, 50, 60, 70 thousand units per hectare). The studies were carried out on the trial fields of the Research Institute of Agriculture of Crimea (village of Klepinino) in 2017–2019 using hybrid of ultra-early sunflower 'Avangard'. The laying of field experiments, accounting, analyzes and statistical processing of data were carried out according to the methods of field research and methodology of field agricultural experiments with oil crops. A strong correlation was observed: 1) between yield and precipitation amount in May ($r = 0.977$) and moisture reserves before sowing ($r = 0.978$), planting dates – the first decade of April; 2) between precipitation amount in May ($r = 0.932$) and moisture reserves before sowing ($r = 0.977–0.978$), sunflower was sown in the second decade of April; 3) moisture before sowing ($r = 0.892$), crop planted in the third decade of April. A close positive relationship ($r = 0.853–0.972$) was observed at the optimal plant density for the region (40 thousand units/ha) between the amount of precipitation in April–May, moisture reserves in the soil before sowing and yield of sunflower. This indicates a high value of moisture availability during this period in the crop yield formation. In denser crops (50–70 thousand units/ha), the closest relationship is observed between the yield and the amount of precipitation in May. This makes the latter primary and decisive in the cultivation of crops with such a density since the competition for moisture increases with an increase in the number of plants per unit area. The closest relationship between the Selyaninov hydrothermal coefficient and sunflower yield was observed in April and May ($r = 0.833–0.967$) when plants grow more intensively and require sufficient moisture.*

Keywords: *sunflower (*Helianthus annuus* L.), yield, precipitation of the growing season, moisture reserves in the soil before sowing, correlation.*

Костенкова Евгения Владимировна, научный сотрудник лаборатории исследований технологических приемов в животноводстве и растениеводстве, отдел полевых культур, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: evgenya.kostenkova@yandex.ru.

Бушнев Александр Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, заведующий агротехнологическим отделом, заведующий лабораторией агротехники, ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта»; 350038, г. Краснодар, ул. Филатова, 17; e-mail: vniimk-agro@mail.ru.

Kostenkova Evgenia Vladimirovna, researcher of the Laboratory of technological methods in animal husbandry and crop production research, Field Crop Department, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: evgenya.kostenkova@yandex.ru.

Bushnev Aleksandr Sergeevich, Cand. Sc. (Agr.), docent, leading researcher, head of the Department of crop management, head of the Laboratory of agrotechnology, FSBSI "Federal scientific center "All-Russian Research Institute of Oil crops by V. S. Pustovoit"" (VNIIMK); 17, Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia; e-mail: vniimk-agro@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 27.06.2020.

Дата принятия к печати – 01.09.2020

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-90-97

УДК 633.15:631.52

Кривошеев Г. Я.
**РЕАКЦИЯ НОВЫХ САМООПЫЛЕННЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ НА
ПАРАГВАЙСКИЙ ТИП ЦМС**

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»

Реферат. Исследования по цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) у кукурузы крайне важны, поскольку без ЦМС невозможно вести крупное промышленное семеноводство гибридной кукурузы. Цель исследований – определение реакции новых самоопыленных линий кукурузы в стерильной цитоплазме парагвайского типа, группировка линий по составу генов-восстановителей фертильности на основе оптимального количества анализирующих скреживаний. Полевые опыты проводили в 2016–2019 гг. в ФГБНУ «АНЦ «Донской»». Для получения гибридных комбинаций использован метод полных топкроссов (восемь тестеров и десять линий). Новые раннеспелые и среднеспелые самоопыленные линии кукурузы (I₆), созданные в АНЦ «Донской», сгруппированы по составу аллелей генов-восстановителей фертильности парагвайского («С») типа ЦМС на основе характера цветения тесткроссных гибридов F₁. К первой группе отнесена линия СП 207 (генотип rf₄rf₄ rf₅rf₅ rf₆rf₆), второй – линия СП 209 (генотип rf₄rf₄ rf₅rf₅ Rf₆Rf₆), третьей – линия СП 194 (генотип rf₄rf₄ Rf₅Rf₅ rf₆rf₆), четвертой – линия СП 198 (генотип Rf₄Rf₄ rf₅rf₅ rf₆rf₆), пятой – линии СП 203 и СП 195 (генотип rf₄rf₄ Rf₅Rf₅ Rf₆Rf₆), шестой – линия СП 206 (генотип Rf₄Rf₄ rf₅rf₅ Rf₆Rf₆), седьмой – линия СП 180 (генотип Rf₄Rf₄ Rf₅Rf₅ rf₆rf₆), восьмой – линии СП 210 и СП 197 (генотип Rf₄Rf₄ Rf₅Rf₅ Rf₆Rf₆). Наибольшую практическую ценность при переводе гибридов кукурузы на стерильную основу представляют линии: СП 207 – полный закрепитель стерильности, СП 210 и СП 197 – константные естественные восстановители фертильности. С целью оптимизации количества анализируемых скреживаний для группировки линий кукурузы по составу аллелей генов-восстановителей фертильности парагвайского типа ЦМС необходимо использовать стерильные источники: КР 21С (IV группа), WF9С (V группа), LC (VI группа), W401С (VII группа). Минимальное количество анализаторов, позволяющее определить реакцию линии на парагвайский тип стерильности должно быть не менее двух. При этом требуется использовать стерильные источники определенных классов: КР 21С (группа IV) и Гб834 С (группа I).

Ключевые слова: кукуруза (*Zea mays* L.), линия, парагвайский тип ЦМС, анализирующие скреживания, рецессивный аллель, доминантный аллель, стерильность, фертильность.

Введение

Учитывая, что в российском и зарубежном сельскохозяйственном производстве выращивают преимущественно высокогетерозисные гибриды кукурузы, а не сорта, использование ЦМС для кукурузы имеет важнейшее значение.

ЦМС используют и у других сельскохозяйственных культур, в частности при создании сорго-суданковых гибридов [1].

В Российской Федерации невозможно крупное промышленное семеноводство гибридной кукурузы без применения ЦМС. Закладка участков гибридизации на стерильной основе значительно упрощает выращивание семян и снижает затраты [2]. Перевод гибридов кукурузы на стерильную основу – предпочтительное условие внедрения их в производство, для этого необходимо создание стерильных аналогов и аналогов восстановительной фертильности. Один из важнейших этапов перевода

гибридов на стерильную основу – оценка реакции самоопыленных линий кукурузы на стерильную цитоплазму [3].

Иностранные фирмы производят семена гибридной кукурузы преимущественно на фертильной основе. Тем не менее, они проявляют интерес к возможности использования ЦМС, ведут научно-исследовательские работы по стерильности [4]. Выявлена различная стабильность проявления стерильности у разных типов ЦМС [5]. Посевы кукурузы смеси стерильных и фертильных растений в условиях дефицита влаги и азота повышали урожай зерна в сравнении с посевами, имеющими полностью фертильные растения [6, 7].

В последнее время возрастает значение парагвайского («С») типа ЦМС для гетерозисной селекции кукурузы. Генетический контроль парагвайского типа ЦМС осуществляется тремя доминантными комплементарными генами-восстановителями фертильности: Rf₄, Rf₅, Rf₆ [8, 9].

Идентификация самоопыленных линий кукурузы в отношении генов восстановления фертильности парагвайского типа имеет большое теоретическое и практическое значение [10]. По составу аллелей генов-восстановителей фертильности различают восемь групп. В литературе нет четких рекомендаций по количеству требующихся анализирующих скрещиваний необходимых для проведения группировки.

Цель исследований – оценка реакции новых самоопыленных линий кукурузы в стерильной цитоплазме парагвайского типа, группировка линий по составу аллелей генов-восстановителей фертильности на основе оптимального количества анализирующих скрещиваний.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2016–2019 гг. в Аграрном научном центре «Донской», расположенном в умеренно-континентальном климате с неустойчивым увлажнением, лимитирующий фактор – влагообеспеченность. Почва опытного участка – обыкновенный чернозем, мощностью 120 см, с содержанием гумуса 3,5–4,4 % [11]. В качестве исходного материала использованы 10 новых раннеспелых и среднеранних самоопыленных линий кукурузы (I₆), созданных в АНЦ «Донской». Анализаторами взяты восемь самоопыленных линий со стерильной цитоплазмой и известным составом аллелей генов-восстановителей фертильности парагвайского типа ЦМС: Г6834 С (rf₄rf₄ rf₅rf₅ rf₆rf₆), R811 С (rf₄rf₄ rf₅rf₅ Rf₆Rf₆), 149 С (rf₄rf₄ Rf₅Rf₅ rf₆rf₆), КР 21 С (Rf₄Rf₄ rf₅rf₅ rf₆rf₆), WF9 С (rf₄rf₄ Rf₅Rf₅ Rf₆Rf₆), L С (Rf₄Rf₄ rf₅rf₅ Rf₆Rf₆), W410 С (Rf₄Rf₄ Rf₅Rf₅ rf₆rf₆), V158 СВ (Rf₄Rf₄ Rf₅Rf₅ Rf₆Rf₆) [12]. Анализаторы интродуцированы из Всероссийского научно-исследовательского института кукурузы (ВНИИК).

В 2016 г. методом топкроссных скрещиваний [13] получено 80 тесткроссных гибридов кукурузы. В качестве тестеров использованы анализаторы. Тесткроссные гибриды F₁ оценены по характеру цветения метелок в 2017–2019 гг. Оценку стерильности и фертильности растений проводили по шкале Гонтаровского [14]. Полноту стерильности и уровень фертильности выражали в классах, классы 0 и 1 относили к стерильным (С), 2 и 3 – к частичнофертильным (Чф), 4 и 5 – фертильным (Ф).

Условия 2016–2017 гг. были средnezасушливыми – ГТК = 0,87–0,89, а 2018–2019 гг. – засушливыми – ГТК = 0,32–0,58.

Результаты и их обсуждение

Тесткроссные гибриды, полученные от скрещивания новых самоопыленных линий кукурузы с источниками стерильности парагвайского типа ЦМС, различались по характеру цветения метелок (таблица 1), только у самоопыленной линии СП 207 все тесткроссы отличались стерильностью (кл. 0). Тесткроссы линии СП 209 также

имели полную стерильность (кл. 0), за исключением комбинации W401C × СП 209, у которой отмечена фертильность высокого уровня (кл. 5).

У линии СП 194 фертильное потомство (кл. 5) получено в скрещивании с источником стерильности LC, а в остальных скрещиваниях гибриды F₁ оказались полностью стерильны (кл. 0, 1). Полную стерильность (кл. 0) наблюдали во всех анализирующих скрещиваниях линии СП 198, за исключением анализатора WF9C, в скрещивании с которым, получено потомство высокого уровня фертильности (кл. 4, 5).

Таблица 1 – Результаты оценки цветения метелок тесткроссных гибридов кукурузы F₁ (2017–2019 гг.)*

Самоопыленная линия	Анализатор							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	Гб 834C	R811C	149C	Kp21C	WF9C	LC	W401C	V158CB
	- - -	- - +	- + -	+ - -	- + +	+ - +	+ + -	+ + +
СП 207	С	С	С	С	С	С	С	Ф
СП 209	С	С	С	С	С	С	Ф	Ф
СП 194	С	С	С	С	С	Ф	С	Ф
СП 198	С	С	С	С	Ф	С	С	Ф
СП 203	С	С	С	Ф	С	Ф	Ф	Ф
СП 195	С	С	С	Ф	С	Ф	Ф	Ф
СП 206	С	С	Ф	С	Ф	С	Ф	Ф
СП 180	С	Ф	С	С	Ф	Ф	С	Ф
СП 210	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф
СП 197	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф

Примечание. * С – стерильные, Ф – фертильные, «-» – наличие рецессивного аллеля, «+» – наличие доминантного аллеля.

Тесткроссные гибриды линий СП 203 и СП 195, полученные от скрещивания с анализаторами Гб834С, R811С, 149С и WF9С, характеризовались полной стерильностью (кл. 0, 1), а от скрещивания с анализаторами Kp21С, LC и W401С – фертильностью (кл. 4, 5). Восстановление фертильности (кл. 5) происходило в скрещиваниях линии СП 206 с анализаторами 149С, WF9С и W 401 С, а закрепление стерильности (кл. 0) с анализаторами Гб 834С, R 811С, KР 21С и LC. Тесткроссные гибриды линии СП 180 (R811С × СП 180, WF9С × СП180 и LC × СП 180) – были фертильны (кл. 5), а остальные (Гб834С × СП 180, 149С × СП 180, Kp21С × СП 180 и W401С × СП 180) – стерильны. Самоопыленные линии СП 210 и СП 197 отличались от других тем, что во всех анализирующих скрещиваниях имели потомство высокого уровня фертильности (кл. 4, 5). Анализатор V158CB, имеющий стерильную цитоплазму и все гены-восстановители в доминантном состоянии, характеризовался фертильностью (не был источником стерильности) и потомство от скрещивания его со всеми изучаемыми линиями оказалось фертильным (кл. 4, 5).

Анализируя характер цветения тесткроссов новых самоопыленных линий кукурузы, полученных с участием всех стерильных анализаторов, зная состав аллелей генов-восстановителей у анализаторов и основываясь на современных представлениях о генетическом контроле парагвайского типа ЦМС, мы провели группировку линий по составу аллелей генов-восстановителей. Полное восстановление фертильности парагвайского типа ЦМС происходит только при наличии в генотипе трех генов-восстановителей (Rf₄, Rf₅, Rf₆) в доминантном состоянии. Например, если у какой-либо линии в доминантном состоянии представлен ген Rf₆, а остальные – в рецессивном, то полное восстановление фертильности будет происходить только при скрещивании с анализатором, имеющим в доминантном состоянии гены Rf₄ и Rf₅ (таблица 2).

Таблица 2 – Группировка самоопыленных линий кукурузы по составу аллелей генов-восстановителей фертильности парагвайского типа ЦМС (2018–2019 гг.)*

Самоопыленная линия	Гены-восстановители фертильности в генотипе			Группа
СП 207	rf ₄ rf ₄	rf ₅ rf ₅	rf ₆ rf ₆	I
СП209	rf ₄ rf ₄	rf ₅ rf ₅	Rf ₆ Rf ₆	II
СП 194	rf ₄ rf ₄	Rf ₅ Rf ₅	rf ₆ rf ₆	III
СП 198	Rf ₄ Rf ₄	rf ₅ rf ₅	rf ₆ rf ₆	IV
СП 203	rf ₄ rf ₄	Rf ₅ Rf ₅	Rf ₆ Rf ₆	V
СП 195	rf ₄ rf ₄	Rf ₅ Rf ₅	Rf ₆ Rf ₆	V
СП 206	Rf ₄ Rf ₄	rf ₅ rf ₅	Rf ₆ Rf ₆	VI
СП 180	Rf ₄ Rf ₄	Rf ₅ Rf ₅	rf ₆ rf ₆	VII
СП 210	Rf ₄ Rf ₄	Rf ₅ Rf ₅	Rf ₆ Rf ₆	VIII
СП 197	Rf ₄ Rf ₄	Rf ₅ Rf ₅	Rf ₆ Rf ₆	VIII

Примечание. * rf – гены-восстановители фертильности в рецессивном состоянии, Rf – гены-восстановители фертильности в доминантном состоянии.

К полным закрепителям стерильности парагвайского типа отнесена линия СП 207, генотип оцениваемой линии представлен только рецессивными генами-восстановителями rf₄ rf₄ rf₅ rf₅ rf₆ rf₆ (группа I). Эту линию следует отнести к наиболее ценным для перевода гибридов кукурузы на стерильную основу. Она является надёжным естественным закрепителем стерильности парагвайского типа ЦМС. В скрещивании с любыми стерильными формами такая линия будет закреплять стерильность, создание стерильного аналога линии не сопряжено с какими-либо сложностями. Неполные закрепители стерильности – линии СП 209, СП 194, СП 198. Они различались по составу аллелей генов-восстановителей: у линии СП 209 – генотип rf₄ rf₄ rf₅ rf₅ Rf₆ Rf₆ (группа II), у линии СП 194 – генотип rf₄ rf₄ Rf₅ Rf₅ rf₆ rf₆ (группа III), у линии СП 198 – генотип Rf₄ Rf₄ rf₅ rf₅ rf₆ rf₆ (группа IV). Вариабельными восстановителями фертильности являются новые самоопыленные линии СП 203 и СП 195, генотип rf₄ rf₄ Rf₅ Rf₅ Rf₆ Rf₆ (группа V). Генотип линии СП 206 – Rf₄ Rf₄ rf₅ rf₅ Rf₆ Rf₆ (группа VI), а линии СП 180 – Rf₄ Rf₄ Rf₅ Rf₅ rf₆ rf₆ (группа VII), они также могут быть отнесены к вариабельным восстановителям фертильности. Такие линии в скрещивании с одними источниками стерильности полностью восстанавливают фертильность, а с другими – закрепляют стерильность.

Наибольшую практическую ценность представляют новые самоопыленные линии кукурузы СП 210 и СП 197, которые являются константными восстановителями фертильности парагвайского типа ЦМС, генотип Rf₄ Rf₄ Rf₅ Rf₅ Rf₆ Rf₆ (группа VIII). Они являются естественными восстановителями, которые будут восстанавливать фертильность парагвайского типа ЦМС в скрещивании с любыми стерильными формами.

Результаты проведённых исследований позволяют заключить, что для группировки самоопыленных линий кукурузы по составу аллелей генов-восстановителей фертильности парагвайского типа ЦМС не обязательно скрещивать линии с анализаторами всех восьми групп. Достаточно выполнить анализирующие скрещивания с четырьмя стерильными источниками и оценить тесткроссные гибриды по фертильности. Однако обязательно должны быть использованы анализаторы, относящиеся к определённым группам – IV, V, VI и VII (таблица 3).

Только использование анализаторов, относящихся к этим группам (Kp21C, WF9C, LC и W401C), позволит оптимизировать количество необходимых анализирующих скрещиваний уменьшив объем в два раза, и при этом получить достаточно информации о реакции линии на парагвайский тип стерильности и группировки их по составу аллелей генов-восстановителей фертильности.

Таблица 3 – Поведение новых самоопыленных линий кукурузы в стерильной цитоплазме парагвайского типа (2018–2019 гг.)*

Самоопыленная линия	Анализатор				Группа
	IV	V	VI	VII	
	Kp21C	WF9C	LC	W401C	
	+ - -	- + +	+ - +	+ + -	
СП 207	С	С	С	С	I
СП 209	С	С	С	Ф	II
СП 194	С	С	Ф	С	III
СП 198	С	Ф	С	С	IV
СП 203	Ф	С	Ф	Ф	V
СП 206	С	Ф	С	Ф	VI
СП 180	С	Ф	Ф	С	VII
СП 210	Ф	Ф	Ф	Ф	VIII

Примечание. * С – стерильные, Ф – фертильные, «-» – наличие рецессивного аллеля, «+» – наличие доминантного аллеля.

Важно знать, какое минимальное количество анализирующих скрещиваний требуется выполнить, чтобы получить информацию о реакции самоопыленных линий кукурузы на стерильность парагвайского типа ЦМС и какие источники стерильности использовать. В 2011–2019 гг., используя в качестве тестеров те же восемь источников стерильности и метод топкроссов, классифицировано 30 самоопыленных линий кукурузы, половина из них (15) отнесена к V и VIII группам (рисунок 1).

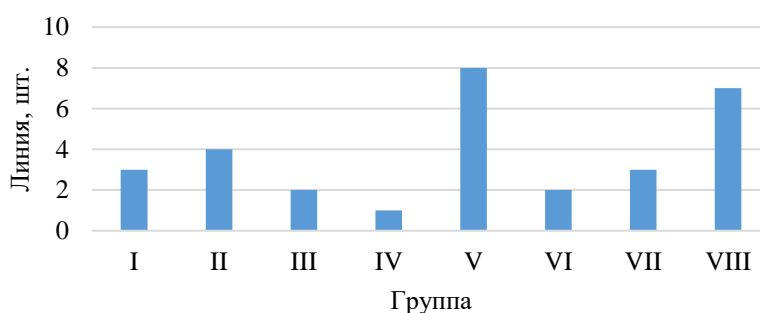


Рисунок 1 – Распределение самоопыленных линий кукурузы по группам (2011–2019 гг.)

Учитывая наибольшую распространенность линий групп V и VIII, важнейшее значение имеют те скрещивания, которые позволяют идентифицировать эти линии. Для проведения таких анализирующих скрещиваний должны быть взяты два стерильных источника: Kp21C (группа IV) и Гб 834 С (группа I).

Выводы

Новые самоопыленные линии кукурузы изучены по генам-восстановителям фертильности парагвайского типа ЦМС. К полным закрепителям стерильности отнесена линия СП 207 (группа I), к неполным закрепителям стерильности – СП 209 (группа II), СП 194 (группа III), СП 198 (группа IV); переменными восстановителями фертильности являются линии: СП 203, СП 195 (группа V), СП 206 (группа VI), СП 180 (группа VII); константными восстановителями – СП 210 и СП 197 (группа VIII). Для оптимизации количества анализирующих скрещиваний могут быть использованы стерильные источники: Kp 21C (группа IV), WF9 С (группа V), LC (группа VI), W401C (группа VII). Минимальное количество анализаторов, позволяющее оценить реакцию линии на парагвайский тип ЦМС, должно быть не менее двух (Kp21 С и Гб 834 С).

Литература

1. Шишова Е. А., Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Романюкин А. Е. Создание и хозяйственно-биологическая характеристика сорго-суданковых гибридов // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 2 (62). С. 27–31. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-27-31.
2. Сотченко В. С. Современная технология возделывания кукурузы. М.: РосАгроХим, 2009. 127 с.
3. Кривошеев Г. Я. Стерильные тестеры для определения реакции самоопыленных линий кукурузы на молдавский тип ЦМС // *Зерновое хозяйство России*. 2009. № 6. С. 27–29.
4. Wang D., Adams C. M., Fernandes J. F., Egger R. L., Walbot V. A low molecular weight proteome comparison of fertile and male sterile 8 anthers of *Zea mays* // *Plant Biotechnology Journal*. 2012. Vol. 10. Iss. 8. P. 925–935. DOI: 10.1111/j.1467-7652.2012.00721.x
5. Weider C., Stamp P., Christov N., Husken A., Foueillassar X., Camp K., Munsch M. Stability of cytoplasmic male sterility in maize under different environmental conditions // *Crop Science*. 2009. Vol. 49. Iss. 1. P. 77–84. DOI: 10.2135/cropsci2007.12.0694.
6. Fox T., DeBruin J., Collet K. H., Trimmell M., Clapp J., Leonard A., Li B., Scolaro E., Collinson S., Glassman K., Mille M., Schussler J., Dolan D., Liu L., Gho C., Albertsen M., Bo Shen D. L. A single point mutation in *Ms44* results in dominant male sterility and improves nitrogen use efficiency in maize // *Plant Biotechnology Journal*. 2017. Vol. 15. Iss. 8. P. 942–952. DOI: 10.1111/pbi.12689.
7. Loussaert D., DeBruin J., San Martin J. P., Schussler J., Pape R., Clapp J., Mongar N., Fox T., Albertsen M., Trimmell M., Collinson S., Shen B. Genetic male sterility (*Ms44*) increases maize grain yield // *Crop Science*. 2017. Vol. 57. Iss. 5. P. 2718–2728. DOI: 10.2135/cropsci2016.08.0654.
8. Кривошеев Г. Я., Игнатъев А. С. Восстановительная и закрепительная способность линий кукурузы в стерильной цитоплазме «М» и «С» типов ЦМС // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 2 (62). С. 36–41. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-38-41.
9. Горбачева А. Г. Селекционные и генетические аспекты использования мужской стерильности. Автореф. дисс. ... д-ра с-х наук. Санкт-Петербург: Институт растениеводства имени Н. И. Вавилова, 2007. 48 с.
10. Кривошеев Г. Я. Идентификация самоопыленных линий кукурузы по составу аллелей // *Научный журнал КубГАУ*. 2015. № 114 (10). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/54.pdf> (дата обращения 10.08.2020).
11. Бельтюков Л. П. Сорт, технология, урожай. Ростов-на-Дону: «Терра – Принт», 2007. 160 с.
12. Кривошеев Г. Я. Классификация линий кукурузы по составу аллелей генов восстановителей фертильности «С» типа ЦМС // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 2 (62). С. 39–42.
13. Вольф В. П., Литун П. П. Методические рекомендации по применению математических методов для анализа экспериментальных данных по изучению комбинационной способности. Харьков, 1980. 76 с.
14. Гонтаровский В. А. Генетическая классификация источников цитоплазматической мужской стерильности кукурузы // *Генетика*. 1971. № 9. С. 22–30.

References

1. Shishova E. A., Kovtunova N. A., Kovtunov V. V., Romanyukin A. E. Development and economic-biological characteristics sorghum-sudan hybrids // *Grain Economy of Russia*. 2019. No. 2 (62). P. 27–31. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-27-31.
2. Sotchenko V. S. Modern technology of maize cultivation. Moscow: RosAgroKhim, 2009. 127 p.
3. Krivosheev G. Ya. Sterile testers for reaction determining of maize self-pollination lines on Moldova type CMS // *Grain Economy of Russia*. 2009. No. 6. P. 27–29.
4. Wang D., Adams C. M., Fernandes J. F., Egger R. L., Walbot V. A low molecular weight proteome comparison of fertile and male sterile 8 anthers of *Zea mays* // *Plant Biotechnology Journal*. 2012. Vol. 10. Iss. 8. P. 925–935. DOI: 10.1111/j.1467-7652.2012.00721.x.
5. Weider C., Stamp P., Christov N., Husken A., Foueillassar X., Camp K., Munsch M. Stability of cytoplasmic male sterility in maize under different environmental conditions // *Crop Science*. 2009. Vol. 49. Iss. 1. P. 77–84. DOI: 10.2135/cropsci2007.12.0694.
6. Fox T., DeBruin J., Collet K. H., Trimmell M., Clapp J., Leonard A., Li B., Scolaro E., Collinson S., Glassman K., Mille M., Schussler J., Dolan D., Liu L., Gho C., Albertsen M., Bo Shen D. L. A single point mutation in *Ms44* results in dominant male sterility and improves nitrogen use efficiency in maize // *Plant Biotechnology Journal*. 2017. Vol. 15. Iss. 8. P. 942–952. DOI: 10.1111/pbi.12689.
7. Loussaert D., DeBruin J., San Martin J. P., Schussler J., Pape R., Clapp J., Mongar N., Fox T., Albertsen M., Trimmell M., Collinson S., Shen B. Genetic male sterility (*Ms44*) increases maize grain yield // *Crop Science*. 2017. Vol. 57. Iss. 5. P. 2718–2728. DOI: 10.2135/cropsci2016.08.0654.

8. Krivosheev G. Ya., Ignatiev A. S. Reconstructive and stabilizing ability of the maize lines in sterile cytoplasm “M” and “C” types of CMS // Grain Economy of Russia. 2019. No. 2 (62). P. 38–41. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-38-41.
9. Gorbacheva A. G. Breeding and genetic aspects of the use of male sterility. Author’s abstract diss. ... Dr. Sc. (Agr.). Saint-Petersburg: Vavilov Institute of Plant Industry, 2007. 48 p.
10. Krivosheev G. Ya. Identification of maize lines according to the content of alleles of “C” type fertility – restorer genes // Scientific journal of KubSAU. 2015. No. 114 (10). [Electronic resource]. Access point: <http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/54.pdf>. (reference’s date 08.10.2020).
11. Belyukov L. P. Variety, technology, yield. Rostov-on-Don: “Terra – Print”, 2007. 160 p.
12. Krivosheev G. Ya. Classification of maize lines according to the content of alleles of ‘C’ type fertility-restorer genes // Grain Economy of Russia. 2019. No. 2(62). P. 39–42.
13. Volf V. P., Litun P. P. Methodical recommendations on the use of mathematical methods to analyze experimental data on the study of combining ability. Kharkov, 1980. 76 p.
14. Gontarovskiy V. A. Genetic classification of sources of cytoplasmic male sterility of maize // Genetika. 1971. No. 9. P. 22–30.

UDC 633.15:631.52

Krivosheev G. Ya.

RESPONSE OF THE NEW SELF-POLLINATED MAIZE LINES ON THE PARAGUAY TYPE OF CMS

Summary. *It is extremely important to study cytoplasmic male sterility (CMS) in maize since it is impossible to conduct large-scale commercial seed production of hybridized maize without CMS. The purpose of the current study was to identify the response of the new self-pollinated maize lines in a sterile cytoplasm of the Paraguay type, to group the lines according to the composition of fertility restoring genes based on an optimal quantity of the analyzed crossings. The field trials were carried out in 2016–2019 in the State Scientific Establishment “Agricultural research center “Donskoy”” (SSE “ARC “Donskoy”). To obtain hybrid combinations, the method of full top-crosses, namely eight testers and ten lines, was used. The new early-ripening and mid-ripening self-pollinated maize lines (I₆), developed in the ARC “Donskoy”, were grouped according to the composition of the alleles of fertility restoring genes of the Paraguay (“C”) type of CMS based on the flowering pattern of the test cross F₁ hybrids. The first group included the line SP 207 (genotype rf₄rf₄ rf₅rf₅ rf₆rf₆); the second group included the line SP 209 (genotype rf₄rf₄ rf₅rf₅ Rf₆Rf₆); the third group included the line SP 194 (genotype rf₄rf₄ Rf₅Rf₅ rf₆rf₆); the fourth group included the line SP 198 (genotype Rf₄Rf₄ rf₅rf₅ rf₆rf₆); the fifth group included the lines SP 203 and SP 195 (genotype rf₄rf₄ Rf₅Rf₅ Rf₆Rf₆); the sixth group included the line SP 206 (genotype Rf₄Rf₄ rf₅rf₅ Rf₆Rf₆); the seventh group included the line SP 180 (genotype Rf₄Rf₄ Rf₅Rf₅ rf₆rf₆); the eighth group included the lines SP 210 and SP 197 (genotype Rf₄Rf₄ Rf₅Rf₅ Rf₆Rf₆). The lines SP 207, SP 210 and SP 197 were of the greatest practical value when converting maize hybrids to a sterile base: the line SP 207 was a complete sterility fixer; the lines SP 210 and SP 197 were constant natural fertility restorers. In order to optimize the quantity of the analyzed crossings for grouping the maize lines according to the composition of the alleles of fertility restoring genes of the Paraguay (“C”) type of CMS, it was necessary to use such sterile sources as KR 21C (group IV), WF9C (group V), LC (group VI), W401C (group VII). The minimum quantity of analyzers to determine the response of the lines on the Paraguay type of CMS should be at least two. However, it was necessary to use sterile sources of certain classes, such as KR 21C (group IV) and Gb834 C (group I).*

Keywords: *maize (Zea mays L.), line, Paraguay type of CMS, analyzed crossings, recessive allele, dominant allele, sterility, fertility.*

Кривошеев Геннадий Яковлевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: genadiy.krivosheev@mail.ru.

Krivosheev Gennady Yakovlevich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the Laboratory for maize breeding and seed production, SSE «Agricultural research center «Donskoy»»; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: genadiy.krivosheev@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 21.08.2020.

Дата принятия к печати – 12.10.2020

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-98-113

УДК 58.084.2 : 57.045

Марко Н. В.

**БИОМОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РОЗЫ
ЭФИРОМАСЛИЧНОЙ СОРТА ФЕСТИВАЛЬНАЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА
ЮБК И В СТЕПНОМ КРЫМУ**

ФГБУН «Ордена Трудового красного знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»

Реферат. *Сорт розы Фестивальная селекции Никитского ботанического сада (НБС-ННЦ) в эпоху СССР был одним из наиболее перспективных для промышленного выращивания: его растения малотребовательные к условиям среды и агротехнике, зимостойкие, обладают высокой массовой долей эфирного масла (от 0,12 до 0,14 % от сырой массы) и урожайностью (от 15,8 до 39,0 ц/га), высоким содержанием фенилэтилового спирта в эфирном масле, которое приближалось к стандарту – болгарской розе из казанлыкской долины. Последние 25–30 лет биоморфологические исследования растений данного сорта в условиях Крыма и России не проводили. Цель исследований – изучить степень проявления сортовых (биоморфологических) признаков растений розы эфиромасличной сорта Фестивальная в разных эколого-географических условиях Крыма для определения его генетической стабильности в связи с меняющимися погодно-климатическими условиями региона. Исследования проводили в 2015–2019 гг. в коллекционных посадках на привитых растениях розы сорта Фестивальная в условиях Южного берега Крыма (ЮБК) и степной зоны Крыма по общепринятым методикам. Сопоставляя полученные данные с литературой, мы пришли к выводу, что в современных условиях выращивания морфологические изменения коснулись увеличения количества шипов на единицу измерения до $7,18 \pm 2,34$ шт., что в среднем на 2,0 шт. превосходит литературные данные, увеличения махровости цветка – в среднем насчитывается $95,2 \pm 9,0$ лепестков, что на 20 лепестков больше, чем по данным, приводимым в 1975–1976 гг. Результаты фенологических наблюдений показали, что набухание почек розы на ЮБК и в Степном Крыму происходит во второй половине февраля при сумме положительных температур выше 231°C и устойчивом превышении температуры воздуха $5,4^\circ\text{C}$. Время наступления фазы начала цветения у сорта Фестивальная за последние 40 лет в условиях ЮБК сместилось на более ранние сроки. Начало цветения наступает во второй–третьей декадах мая при суммах положительных температур выше 1125°C и среднемесячной температуре воздуха выше $17,5^\circ\text{C}$. Период массового цветения, за который можно собрать до 80 % цветков от общего урожая, в условиях ЮБК длится $14,4 \pm 2,9$ суток, с конца мая до середины июня. В последние годы наблюдается тенденция к уменьшению продолжительности периода цветения розы эфиромасличной сорта Фестивальная: максимальная продолжительность цветения уменьшилась на семь суток, а средняя – на трое суток. Урожайность цветков привитых кустов розы сорта Фестивальная в возрасте от четырех до восьми лет в среднем составила 17,0 ц/га, максимальная – 24,6 ц/га.*

Ключевые слова: *роза эфиромасличная, сорт Фестивальная (Rosa damascena Mill. × Rosa gallica L.), фенологические фазы, урожайность цветков розы, основные морфологические признаки.*

Введение

Роза эфиромасличная – одна из ведущих культур в эфиромасличной промышленности. Розовая вода и масло находят применение в изготовлении

высококачественной парфюмерии и косметики, используются в мыловарении, виноделии, ликероводочном и кондитерском производстве. Из свежих лепестков розы готовят розовое варенье или джем, высушенные лепестки являются неотъемлемой частью фиточая [1, 2]. В связи с высокой востребованностью продуктов переработки розы на мировом рынке интерес к ее культивированию возрастает [2].

Селекция эфиромасличной розы в Никитском ботаническом саду (НБС-ННЦ) началась в начале XX века. В этот период был создан первый сорт розы – Крымская красная. Сорт был устойчив к заморозкам и поражению болезнями и долгое время занимал до 90 % площадей, выделенных на выращивание эфиромасличных роз в эпоху СССР [3]. В результате дальнейших селекционных работ в Никитском саду были созданы еще 10 сортов розы, отличающихся большей урожайностью и выходом эфирного масла [4]. Наиболее востребованными для парфюмерной промышленности были сорта Фестивальная и Таврида, с хорошим качеством эфирного масла [5], которое приближалось к стандарту – болгарской розе из казанлыкской долины. Сорт розы Фестивальная выведен в 1959 г. методом межвидовой гибридизации путем скрещивания *Rosa damascena* Mill. × *Rosa gallica* L. (Казанлыкской розовой с Крымской красной), авторы – Р. И. Невструева, Т. В. Фролов, А. Ф. Новомлинченко [1]. Его растения малотребовательны к условиям среды и агротехнике, зимостойкие, хорошо растут на карбонатных почвах, устойчивы к хлорозу, ржавчине, мучнистой росе [6, 7], характеризуются высокой массовой долей эфирного масла (от 0,12 до 0,14 % от сырой массы), урожайностью (в зависимости от района выращивания от 15,8 до 39,0 ц/га), сбором масла (от 2,1 до 3,3 кг/га), ценным компонентным составом эфирного масла, в котором сумма непредельных терпеновых спиртов (гераниол, линалоол, цитронеллол, нерол) составляет 19 % [5]. Сорт обладает физиологической пластичностью, способен к быстрой адаптации в меняющихся условиях среды, может использоваться в регионах с полусухим климатом [8].

В конце XX века генофондовая коллекция розы эфиромасличной была утеряна, ее восстановление началось спустя 20 лет – в 2012 г. [9, 10]. Сегодня коллекция эфиромасличной розы в НБС-ННЦ насчитывает 11 сортов и 1 гибрид [10, 11]. Современные исследования розы эфиромасличной преимущественно посвящены вопросам разработки технологий получения оздоровленного безвирусного посадочного материала [8], микроразмножению сортов в культуре *in vitro* [12, 13], созданию новых сортов [14].

Последние 25–30 лет биоморфологические исследования растений данного сорта в условиях Крыма и России не проводили, морфологические описания сортов розы эфиромасличной селекции НБС-ННЦ сделаны в 70-х годах XX века и сопровождались незначительными и нечеткими черно-белыми фотографиями [7, 15, 16], поэтому они достаточно общие и требуют дополнения. В связи с этим возникла потребность изучения основных морфологических, биологических и хозяйственно ценных признаков восстановленной коллекции сортов розы эфиромасличной селекции НБС-ННЦ с целью уточнения характера проявления комплекса их признаков в связи с меняющимися погодно-климатическими условиями крымского региона.

Цель исследований – изучить степень проявления сортовых (биоморфологических) признаков у растений розы эфиромасличной сорта Фестивальная в разных эколого-географических условиях Крыма для определения его стабильности в связи с меняющимися погодно-климатическими условиями региона.

Материалы и методы исследований

Объект исследований – маточник розы эфиромасличной сорта Фестивальная, окулированный на *Rosa canina* L., расположенный на коллекционных участках НБС-ННЦ в условиях ЮБК (участок «Лавровое», пгт. Никита, г. Ялта) и степной зоны Крыма (Джанкойский интродукционно-карантинный питомник (ДИКП), пгт. Медведовка, Джанкойский район). Схема посадки растений – 125 × 250 см. Агротехнические мероприятия включали полив, прополку и обрезку розы в начале февраля. Исследования проводили на 12-ти постоянно выделенных кустах каждой делянки в двух не смежных повторностях.

Участок «Лавровое» расположен на ЮБК в центральном южнобережном агроклиматическом районе [17] на высоте 200 м над уровнем моря. Средняя годовая температура воздуха – 12–15 °С, абсолютный минимум зимой – минус 7–10 °С, максимум летом – 36–38 °С; переход среднесуточной температуры выше 5 °С происходит в первой–второй декаде марта, ниже – в начале декабря. Период с устойчивыми среднесуточными температурами воздуха ниже 0 °С наблюдается крайне редко. Количество осадков – до 560 мм [18]. Почва участка – коричневая, среднегумусированная, карбонатная, мощная, легкоглинистая. Почвообразующей породой являются серовато-бурые делювиальные легкоглинистые отложения.

Климат участка выращивания роз в степном Крыму – умеренно-континентальный, относится ко второму агроклиматическому району – Степному – умеренно-жаркому, подрайону П Б – очень засушливому с умеренно мягкой зимой [19]. Средняя годовая температура воздуха – 10,5 °С. Температура самого теплого месяца (июля) – 23,3 °С, самого холодного (января) – минус 1,8 °С. Средний из абсолютных минимумов температуры воздуха (–20...–23 °С) отмечен в 50 % зим, в отдельные годы морозы могут достигать –28...–32 °С (5 % зим). В июле в полдень температура воздуха поднимается до 27–30 °С, в отдельные годы – до 40 °С. Территория располагается в пределах Присивашского геоморфологического района, который представляет собой пониженную равнину с абсолютными отметками не выше 35–40 м н.у.м. Почвы участка – легкоглинистые, лугово-каштановые в различной степени солонцеватые, с различной глубиной залегания легкорастворимых солей и химизма засоления. Используемые в работе обозначения метеопараметров за 2015–2019 гг. приведены по данным метеостанций «Никитский Сад» и «Джанкой» [20].

В период 2015–2019 гг. проведены фенологические наблюдения и мониторинг основных хозяйственно ценных признаков розы эфиромасличной в условиях ЮБК; в 2018–2019 гг. – в условиях степной зоны Крыма. Исследования проводили на сортовых растениях в зрелом генеративном состоянии [21]. Возраст растений, исследуемых в условиях ЮБК, – 4–8 лет, в условиях степного Крыма – 4–5 лет. Фенологические наблюдения осуществляли по методике Л. Г. Назаренко [6]. Идентификацию сортов розы проводили по основным морфобиологическим признакам: высоте и форме куста, шиповатости побегов, количеству образовавшихся бутонов, количеству убранных цветков, диаметру цветка, окраске венчика, форме чашечки, количеству лепестков в одном цветке, массе цветка, урожайности цветков [22]. Высоту куста изучали у всех растений сорта в осенний период, в это же время определяли шиповатость побегов (по количеству шипов на 20 см длины однолетнего прироста в средней его части) [6]. Количество бутонов на побеге исследовали крестообразно в фазе массовой бутонизации в 10 повторностях. Исследования количественных показателей (подсчет количества цветков на одном кусте, урожай цветков с одного куста, диаметр и масса цветка, масса чашечки и лепестков, количество лепестков в одном цветке) проводили ежедневно на протяжении всего периода цветения растений розы (в среднем около 30 суток). Сбор

цветков розы осуществляли ежедневно в период цветения в утренние часы с 6:00 до 9:00 часов, урожай учитывали путем взвешивания сырья. При подсчете количества лепестков в одном цветке ежедневно брали выборку 10 ± 1 цветков с каждого модельного куста. Для определения диаметра цветка, массы одного цветка, массы лепестков, массы чашечки цветка ежедневно брали выборку 10 ± 2 цветков с каждого куста, то есть по 120 ± 20 цветков с участка. Исследования гипантиев и плодов (орешков) проводили, опираясь на рекомендации Л. Г. Назаренко [6]: собирали по 20–50 гипантиев подряд с шести кустов на каждой делянке в двух повторностях, массу 1000 плодов (орешков) определяли согласно ГОСТ 13056.4-67 [23]. Цветки и плоды взвешивали на лабораторных электронных весах AxisA500 (Польша). Фотографии выполнены с помощью фотоаппарата Canon PowerShot A650 IS (Япония). Для обработки статистических показателей использовали программу Microsoft Office Excel 2007.

Результаты и их обсуждение

1. Морфологические особенности растений эфиромасличной розы сорта *Фестивальная*.

Наиболее распространенным и простым способом ботанического определения растений, в том числе и сортов роз является наблюдение и идентификация по морфологическим признакам. Знание этих особенностей сорта необходимо при планировании его использования как в декоративном садоводстве, так и при промышленном возделывании. Растения розы сорта *Фестивальная* средней высоты, компактны и удобны для уборки урожая цветков. В условиях ЮБК роза формирует кусты высотой от 90 до 150 см (в среднем $129,0 \pm 13,7$ см), диаметром 120–160 см, средне-компактной формы (рисунок 1 А). Более низкие и раскидистые кусты этого сорта развиваются в условиях степной зоны Крыма: высота кустов не более 130 см (в среднем $101,8 \pm 15,6$ см), а диаметр – около 160–190 см. В условиях предгорной зоны Крыма (Белогорский район) Л. Г. Назаренко описывает данный сорт как сильнорослый высотой 1,5–2,0 м [6].

Многолетние побеги серо-зеленые, однолетние – зеленые, с неравномерным коричневым оттенком, гладкие; шипы крючковидные, в основном крупные, встречаются редко (рисунок 1 Б), количество шипов на 20 см длины однолетнего прироста в средней его части составляет $7,18 \pm 2,34$ шт., что в среднем на 2,0 шт. превосходит литературные данные [6, 21]. Листья очередные, длинночерешковые, сложные непарноперистые, состоят из пяти–семи листочков. Черешок сложного листа (рахис) длиной 5,0–5,5 см, с верхней стороны ярко кирпично-красный, с нижней стороны – зеленый с редко встречающимися небольшими крючковидными шипами (рисунок 1 Б, Д). В области прилистников окраска черешка ярко розово-малиновая, что является наиболее отличительным признаком этого сорта. Прилистники длиной 2,0–2,5 см, шириной 0,4–0,6 см, хорошо выражены, листовидные, приросшие к черешку, остающиеся, с нижней стороны средне опушены. Листочки зеленые или светло-зеленые, опушены с нижней стороны, с адаксиальной стороны (сверху) – голые или редко опушены. Непарные листочки длиной 5,0–6,5 см, шириной 2,7–4,2 см, эллиптической или продолговатой яйцевидной формы с заостренной верхушкой. Парные листочки длиной 3,8–5,2 см, шириной 2,5–3,4 см, обратнояйцевидные или широкоэллиптические с более округлой верхушкой. Край листовой пластинки в нижней (причерешковой) части цельный или мелкоредкопильчатый. Край листовой пластинки в верхней части ($3/4$) неравномерно пильчатый (см. рисунок 1 Б).

Бутоны длиной до 2,5 см, яйцевидной или конусовидной формы с заостренной верхушкой, с сильным смолистым ароматом, длина цветоножки в пределах соцветия

варьирует от 2,2 см до 4,5 см, на ней часто расположены мелкие прямые шипы (см. рисунок 1 Б). В современных условиях произрастания на ЮБК и в степном Крыму розы сорта Фестивальная формируют достаточно большое количество бутонов – от восьми до 19 на одном побеге в соцветии, ранее (1975–1976 гг.) отмечено меньшее количество бутонов на одном побеге – от двух до 16 штук в условиях Предгорной зоны Крыма [6]. Характерной особенностью сорта является движение бутонов перед раскрытием: бутон сначала наклоняется вниз к побегу, а затем поднимается (рисунок 1 Г). Полуоткрытые или только что распустившиеся цветки обладают интенсивным, приятным ароматом розы. Цветки среднеплотные, густомахровые, количество лепестков в одном цветке варьирует в пределах от 88 до 115, в среднем их насчитывается $95,2 \pm 9,0$, несколько меньшее количество (75) указано в литературе (данные за 1975–1976 гг.) [24].

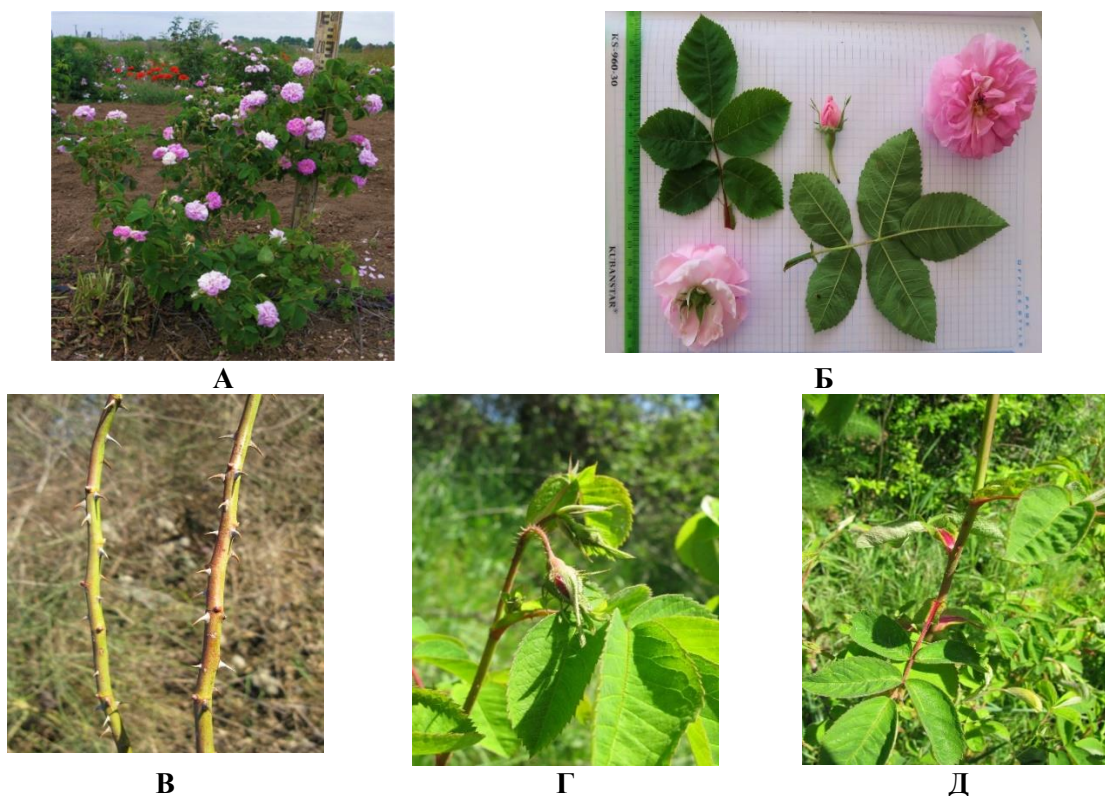


Рисунок 1 – Основные признаки розы эфиромасличной сорта Фестивальная

Примечание. А – Общий вид пятилетнего куста розы сорта Фестивальная; Б – лист, цветки и бутон; В – побег; Г – наклоненный бутон; Д – черешок.

На ЮБК роза формирует крупные центральные цветки от 5,0 до 8,0 см в диаметре (рисунок 2 А), боковые цветки – от 2,5 до 4,7 см в диаметре. В условиях степной зоны Крыма диаметр центральных цветков розы Фестивальная и цветков, расположенных на разветвлениях первого порядка, на 1,5–2,0 см меньше, чем у этих же цветков розы, выращиваемой в условиях ЮБК. Окраска лепестков – ярко-розовая, у основания лепестка – бледно-розовая, почти белая, ноготок лепестка светло-желтый (рисунок 2 Б). По форме лепестки первого круга широкообратнойцевидные, крупные (3,0 см длиной и 3,0 см шириной), в последующих кругах размер лепестков уменьшается, и форма становится более узкой (см. рисунок 2 Б). Лепестки второго и третьего круга обратнойцевидные (2,5 см длиной и 2,1 см шириной), четвертого и последующих кругов –

узкообратнойцевидные (2,7 см длиной и 1,2 см шириной). Чашечка средней величины, длиной 0,9–1,1 см, диаметром 0,6–0,7 см, зеленая, гладкая, без шипов.



Рисунок 2 – Цветок розы эфиромасличной сорта Фестивальная

Примечание. А – цветки; Б – лепестки.

Гипантий изучаемого сорта розы эллиптической или обратнойцевидной формы, длиной 1,5–2,1 см, шириной 1,0–1,3 см, что соответствует ранее полученным данным [21, 24]. Толщина гипантия 0,20–0,23 см. Поверхность гипантия гладкая, иногда у основания с редкими игольчатыми волосками, окраска меняется и ко времени созревания плодов становится алая или кирпично-красная. Плодоножка покрыта короткими игольчатыми волосками, её длина варьирует в пределах 1,5–3,5 см в зависимости от порядка разветвления гипантия.

Плод – орешек, округло эллиптической формы, длиной 0,5–0,6 см, шириной 0,35–0,50 см. В одном гипантии созревают от двух до шести плодов, реже – восемь–десять, в среднем созревают $5,7 \pm 3,1$ плодов. Каждый плод содержит одно семя (рисунок 3).



А



Б



В



Г

Рисунок 3 – Гипантий и плоды розы эфиромасличной сорта Фестивальная

Примечание. А – созревание плодов – бронзовая спелость (начало сентября); Б – созревание плодов – полная спелость (начало октября); В – плоды розы; Г – гипантий в продольном разрезе.

Масса 1000 плодов (орешков) розы эфиромасличной изучаемого сорта составляет $19,3 \pm 3,2$ г. Согласно литературным данным роза эфиромасличная

Фестивальная в условиях предгорного Крыма как в 1975 г., так и в 2015 г., формировала меньшее количество плодов (в среднем 4,6–5,1 шт.), но с большей массой 1000 плодов, равной 33,8–34,4 г [6, 7, 21, 24].

2. Биологические особенности роста и развития. Сроки прохождения фенофаз.

Для получения высоких урожаев цветков розы и планирования сроков проведения основных агротехнических работ на её плантациях, расчета экономической эффективности их использования необходимо знание времени наступления основных фенологических фаз растений и их продолжительности в регионе выращивания.

Результаты пяти лет фенологических наблюдений показали, что набухание почек розы как на ЮБК, так и в степном Крыму происходит при сумме положительных температур выше 231 °С и устойчивом повышении температуры воздуха выше 5,4 °С. В условиях ЮБК эта фаза наблюдается во второй половине февраля, в степном Крыму – на две–три недели позже (таблица 1).

В зависимости от метеорологических условий период от набухания почек до появления первых листьев у розы длится 15–21 день. В первой декаде марта в условиях ЮБК начинают раскрываться апикальные почки побегов розы. Если была проведена весенняя обрезка, то распускание побеговых почек наступает в конце марта. С середины марта до середины апреля проходит активный рост побегов, который замедляется к третьей декаде апреля и на верхушках побегов в пазухах листьев становятся видны кисти бутонов. Бутонизация начинается в конце апреля–начале мая, когда сумма положительных температур превышает 750 °С, а среднесуточная температура становится выше 13 °С. В условиях степного Крыма начало бутонизации наступает на две недели позже при накоплении меньшей суммы положительных температур, около 749 °С (см. таблицу 1). Продолжительность фазы бутонизации в условиях ЮБК составляет 26,0 ± 2,1 суток, в условиях степного Крыма эта фаза проходит намного быстрее – в течение 19,3 ± 2,3 суток (таблица 2).

Таблица 1 – Фенологические данные и суммы положительных температур воздуха от начала года до наступления фенофаз у розы сорта Фестивальная в условиях ЮБК и степной зоны Крыма

Год	Набухание почек		Начало бутонизации		Массовая бутонизация		Начало цветения		Массовое цветение		Конец цветения	
	дата	$\sum t > 0^\circ\text{C}$	дата	$\sum t > 0^\circ\text{C}$	дата	$\sum t > 0^\circ\text{C}$	дата	$\sum t > 0^\circ\text{C}$	дата	$\sum t > 0^\circ\text{C}$	дата	$\sum t > 0^\circ\text{C}$
2015*	19.02	242	28.04	754	07.05	870	27.05	1165	3.06	1290	16.06	1622
2016*	17.02	245	18.04	758	28.04	900	17.05	1179	31.05	1415	19.06	1782
2017*	04.03	232	30.04	753	07.05	867	25.05	1128	3.06	1297	21.06	1657
2018*	15.02	248	24.04	836	03.05	998	17.05	1216	23.05	1347	10.06	1721
2019*	12.02	231	21.04	757	01.05	877	20.05	1168	29.05	1339	14.06	1718
2018**	19.03	244	04.05	766	15.05	963	22.05	1103	29.05	1254	13.06	1565
2019**	15.03	249	05.05	749	17.05	939	25.05	1098	30.05	1208	10.06	1464

Примечание. * наступление фенодат у розы, выращиваемой в условиях ЮБК; ** в условиях степной зоны Крыма (Джанкойский район).

Согласно литературным данным в предгорной зоне Крыма средняя продолжительность бутонизации розы сорта Фестивальная составляла 23,0 суток

[24], поэтому мы можем предположить, что по мере продвижения сорта на север Крыма продолжительность периода бутонизации уменьшается (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Продолжительность периода цветения и урожайность цветков розы эфиромасличной сорта Фестивальная в условиях ЮБК* и степной зоны Крыма**

Год	Возраст кустов, лет	Среднее количество цветков на куст, шт.	Продолжительность бутонизации, сутки	Продолжительность цветения, сутки	Продолжительность массового цветения, сутки	Средняя урожайность цветков с куста, г/куст	Средняя урожайность цветков, ц/га
2015*	4	129,1 ± 55,0	27,8 ± 5,1	25,8 ± 4,1	14,3 ± 2,3	264,0 ± 99,5	8,5 ± 3,2
2016*	5	136,1 ± 74,3	28,2 ± 4,4	30,5 ± 4,2	19,6 ± 2,8	515,4 ± 210,2	16,5 ± 6,7
2017*	6	288,3 ± 99,9	23,7 ± 5,6	25,3 ± 4,2	14,4 ± 2,3	769,4 ± 173,0	24,6 ± 5,5
2018*	7	53,8 ± 18,7	22,3 ± 6,1	21,9 ± 3,4	11,9 ± 1,5	133,0 ± 63,5	4,3 ± 2,2
2019*	8	254,9 ± 93,0	28,0 ± 4,1	23,2 ± 4,2	11,8 ± 2,5	562,0 ± 227,9	18,0 ± 7,3
2018**	4	122,6 ± 39,2	17,4 ± 4,1	22,1 ± 3,6	14,5 ± 2,1	220,8 ± 70,6	7,1 ± 3,0
2019**	5	217,7 ± 79,8	19,1 ± 3,7	22,9 ± 3,9	10,3 ± 3,5	425,8 ± 103,6	13,6 ± 3,3

Примечание. * наступление фенотат у розы, выращиваемой в условиях ЮБК; ** в условиях степной зоны Крыма (Джанкойский район).

В условиях ЮБК начало цветения наступает во второй–третьей декадах мая при суммах положительных температур выше 1128 °С и среднемесячной температуре воздуха выше 17,5 °С; за последние 30–40 лет время наступления фазы начало цветения у розы эфиромасличной сорта Фестивальная сместилось на более ранние сроки, в то же время средняя температура воздуха в период цветения увеличилась на 0,9 °С с 2000 г. [25]. По данным Корсаковой С. П. климатические прогнозы указывают на возможное дальнейшее повышение температуры на ЮБК [26]. В условиях степного Крыма период цветения наступил на пять суток позже, чем в условиях ЮБК – в третьей декаде мая при более низких суммах положительных температур – около 1100 °С (см. таблицу 1).

В 2018 г. весенняя обрезка розы на ЮБК была проведена очень поздно – в начале апреля, что в значительной степени повлияло на урожайность цветков розы и продолжительность периода цветения, он стал более коротким, а урожайность – очень низкой (см. таблицу 2), поэтому показатели данного года на ЮБК мы не будем учитывать при общем анализе урожайности и цветения.

Продолжительность и динамика цветения кустов розы сорта Фестивальная в условиях ЮБК варьирует от 19 до 35 суток в зависимости от метеоусловий года (см. таблицу 2, рисунок 4) и в среднем составляет $25,5 \pm 2,7$ суток (без учета данных 2018 г.). В условиях степного Крыма цветение длится меньше – в среднем $22,5 \pm 3,6$ суток (см. таблицу 2). В Предгорной зоне Крыма средняя продолжительность периода цветения эфиромасличной розы в 1982–2014 гг. составила 18–25 суток [21], по результатам исследований, проведенных в 1964–1974 гг. она составляла 28 суток, а максимальная – достигала 42 суток [6]. Сопоставив полученные данные и проанализировав литературные сведения [6, 21], мы отметили тенденцию к уменьшению продолжительности периода цветения розы эфиромасличной сорта Фестивальная: максимальная продолжительность цветения уменьшилась на семь суток, а средняя – на трое суток [6, 21], что возможно сопряжено с наблюдающимся смещением перехода температур в условиях современного изменения климата [27].

Анализ результатов фенологических наблюдений показал, что в условиях ЮБК фаза массового цветения розы эфиромасличной сорта Фестивальная в среднем длится

14,4 ± 2,9 суток и проходит в период с 29 мая по 14 июня (см. таблицу 1, рисунок 4). В степном Крыму период массового цветения розы был меньше на 2–4 суток, чем в условиях ЮБК – массовое цветение розы продолжалось 9–13 суток и составило в среднем 10,4 ± 2,1 суток (см. таблицу 2).

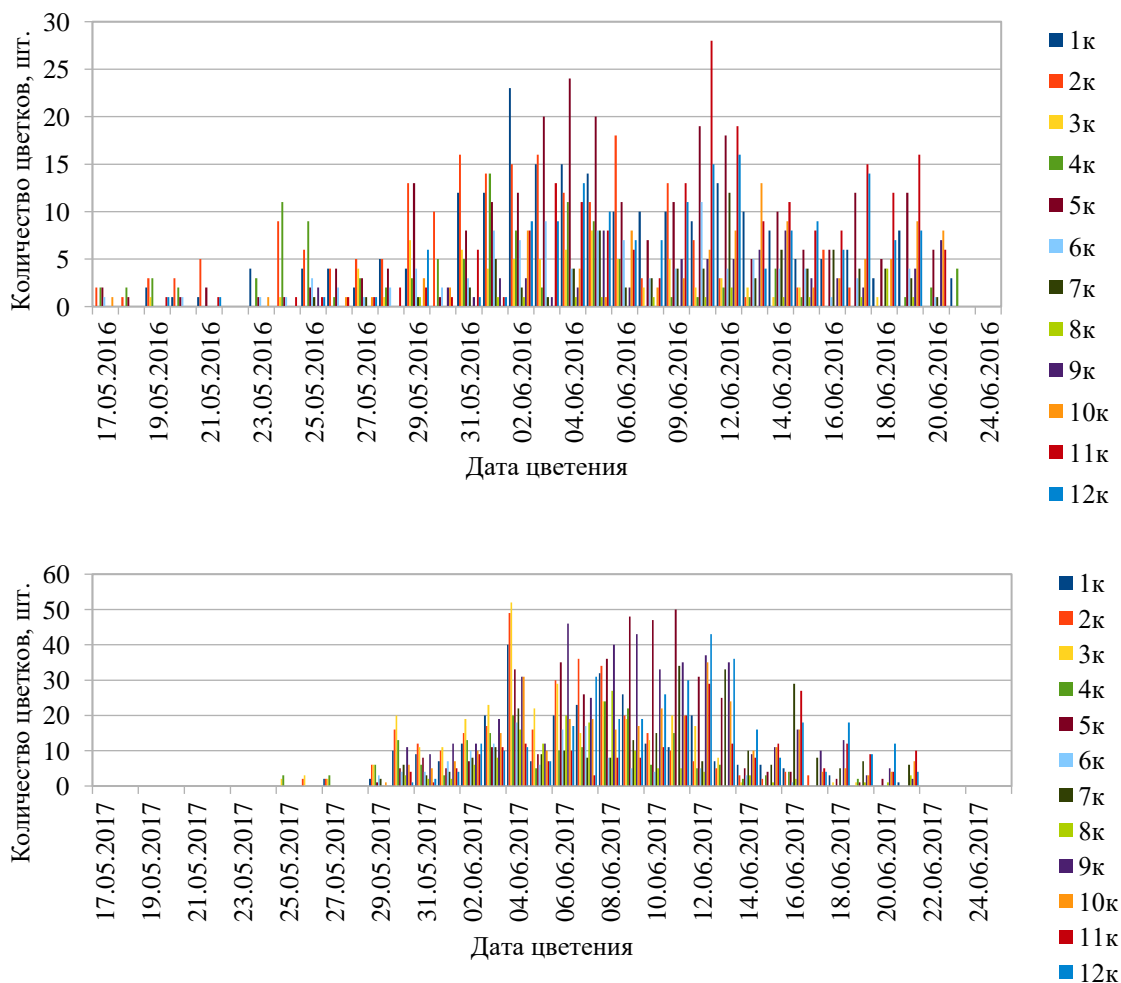


Рисунок 4 – Динамика цветения кустов розы эфиромасличной сорта Фестивальная в условиях ЮБК в 2016 и 2017 гг.

Примечание. 1к–12к – номер куста.

Исследования Л. П. Савчук [28] показали, что высокая температура и низкая относительная влажность воздуха, суховеи сокращают период цветения. Она определила, что оптимальными условиями для полного раскрытия бутонов является температура не выше 19 °С и относительная влажность воздуха не ниже 60 %. По мнению Л. Г. Назаренко [29], наиболее существенное влияние на продолжительность периода цветения оказывают количество осадков, а затем относительная влажность воздуха в этой фазе. Динамика цветения кустов розы сорта Фестивальная зависит от погодных условий и представляет собой многопиковую кривую. По нашим наблюдениям, в условиях ЮБК наиболее продолжительным было цветение розы в 2016 г., а наименее продолжительным – в 2017 и 2019 гг. (см. таблицу 2, см. рисунок 4).

Созревание плодов розы длится 106–120 суток, с конца июня до середины октября. В третьей декаде ноября у растений сорта Фестивальная наступает период листопада, который проходит до начала декабря. Обычно на ЮБК в этот период

температура воздуха опускается ниже 8,3 °С [20]. Данному сорту присуща потребность в яровизации и накоплении единиц охлаждения [25, 28].

3. Основные хозяйственно ценные признаки розы эфиромасличной сорта *Фестивальная*.

В современных условиях при выращивании на ЮБК урожайность цветков привитых кустов розы сорта *Фестивальная* в возрасте четырех–восьми лет в среднем составила 17,0 ц/га, максимальная – 24,6 ц/га. Проведенные исследования позволили установить, что у одновозрастных растений этого сорта розы в молодом генеративном состоянии (возраст куста – четыре–пять лет) при выращивании в разных эколого-географических условиях Крыма (степная зона и ЮБК) средние значения урожайности были выше в условиях ЮБК и составили 8,5–16,5 ц/га, в степной зоне Крыма ее показатели были меньше – 7,1–13,6 ц/га (см. таблицу 2). По мнению Л. Г. Назаренко, на урожай цветков розы эфиромасличной сорта *Фестивальная* оказывают влияние весенние осадки года сбора урожая, на что указывает высокий коэффициент корреляции между этими признаками [24].

Основным сырьем розы эфиромасличной являются только что распустившиеся цветки или их лепестки. Результаты исследования показали, что на протяжении периода цветения розы сорта *Фестивальная* средняя масса ее цветков значительно уменьшается (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели урожайности (суммарно за период) по фазам цветения розы эфиромасличной сорта *Фестивальная* при выращивании в Крыму

Признак	Год наблюдений	Начало цветения	Массовое цветение	Конец цветения
Средняя урожайность цветков, г/куст	2015 *	33,40 ± 16,78	206,7 ± 81,14	28,26 ± 11,15
	2016 *	46,87 ± 38,90	334,25 ± 167,24	48,32 ± 31,52
	2017 *	48,53 ± 34,23	662,67 ± 239,26	72,89 ± 64,13
	2018 *	24,62 ± 6,71	104,35 ± 31,58	9,21 ± 5,40
	2019 *	40,50 ± 5,50	592,44 ± 174,49	31,5 ± 13,17
	2018**	28,04 ± 9,11	149,05 ± 46,30	43,76 ± 12,20
	2019**	57,08 ± 19,70	251,01 ± 84,99	117,71 ± 32,80
Среднее количество цветков, шт./куст	2015 *	12,37 ± 6,21	99,43 ± 37,51	16,73 ± 7,56
	2016 *	7,42 ± 5,65	100,83 ± 48,14	21,1 ± 13,76
	2017 *	11,25 ± 7,17	241,58 ± 73,49	34,33 ± 29,72
	2018 *	7,80 ± 2,17	43,4 ± 13,16	4,13 ± 1,98
	2019 *	14,50 ± 2,50	263,11 ± 62,41	15,38 ± 8,13
	2018**	12,75 ± 3,75	76,48 ± 29,71	26,38 ± 11,98
	2019**	22,83 ± 8,20	124,33 ± 31,00	61,00 ± 17,00
Средняя масса одного цветка, г	2015 *	2,70 ± 0,29	2,11 ± 0,22	1,69 ± 0,19
	2016 *	6,30 ± 0,50	3,25 ± 0,40	2,30 ± 0,33
	2017 *	4,30 ± 0,31	2,74 ± 0,20	2,12 ± 0,31
	2018 *	3,16 ± 0,27	2,40 ± 0,33	2,23 ± 0,32
	2019 *	2,80 ± 0,20	2,25 ± 0,30	2,05 ± 0,40
	2018**	2,19 ± 0,19	1,93 ± 0,18	1,66 ± 0,17
	2019**	2,50 ± 0,20	2,02 ± 0,21	1,93 ± 0,23

Примечание. * наступление фенодат у розы, выращиваемой в условиях ЮБК; ** – в условиях степной зоны Крыма (Джанкойский район).

Это связано с тем, что масса цветков различна в зависимости от расположения их в соцветии: наиболее крупные и тяжелые центральные цветки зацветают первыми имеют диаметр от 5,0 до 7,9 см, масса их варьирует в пределах 3,7–6,3 г. В период

массового цветения распускаются цветки средних размеров на разветвлениях первого порядка диаметром 4,7–6,0 см, масса цветка составляет 2,2–3,6 г. Во второй половине массового цветения и до конца цветения распускаются цветки на разветвлениях второго и третьего порядка, их масса – 1,6–2,1 г, диаметр цветка составляет 2,5–4,0 см (см. таблицу 3). Массовая доля чашечки от веса цветка находится в пределах от 14,0 до 19,1 % (в среднем $17,1 \pm 3,5$ %).

Известно, что ранее в предгорной зоне Крыма роза сорта Фестивальная за сезон была способна образовывать на одном кусте от 365 до 950 цветков, в среднем – 630 цветков на куст [6], что говорит о высоком потенциале сорта.

Исследуемые нами на ЮБК кусты розы формировали меньшее количество цветков на куст (см. таблицу 2), но с большей массой (в среднем 2,75 г) одного цветка (см. таблицу 3) – от 1,69 до 6,3 г. Приводимые Л. Г. Назаренко усредненные данные за 1975–1976 гг. по массе цветка розы сорта Фестивальная, выращиваемого в условиях предгорной зоны Крыма (Белогорский район), в зависимости от положения его в соцветии были ниже [7], масса одного цветка варьировала от 2,19 до 3,48 г, средняя масса составляла 2,67 г [6].

Наиболее оптимальным для сбора урожая является период массового цветения, который обычно приходится на первые две недели июня (см. таблицу 1), массовая доля урожая в этот период на ЮБК составляет 76–89 %, а в условиях Степного Крыма – 59–68 %. Проводя сравнительные исследования на ЮБК и в степном Крыму, мы отметили, что в более северных зонах Крыма роза эфиромасличная формирует цветки с меньшей массой на протяжении всего периода цветения (см. таблицу 3, таблица 4).

Таблица 4 – Соотношение массовой доли урожая цветков розы эфиромасличной сорта Фестивальная и их количества по фазам цветения при выращивании в Крыму, %

Год наблюдений	Признак	Фенофаза		
		начало цветения	массовое цветение	конец цветения
2015*	УЦ	12,4	77,1	10,5
	КЦ	9,7	76,8	13,5
2016*	УЦ	11,2	79,2	11,5
	КЦ	5,7	77,5	16,2
2017*	УЦ	6,2	84,5	9,3
	КЦ	3,9	84,1	12,0
2018*	УЦ	17,8	75,5	6,67
	КЦ	14,1	78,4	7,5
2019*	УЦ	6,1	89,2	4,7
	КЦ	5,0	89,8	5,3
2018**	УЦ	12,7	67,5	19,8
	КЦ	11,1	66,1	22,8
2019**	УЦ	13,4	59,1	27,6
	КЦ	11,0	59,7	29,3

Примечание. * ЮБК; ** степная зона Крыма (Джанкойский район); (УЦ – средняя урожайность цветков; КЦ – среднее количество цветков).

Выводы

В современных условиях выращивания морфологические изменения растений розы эфиромасличной сорта Фестивальная коснулись увеличения количества шипов на единицу измерения – до $7,18 \pm 2,34$ шт., что на 2,0 шт. превосходит литературные данные, махровости цветка – в среднем насчитывается $95,2 \pm 9,0$ лепестков, что на 20 лепестков больше, чем по данным, приводимым в 1975–1976 гг.

Основными морфологическими особенностями растений являются: средняя высота кустов, составляющая $129 \pm 13,7$ см; слабая шиповатость побегов – $7,18 \pm 2,34$ шт. шипов на 20 см длины однолетнего прироста в средней его части; ярко розово-малиновая окраска черешка в области прилистников; сложные непарноперистые листья, состоящие из пяти–семи листочков; большее количество бутонов от восьми до 19 на одном побеге в соцветии; розовые, среднеплотные, густомахровые цветки, в которых в среднем насчитывается $95,2 \pm 9,0$ лепестков, что на 20 лепестков больше, чем по данным, приводимым в 1975–1976 гг.; максимальная масса цветка составила – 7 г, в среднем – 2,75 г; гипантий обратнойцевидной или эллиптической формы кирпично-красной окраски, в котором в среднем созревает $5,7 \pm 3,1$ плодов (орешков), что несколько больше, чем в приводимых ранее литературных данных ($4,6–5,1$ шт.); масса 1000 плодов стала меньше и составляет $19,3 \pm 3,2$ г.

Температура воздуха является определяющим фактором в сроках наступления основных фенологических фаз этого сорта. В разных зонах выращивания на территории Крыма набухание почек розы происходит при сумме положительных температур выше 231 °С, а начало цветения – при сумме выше 1125 °С. Значения сумм положительных температур для наступления основных фенофаз розы сорта Фестивальная дают возможность прогнозирования реакции растений на изменение условий среды.

По мере продвижения растений розы сорта Фестивальная в более северные зоны Крыма продолжительность периода бутонизации уменьшается. В условиях ЮБК продолжительность фазы бутонизации составляет $26,0 \pm 2,1$ суток в условиях степного Крыма – $19,3 \pm 2,3$ суток, согласно литературным данным в предгорной зоне Крыма средняя продолжительность бутонизации была $23,0$ суток.

Время наступления фазы начало цветения у эфиромасличной розы сорта Фестивальная за последние 40 лет сместилось на более ранние сроки в условиях ЮБК. Наблюдается тенденция к уменьшению продолжительности периода цветения кустов розы: средняя продолжительность цветения в условиях ЮБК составляет $25,53 \pm 2,68$ суток, в условиях степного Крыма она более короткая – $22,47 \pm 3,62$ суток.

Период массового цветения в условиях ЮБК, за который можно собрать 76–89 % цветков от общего урожая длится $14,4 \pm 2,9$ суток, с конца мая до середины июня. В условиях степной зоны Крыма этот период более короткий – $10,4 \pm 2,1$ суток, массовая доля собранного урожая ниже – 59–68 %.

У однолетних растений исследуемого сорта розы в молодом генеративном состоянии (возраст куста – четыре–пять лет), при выращивании в разных эколого-географических условиях Крыма (степная зона и ЮБК) средние значения урожайности были выше в условиях ЮБК – 8,5–16,5 ц/га, в степной зоне Крыма ее показатели были меньше – 7,1–13,6 ц/га. Средняя урожайность цветков привитых кустов розы сорта Фестивальная (в возрасте четырех–восьми лет), растущих на ЮБК составила 17,0 ц/га, максимальная – 24,6 ц/га.

Благодарности. Исследования сроков наступления фенологических фаз, а также учет урожайности цветков розы в период 2015–2018 гг. на ЮБК выполнены за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-50-00079). Создание маточников эфиромасличной розы в степном Крыму в 2014 г., сравнительное изучение морфобиологических особенностей розы в 2018–2019 г. в условиях степного Крыма и ЮБК (фенологии, морфологии, развития, основных хозяйственно ценных признаков) выполнено в рамках темы НИР №0829-2019-0039 ГЗ лаборатории ароматических и лекарственных растений ФГБУН «НБС-ННЦ». Автор выражает благодарность сотрудникам НБС-ННЦ, принимавшим участие в сборе цветков розы, подсчете лепестков в цветках, в обрывании лепестков и взвешивании массы чашечки, определении урожайности: лаборанту Пищенко Е. А., инженеру-исследователю Овчинникову С. А., инженеру-исследователю Ополинскому В. П.

Литература

1. Машанов В. И., Новомлинченко А. Ф. Итоги селекции розы эфиромасличной // Труды ГНБС. 1978. Т. 75. С. 54–91.
2. Kara N., Erbaş S., Baydar H. The effect of seawater used for hydrodistillation on essential oil yield and composition of oil-bearing Rose (*Rosa damascena* Mill.) // International Journal of Secondary Metabolite. 2017. Vol. 4:3. P. 423–428. DOI: 10.21448/ijsm.375120.
3. Крюкова И. В. Никитский ботанический сад. История и Судьбы. 2-е изд. испр. и доп. Симферополь: Н. Орианда, 2017. 416 с.
4. Marko N., Khlypenko L., Plugatar Yu. Aromatic rose varieties of the Nikitsky Botanical Gardens // 30th International horticultural congress, ISHS-2018 Symposium 16 International Symposium on tropical and subtropical vegetable production: tackling present and future global biotic and abiotic stressors. Turkey: Istanbul, 2018. OS-15. P. 7.
5. Назаренко Л. Г., Грищенко Л. А., Григорьева А. Г. Новые сорта розы эфиромасличной // Технические культуры. 1989. № 5. С. 24–25.
6. Назаренко Л. Г. Роза эфиромасличная (история, морфобиологические особенности и селекция). Киев: Наукова думка, 1978. 200 с.
7. Назаренко Л. Г. Результаты изучения морфобиологических признаков сортов эфиромасличной розы // Бюллетень ГНБС. 1979. Вып. 111. С. 40–46.
8. Mitrofanova I., Grebennikova O., Brailko V., Paliy A., Marko N., Lesnikova-Sedoshenko N., Mitrofanova O. Physiological and biochemical features of some cultivars in essential oil rose (*Rosa damascena* Mill.) growing *in situ* and *in vitro* // International Journal of Pharm Tech Research. 2016. No. 9(7). P. 226–232.
9. Marko N. V., Khlypenko L. A., Plugatar Yu. V. Aromatic rose cultivars in the collection of the Nikitsky Botanical Gardens // Acta Horticulturae. 2020. No. 1287. P. 41–48. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1287.6.
10. Марко Н. В., Логвиненко Л. А., Швчук О. М., Феськов С. А. Аннотированный каталог ароматических и лекарственных растений коллекции Никитского ботанического сада // Под общ. ред. Плугатаря Ю. В. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. 176 с.
11. Марко Н. В. Эфиромасличные розы в коллекции Никитского ботанического сада // Тезисы Второй Международной научной конференции «Цветоводство: теоретические и практические аспекты». Ялта, 2020. С. 53.
12. Егорова Н. А., Ставцева И. В. Микроразмножение сортов эфиромасличной розы в культуре *in vitro* // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2016. Т. 26. Вып. 2. С. 45–52.
13. Егорова Н. А., Ставцева И. В., Митрофанова И. В. Влияние сорта и состава питательной среды на укоренение розы эфиромасличной при микроразмножении *in vitro* // Биомика. 2018. Т. 10. № 1. С. 11–15. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2018-3.
14. Золотилов В. А., Золотилова О. М., Скипор О. Б. Новый сорт розы эфиромасличной с высоким сбором конкрета // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2017. Вып. 3 (171). С. 36–40.
15. Машанов В. И. Биологические и хозяйственно ценные особенности новых сортов эфиромасличной розы в условиях предгорной зоны Крыма. Автореф. дисс. ... канд. с-х наук. Кишинев: Кишиневский сельскохозяйственный институт имени М. В. Фрунзе, 1965. 22 с.
16. Зеленова К. П. Некоторые итоги государственного сортоиспытания эфиромасличных культур // Бюлл. ГНБС. 1973. Вып. 2. (21). С. 28–30.
17. Важов В. И. Агроклиматическое районирование Крыма // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 1977. Т. 71. С. 92–120.
18. Плугатарь Ю. В., Корсакова С. П., Ильницкий О. А. Экологический мониторинг Южного берега Крыма. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. 164 с.
19. Агроклиматический справочник по Крымской области. Л.: Гидрометеиздат, 1959. 136 с.
20. Обозначения метеопараметров. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://rp5.ru/archive.php?wmo_id=33934&lang=ru (дата обращения 19.11.2019).
21. Жужжалова Т. П., Семенова Е. Ф., Преснякова Е. В. Возрастные изменения растений эфиромасличной розы в онтогенезе // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2015. № 1 (9). С. 3–29.
22. Plugatar Yu. V., Klymenko Z. K., Ulanovskaya I. V., Zyкова V. K., Aleksandrova L. M., Zubkova N. V., Smykova N. V., Plugatar S. A., Andryushenkova Z. P. The results of different methods used in breeding of perennial flower cultivars in the Nikita Botanical Gardens // Acta Horticulturae. 2018. 1201. ISHS. P. 515–519. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1201.68.
23. ГОСТ 13056.4-67. Семена деревьев и кустарников. Методы определения массы 1000 семян. М.: Изд-во стандартов, 1968. 40 с.
24. Назаренко Л. Г., Миньков Б. П., Мустяце Г. И., Мушин А. В. Культура эфиромасличной розы // Отв. ред. Мустяце Г. И. Кишинев: Штиинца, 1983. 187 с.

25. Marko N., Korsakova S. Phenological response to the climate change of oil-bearing rose under subtropical conditions of the Southern coast of the Crimea // *Acta Horticulturae*. 2019. 1257. ISHS. P. 175–182. DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1257.25 XXX ИНС.
26. Корсакова С. П. Оценка будущих изменений климата на Южном берегу Крыма // *Экосистемы*. 2018. № 15 (45). С. 151–165.
27. Корсакова С. П., Корсаков П. Б. Динамика временных границ климатических сезонов на южном берегу Крыма в условиях изменения климата // *Бюллетень Никитского ботанического сада*. 2018. Вып. 127. С. 107–115. DOI: 10.25684/NBG.boolt.127.2018.15.
28. Савчук Л. П. Агрометеорологическая характеристика розы эфиромасличной в связи с ее размещением. Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Л.: ВИР, 1972. 25 с.
29. Назаренко Л. Г. Особенности роста и развития основных сортов эфиромасличной розы // *Труды ВНИЭМК*. 1975. Вып. 8. С. 3–12.

References

1. Mashanov V. I., Novomlinchenko A. F. The results of the selection of aromatic roses // *Collection of scientific works of All-Union Scientific Research Institute of Essential Oil Crops*. 1978. Vol. 75. P. 54–91.
2. Kara N., Erbaş S., Baydar H. The effect of seawater used for hydrodistillation on essential oil yield and composition of oil-bearing rose (*Rosa damascena* Mill.) // *International Journal of Secondary Metabolite*, 2017. Vol. 4:3. P. 423–428. DOI: 10.21448/ijsm.375120.
3. Kryukova I. V. Nikitsky Botanical Garden. History and Fates. 2nd edition, revised version. Simferopol: N. Orianda, 2017. 416 p.
4. Marko N., Khlypenko L., Plugatar Yu. Aromatic rose varieties of the Nikitsky Botanical Gardens // 30th International horticultural congress, ISHS-2018 Symposium 16 International Symposium on tropical and subtropical vegetable production: tackling present and future global biotic and abiotic stressors. Turkey: Istanbul, 2018. OS-15. P. 7.
5. Nazarenko L. G., Grishchenko L. A., Grigoryeva A. G. New cultivars of aromatic roses // *Technical crops*. 1989. No. 5. P. 24–25.
6. Nazarenko L. G. Aromatic rose (history, morphobiological features and selection). Kiev: Naukova Dumka, 1978. 200 p.
7. Nazarenko L. G. The results of the study of morphobiological characteristics of cultivars of aromatic roses // *Bulletin of the SNBG*. 1979. Vol. 111. P. 40–46.
8. Mitrofanova I., Grebennikova O., Brailko V., Paliy A., Marko N., Lesnikova-Sedoshenko N., Mitrofanova O. Physiological and biochemical features of some cultivars in essential oil rose (*Rosa damascena* Mill.) growing *in situ* and *in vitro* // *International Journal of Pharm Tech Research*. 2016. No. 9 (7). P. 226–232.
9. Marko N. V., Khlypenko L. A., Plugatar Yu. V. Aromatic rose cultivars in the collection of the Nikitsky Botanical Gardens // *Acta Horticulturae*. 2020. No. 1287. P. 41–48. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1287.6.
10. Marko N. V., Logvinenko L. A., Shevchuk O. M., Feskov S. A. Annotated catalog of aromatic and medicinal plants of the Nikitsky Botanical Gardens collection // Ed. by Plugatar Yu. V. Simferopol: PH ARIAL, 2018. 176 p.
11. Marko N. V. Aromatic roses in the collection of the Nikitsky Botanical Garden // *Abstracts of the Second International scientific conference “Floriculture: theoretical and practical aspects”*. Yalta, 2020. P. 53.
12. Yegorova N. A., Stavtseva I. V. Micropropagation of essential oil rose cultivars *in vitro* // *Bulletin of Udmurt University. Series “Biology. Earth sciences”*. 2016. Vol. 26. Iss. 2. P. 45–52.
13. Yegorova N. A., Stavtseva I. V., Mitrofanova I. V. Influence of cultivar and culture medium composition on the rooting of essential oil rose during micropropagation *in vitro* // *Biomics*. 2018. Vol. 10. No. 1. P. 11–15. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2018-3.
14. Zolotilov V. A., Zolotilova O. M., Skipor O. B. The new essential-oil rose variety with high yield of concrete // *Oil Crops. Scientific and technical bulletin of All-Russia Research Institute of Oil Crops by the name of Pustovoi V.S.* 2017. Vol. 3 (171). P. 36–40.
15. Mashanov V. I. Biological and economically valuable features of new cultivars of aromatic roses in the foothill zone of Crimea. Abstract diss. ... Cand. Sc. (Agr.). Chisinau: Chisinau Agricultural Institute named after M. V. Frunze. 1965. 22 p.
16. Zelenova K. P. Some results of the state variety testing of essential oil crops // *Bull. SNBG*. 1973. Iss. 2. (21). P. 28–30.
17. Vazhov V. I. Agroclimatic zoning of Crimea // *Collection of scientific works of Nikitsky Botanical Gardens*. 1977. Vol. 71. P. 92–120.
18. Plugatar Yu. V., Korsakova S. P., Ilnitsky O. A. Environmental monitoring of the southern coast of Crimea. Simferopol: ARIAL, 2015. 164 p.
19. Agroclimatic guide to the Crimean region. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1959. 136 p.

20. Designations of meteorological parameters. [Electronic resource]. Access point: http://tp5.ru/archive.php?wmo_id=33934&lang=ru (reference's date 19.11. 2019).
21. Zhuzhzhlova T. P., Semenova E. F., Presnyakova E. V. Age-related changes of plants of essential oil rose in ontogenesis // University Proceedings. Volga region. Natural Sciences. 2015. No. 1 (9). P. 3–29.
22. Plugatar Yu. V., Klymenko Z. K., Ulanovskaya I. V., Zykova V. K., Aleksandrova L. M., Zubkova N. V., Smykova N. V., Plugatar S. A., Andryushenkova Z. P. The results of different methods used in breeding of perennial flower cultivars in the Nikita Botanical Gardens // Acta Horticulturae. 2018. 1201. ISHS. P. 515–519. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1201.68.
23. GOST 13056.4-67. Seeds of trees and shrubs. Methods for determination of 1000 seeds mass. Moscow: Publishing house of standards. 1968. 40 p.
24. Nazarenko L. G., Minkov B. P., Mustyatse G. I., Murin A. V. The culture of aromatic roses / Ed. by Mustyatse G. I. Chisinau: Stiince, 1983. 187 p.
25. Marko N., Korsakova S. Phenological response to the climate change of oil-bearing rose under subtropical conditions of the Southern coast of the Crimea // Acta Horticulturae. 2019. 1257. ISHS. P. 175–182. DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1257.25 XXX IHC.
26. Korsakova S. P. The evaluation of future climate change in the southern coast of the Crimea// Ecosystemy. 2018. No. 15 (45). P. 151–165.
27. Korsakova S. P., Korsakov P. B. Dynamics in the temporal boundaries of climatic seasons in the Southern Coast of the Crimea under climate change // Bulletin of the State Nikita Botanical Gardens. 2018. No. 127. P. 107–115. DOI: 10.25684/NBG.boolt.127.2018.15.
28. Savchuk L. P. Agrometeorological characteristics of aromatic roses in connection with its location: Abstract diss. ... Cand. Sc. (Agr.). Leningrad: Vavilov All-Russian Institute of Plant Industry, 1972. 25 p.
29. Nazarenko L. G. Features of growth and development of the main cultivars of aromatic roses // Collection of scientific works of of All-Union Scientific Research Institute of Essential Oil Crops. 1975. No. 8. P. 3–12.

UDC 58.084.2: 57.045

Marko N. V.

BIOMORPHOBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE AROMATIC ROSE CULTIVAR 'FESTIVALNAYA' WHEN GROWING IN THE SOUTHERN COAST AND IN THE STEPPE CRIMEA

Summary. Today, the high demand for rose processing products in the world market determines the need to restore the raw material base of aromatic roses and the development of essential oil manufacture. In the era of the USSR, rose cultivar 'Festivalnaya', which was created in the Nikitsky Botanical Garden (NBG-NSC), was one of the most promising for industrial cultivation. Plants of this cultivar are undemanding to environmental conditions and agricultural technologies, grow well on the carbonate soils, resistant to chlorosis, rust, powdery mildew. High mass fraction of essential oil (0.12–0.14 % of the weight in raw form) and yield (15.8–39.0 centners/ha), as well as high content of phenylethyl alcohol in the essential oil, which was close to the standard - Bulgarian rose from the Kazanlak valley, are distinctive characteristics of this cultivar. For the last 25-30 years, biomorphological studies of plants of this cultivar in the conditions of the Crimea and Russia have not been conducted. The purpose of the research was to study the degree of manifestation of varietal traits of plants of the aromatic rose cv. 'Festivalnaya' in different ecological and geographical conditions of the Crimea to determine its genetic stability at conditions of weather and climatic changes in the region. Studies were carried out in 2015–2019 in the collection plantations on grafted plants under conditions of the Southern Coast of the Crimea (SCC) and the Crimean steppe zone according to generally accepted methods. Comparing the obtained data with the literature sources, we concluded that under modern growing conditions, morphological changes affected an increase in the number of thorns per unit of measure (7.18 ± 2.34 pcs., which on average surpasses the literature data by 2.0 pcs.), an increase in the double-flowered trait (on average, there are 95.2 ± 9.0 petals, which is 20 petals more than according to

the data mentioned in 1975–1976). The results of phenological observations showed that rose bud swelling in the SCC and steppe Crimea begins in the second half of February when the sum of positive temperatures is above 231 °C and a steady increase in air temperature is above 5.4 °C. Over the past 40 years, the beginning of flowering of the aromatic rose cultivar ‘Festivalnaya’ in the Southern Coast has shifted to an earlier date. The beginning of flowering occurs in the middle/end of May when a certain accumulated temperature is reached (above 1125 °C) and the average monthly air temperature is above +17.5 °C. The period of mass flowering, during which it is possible to collect up to 80 % of the flowers from the total crop, in the Southern Coast lasts 14.4 ± 2.9 days, namely from the end of May to mid-June. In recent years, a tendency to a decrease in the duration of the flowering period of the aromatic rose cv. ‘Festivalnaya’ is observed: the maximum flowering time has decreased and became seven days shorter; the average flowering time – three days shorter. The yield of flowers of grafted bushes of ‘Festivalnaya’ at the age of four to eight years averaged 17.0 centners/ha; the maximum yield reached 24.6 centners/ha.

Keywords: *aromatic rose, rose cultivar ‘Festivalnaya’, phenological phases, rose flower yield, basic morphological characters.*

Марко Наталья Владимировна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории ароматических и лекарственных растений ФГБУН «Ордена Трудового красного знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»; 298648, Россия, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, ул. Никитский спуск, 52; e-mail: nataly-marko@mail.ru.

Marko Natalya Vladimirovna, Cand. Sc. (Biol.), leading researcher at the Laboratory of aromatic and medicinal plants of the Federal State-Funded Institution of Science “The Labour Red Banner Order Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”; 52, Nikitsky Spusk str., urban village Nikita, Yalta, Republic of Crimea, 298648, Russia; e-mail: nataly-marko@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 20.01.2020.

Дата принятия к печати – 01.03.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-114-121

УДК 633.11:631.52

Марченко Д. М.¹, Иванисов М. М.¹, Некрасов Е. И.¹, Кравченко Н. С.¹, Радченко Л. А.²,
Радченко А. Ф.²

ПОДАРОК КРЫМУ – НОВЫЙ РАННЕСПЕЛЫЙ СОРТ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

¹ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»;

²ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. Одним из главных направлений решения проблемы роста урожайности и увеличения валовых сборов зерна служит создание и внедрение в производство новых высокоурожайных раннеспелых сортов озимой мягкой пшеницы, адаптированных к определенным условиям выращивания. Наиболее доступным источником повышения урожайности любого хозяйства является сорт. Для реализации высокого потенциала его урожайности крайне важно учитывать конкретные почвенно-климатические условия. Цель исследований – охарактеризовать новый сорт озимой мягкой пшеницы Подарок Крыму по хозяйственно-биологическим признакам и свойствам. Исследования проводили в 2015–2019 гг. на опытных полях научного севооборота отдела озимой пшеницы ФГБНУ «АНЦ “Донской”». Объект исследования – новый сорт озимой мягкой пшеницы Подарок Крыму. В качестве стандарта использовали сорт Дон 107. Почвенный покров опытного участка представлен черноземом обыкновенным, который характеризуется наличием мощного гумусового слоя (до 140 см). Метеорологические условия 2015–2019 гг. сложились разнообразно, что позволило оценить новый сорт по комплексу хозяйственно ценных признаков. Опыт закладывали по предшественнику кукуруза на зерно, повторность – шестикратная, учетная площадь делянки – 10 м². Сорт Подарок Крыму передан на Государственное сортоиспытание АНЦ «Донской» совместно с ФГБУН «НИИСХ Крыма» в 2019 г. Новый сорт обладает высоким потенциалом зерновой продуктивности. Средняя урожайность в конкурсном испытании (2015–2019 гг.) составила по предшественнику кукуруза на зерно – 7,71 т/га, что выше стандартного сорта Дон 107 на 0,39 т/га. По продолжительности вегетационного периода сорт относится к раннеспелой группе спелости, выколашивается и созревает на три дня раньше стандарта. Высокая и стабильная урожайность нового сорта обеспечивается его засухоустойчивостью, жаростойкостью, повышенной морозостойкостью и устойчивостью к основным болезням регионов изучения. Подарок Крыму изучают с осени 2020 г. на предмет возможности возделывания его в Северо-Кавказском, Нижневолжском и Центрально-Черноземном регионах Российской Федерации.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.), сорт, урожайность, качество, морозостойкость, засухоустойчивость.

Введение

Зерновое хозяйство – основа всего сельскохозяйственного производства страны. Среди колосовых культур пшеница по площадям посева и валовому сбору зерна занимает первое место. Озимая пшеница – одна из основных культур, обеспечивающих продовольственную безопасность страны, которая также оказывает влияние и на ее экспортный потенциал. Зерно пшеницы является главным компонентом при изготовлении хлебобулочных изделий, которые ежедневно употребляются в пищу человеком [1].

В современной селекции растений значительное внимание уделяется положительным характеристикам сорта, таким как устойчивость к болезням и

полеганию, жаро- и засухоустойчивость, высокие значения количественных признаков урожайности и качества зерна [2]. Рост продуктивности культуры зависит от многих особенностей внешней среды: климатических условий, правильных агротехнических мероприятий и др. [3]. Одним из главных направлений решения проблемы увеличения урожайности и повышения валовых сборов зерна служит создание и внедрение в производство новых высокоурожайных сортов озимой мягкой пшеницы, адаптированных к определенным условиям выращивания [4, 5].

В связи с аридизацией климата остро стоит вопрос и о создании раннеспелых сортов озимой пшеницы, способных благодаря скороспелости уходить от высоких температур и формировать урожай до наступления засушливых условий [6, 7]. Одним из таких сортов является сорт озимой мягкой пшеницы Подарок Крыму.

Цель исследований – дать оценку нового сорта озимой мягкой пшеницы Подарок Крыму по хозяйственно-биологическим признакам и свойствам.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2015–2019 гг. на опытных полях научного севооборота отдела озимой пшеницы ФГБНУ «АНЦ “Донской”».

Объект исследования – новый сорт озимой мягкой пшеницы Подарок Крыму, в качестве стандарта использовали сорт Дон 107.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый, мощный, с высокой карбонатностью – от 2,5 до 4,0 % CaCO_3 в пахотном слое мощного горизонта (до 140 см). Содержание гумуса – 3,6–4,0 % (по Тюрину), подвижного фосфора – 20–23 мг/кг, обменного калия – 300–380 мг/кг почвы (по Мачигину) [8].

Метеорологические условия лет исследований различались. В 2014/15 сельскохозяйственном году среднесуточная температура воздуха составила 10,5 °С (среднегодовой показатель – 9,7 °С). Осадки выпадали неравномерно по сезонам и месяцам, при этом их сумма была немного выше среднегодового значения – 600,3 мм (103,1 %). Условия 2015/16 сельскохозяйственного года характеризовались повышенным температурным режимом и обилием осадков в зимний период (январь, февраль) и весной. Всего за год выпало 659,0 мм осадков (113,2 % к среднегодовой норме), в том числе – осенью 121,9 мм (92,7 %), зимой – 218,3 мм (149,8 %), весной – 233,4 мм (178,2 %), летом – 85,4 мм (49,0 %). Среднегодовая температура воздуха в текущем году составила 12,1 °С, превысив среднегодовую на 2,4 °С. В 2016/17 сельскохозяйственном году среднесуточная температура воздуха и сумма осадков были на уровне многолетних показателей – 103 и 101 % от среднегодового. За 2017/18 сельскохозяйственный год выпало 453,6 мм осадков (78,0 % от среднегодовых данных), в том числе осенью – 119,7 мм (91,0 %), зимой – 187,7 мм (129,4 %), весной – 65,0 мм (49,6 %), летом – 80,7 мм (46,3 %). Среднегодовая температура воздуха составила 11,8 °С, превышение среднегодового значения – 2,1 °С. В 2018/19 сельскохозяйственном году среднесуточная температура воздуха составила 11,5 °С. Осадки выпадали неравномерно, а их сумма была ниже среднегодовых показателей – 521,4 мм (86,9 %), в том числе осенью – 139,4 мм (106 %), зимой – 149,1 мм (102,8 %), весной – 142,6 мм (108,9 %), летом – 90,3 мм (51,8 %) [9]. Наиболее благоприятным для формирования высокой урожайности был 2017 г.

Закладку опытов и фенологические наблюдения проводили согласно методике Государственного испытания [10] и методике полевого опыта [11]. Предшественник – кукуруза на зерно. Повторность опыта – шестикратная, учетная площадь делянки – 10 м². Посев осуществляли сеялкой «Wintersteiger Plotseed» с нормой высева семян 5 млн всхожих семян/га на глубину заделки 5–6 см. Уборку проводили комбайном «Wintersteiger Classic» в фазе полной спелости зерна. Качественные показатели зерна определяли по методике оценки технологических качеств зерна [12].

Оценку сорта на устойчивость к низким температурам определяли путем промораживания растений в посевных ящиках в камерах низких температур (КТВ-20-002, КНТ-1) по методике государственного сортоиспытания [10].

Статистическую обработку данных выполняли по Б. А. Доспехову [11].

Результаты и их обсуждение

Сорт озимой мягкой пшеницы Подарок Крыму передан на Государственное сортоиспытание АНЦ «Донской» совместно с ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» в 2019 г.

Сорт получен методом межсортовой гибридизации и индивидуального отбора из гибридной комбинации Suwon 219 × Ксения. Скрещивание проведено в 2008 г., родоначальное растение отобрано в 2011 г. в третьем поколении (F₃). Конкурсное сортоиспытание проводили в 2015–2019 гг. Разновидность – erythrospertum (Коern). Колос белый, остистый, веретеновидный, средней длины и плотности (рисунок 1).



Рисунок 1 – Зерно и колос сорта озимой мягкой пшеницы Подарок Крыму, 2019 г.

Зерно средней крупности, яйцевидной формы, красное, бороздка неглубокая, масса 1000 зерен – 40,2 г.

Средняя урожайность в конкурсном сортоиспытании за 2015–2019 гг. изучения по предшественнику кукуруза на зерно составила 7,71 т/га, прибавка относительно стандарта Дон 107 – 0,39 т/га ($HCP_{05} = 0,25$ т/га). Максимальная урожайность зафиксирована в 2017 г. – 10,69 т/га (рисунок 2).

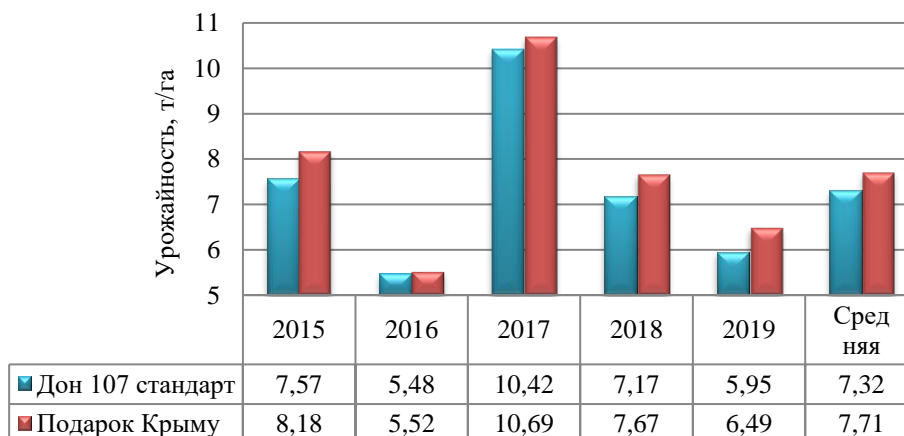


Рисунок 2 – Урожайность сорта озимой мягкой пшеницы Подарок Крыму по предшественнику – кукуруза на зерно (2015–2019 гг.)

Примечание. HCP_{05} 2015 г. – 0,25 т/га; 2016 г. – 0,21 т/га; 2017 г. – 0,22 т/га; 2018 г. – 0,34 т/га; 2019 г. – 0,30 т/га.

Более высокую урожайность по отношению к стандартному сорту Дон 107 Подарок Крыму формирует благодаря более высокой продуктивной кустистости и густоты стеблестоя, озернённости колоса и массы 1000 зерен (таблица 1).

Таблица 1 – Элементы структуры урожая сорта озимой мягкой пшеницы Подарок Крыму (среднее за 2015–2019 гг.)

Элемент структуры	Единица измерения	Подарок Крыму	Дон 107, стандарт	Отклонение от стандарта
Продуктивный стеблестой	шт./м ²	498	468	30
Продуктивная кустистость	шт./раст.	1,65	1,52	0,13
Количество зерен с колоса	шт.	43	35	8
Масса зерна с колоса	г	1,67	1,69	-0,02
Масса 1000 зерен	г	40,2	34,9	5,3

В условиях неустойчивого земледелия (недостаток осадков, низкие и высокие температуры, засоленность, закисленность почв и др.) продуктивность сельскохозяйственных культур в большой степени определяется их устойчивостью к неблагоприятным факторам конкретного сельскохозяйственного региона [12].

Подарок Крыму обладает высокой засухоустойчивостью, жаростойкостью и зимостойкостью, повышенной морозостойкостью (таблица 2).

Таблица 2 – Хозяйственно-биологическая характеристика сорта озимой мягкой пшеницы Подарок Крыму (среднее за 2015–2019 гг.)

Показатель		Единица измерения	Подарок Крыму	Дон 107, стандарт	Отклонение от стандарта	НСР ₀₅
Высота растений		см	88	82	6	9
Устойчивость к полеганию		балл	4,9	4,9	0	0,3
Продолжительность вегетационного периода		сут	226	229	-3	2
Морозостойкость		%	63,0	73,4	-10,4	14,1
Зимостойкость		балл	5,0	5,0	0	0,2
Засухоустойчивость		балл	5,0	5,0	0	0,1
Жаростойкость		%	91,0	85,3	5,7	4,7
Поражение болезнями (инфекционный фон)	Бурая ржавчина	%	следы	60–80	-	
	Мучнистая роса	балл	1,0–1,5	2,5–3,0	-	

Сорт относится к раннеспелой группе спелости, выколашивается и созревает на три дня раньше среднераннего сорта Дон 107. По высоте растений относится к короткостебельным сортам (88 см), устойчив к полеганию.

В полевых условиях и на инфекционном фоне Подарок Крыму устойчив к бурой ржавчине, средневосприимчив к мучнистой росе.

Наряду с высокой продуктивностью, устойчивостью к био- и абиотическим стрессорам новый сорт обладает хорошими показателями качества зерна (таблица 3).

Подарок Крыму стабильно формирует зерно с высокой натурой (834 г/л) и стекловидностью (77 %). По содержанию белка и клейковины в зерне за годы изучения новый сорт формировал зерно второго–третьего класса качества. По данным лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, Подарок Крыму соответствует требованиям, предъявляемым к «ценным» пшеницам.

**Таблица 3 – Показатели качества зерна озимой мягкой пшеницы
Подарок Крыму (среднее за 2015–2019 гг.)**

Показатель	Единица измерения	Подарок Крыму	Дон 107, стандарт	Отклонение от стандарта	НСР ₀₅
Нагура зерна	г/л	834	826	8	16
Стекловидность	%	77	74	3	2
Содержание белка	%	13,11	12,42	0,69	0,45
Содержание клейковины	%	27,8	24,6	3,2	1,7
Показатель ИДК	е.п.	75	66	9	4
Сила муки	е.а	241	223	18	16
Объем хлеба из 100 г муки	см ³	495	495	0	59
Общая оценка хлеба	балл	3,9	3,8	0,1	0,4
Валориметрическая оценка	е.в.	66	63	0,3	1,2

С осени 2020 г. новый сорт озимой мягкой пшеницы Подарок Крыму проходит изучение на сортоучастках Северо-Кавказского, Нижневолжского и Центрально-Черноземного регионов Российской Федерации.

Выводы

Новый сорт озимой мягкой пшеницы Подарок Крыму, переданный ФГБНУ «АНЦ «Донской» на Государственное сортоиспытание совместно с ФГБУН «НИИСХ Крыма», обладает высоким потенциалом зерновой продуктивности. Средняя урожайность в конкурсном испытании (2015–2019 гг.) составила при посеве после кукурузы на зерно 7,71 т/га, что выше стандартного сорта Дон 107 на 0,39 т/га. По продолжительности вегетационного периода относится к раннеспелой группе спелости, выколашивается и созревает на три дня раньше стандарта. Внедрение в производство данного сорта позволит сельхозпроизводителям снять нагрузку в уборочный период, так как уборка будет начинаться с этого сорта благодаря его скороспелости. Высокая урожайность и устойчивость сорта к биотическим и абиотическим факторам среды позволит повысить валовые сборы высококачественного зерна.

Литература

1. Šramková Z., Gregová E., Šturdíka E. Chemical composition and nutritional quality of wheat grain // Acta Chimica Slovaca. 2009. Vol. 2. No. 1. P. 115–138.
2. Лепехов С. Б. Признаки с отрицательными эффектами и их значение для селекции мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. № 20 (3). С. 337–343. DOI: 10.18699/VJ16.114.
3. Mandeep S., Jagjit S., Neelam R. P. Analysis of wheat grain varieties using image processing – a review // International Journal of Science and Research (IJSR). 2014. Vol. 3 Iss. 6. P. 490–495.
4. Ионова Е. В. Устойчивость сортов и линий пшеницы, ячменя и сорго к региональному типу засухи. Автореф. дисс. ... д-ра с.-х. н. Краснодар: Всероссийский научно-исследовательский институт риса, 2011. 47 с.
5. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 5. С. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617eng.
6. Nezhadahmadi A., Hossain P. Z., Faruq G. Drought tolerance in wheat // Scientific World Journal. 2013. 12 p. DOI:10.1155/2013/610721.
7. Кожушко Н. Н. Вододерживающая способность как показатель засухоустойчивости растений // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1976. Т. 57. Вып. 2. 59 с.
8. Агафонов Е. В., Полуэктов Е. В. Почвы и удобрения Ростовской области. Учебное пособие. Персиановка, 1999. 90 с.
9. Марченко Д. М., Иванисов М. М., Рыбась И. А., Некрасов Е. И., Ионова Е. В., Гричаникова Т. А., Романюкина И. В., Дерова Т. Г. Лидия – универсальный сорт озимой мягкой пшеницы // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 4(20). С. 70–78. DOI 10.33952/2542-0720-2019-4-20-70-78.

10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры // Подгот. М. А. Федин и др. М.: Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, 1989. 194 с.
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
12. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур // Под общ. ред. Федина М. А. М.: Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, 1988. С. 41–74.
13. Чуманова Е. В., Ефремова Т. Т., Кручинина Ю. В., Першина Л. А. Получение и изучение линий мягкой пшеницы по озимому сорту Безостая 1 с комбинацией доминантных аллелей локусов VRN // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(8). С. 951–956. DOI: 10.18699/VJ18.437.

References

1. Šramková Z., Gregová E., Šturdíka E. Chemical composition and nutritional quality of wheat grain // Acta Chimica Slovaca. 2009. Vol. 2. No. 1. P. 115–138.
2. S. B. Lepkhov Traits with negative effects and their benefits for soft wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2016. No. 20 (3). P. 337–343. DOI: 10.18699/VJ16.114.
3. Mandeep S., Jagjit S., Neelam R. P. Analysis of wheat grain varieties using image processing – a review // International Journal of Science and Research (IJSR). 2014. Vol. 3. Iss. 6. P. 490–495.
4. Ionova E. V. Resistance of varieties and lines of wheat, barley and sorghum to the regional type of drought. Author's abstract ... Dr. Sc. (Agr.). Krasnodar: All-Russian Research Institute of Rice, 2011. 47 p.
5. Rybas' I. A. Breeding grain crops to increase adaptability (review) // Agricultural Biology (Sel'skokhozyaistvennaya Biologia). 2016. Vol. 51. No. 5. P. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617eng.
6. Nezhadahmadi A., Hossain P. Z., Faruq G. Drought tolerance in wheat // Scientific World Journal. 2013. 12 p. DOI:10.1155/2013/610721.
7. Kozhushko N. N. Water-holding capacity as an indicator of plant drought resistance // Proceedings On Applied Botany, Genetics and Breeding. 1976. Vol. 57. Iss. 2. 59 p.
8. Agafonov E. V., Poluektov E. V. Soils and fertilizers of the Rostov region. Tutorial. Persianovka, 1999. 90 p.
9. Marchenko D. M., Ivanisov M. M., Rybas I. A., Nekrasov E. I., Ionova E. V., Grichanikova T. A., Romanyukina I. V., Derova T. G. 'Lidiya' – the universal winter soft wheat variety // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2019. No. 4 (20). P. 70–78. DOI 10.33952/2542-0720-2019-4-20-70-78.
10. Methodology of State variety testing of agricultural crops. Issue 2: grain crops, groats and legumes // Ed. by Fedin M. A. Moscow: State Commission for Variety Testing of Agricultural Crops, 1989. 194 p.
11. Dospikhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). 5th edition, appr. and add. Moscow: Alians, 2014. 351 p.
12. Methodology of State variety testing of agricultural crops. Technological estimation of grain crops, groats and legumes // Ed. by Fedin M. A. Moscow: State Commission for Variety Testing of Agricultural Crops, 1988. P. 41–74.
13. Chumanova E. V., Efremova T. T., Kruchinina Y. V., Pershina L. A. Development and investigation of common wheat lines of winter cultivar Bezostaya 1 with combinations of dominant alleles of VRN-1 loci // Vavilov Journal of Genetiks and Breeding. 2018. No. 22(8). P. 951–956. DOI: 10.18699/VJ18.437.

UDC 633.11:631.52

Marchenko D. M., Ivanisov M. M., Nekrasov E. I., Kravchenko N. S., Radchenko L. A.,
Radchenko A. F.

'PODAROK KRYMU' – NEW EARLY RIPENING VARIETY OF WINTER SOFT WHEAT

Summary. Creation and introduction into production new high-yielding and early ripening varieties of soft winter wheat adapted to certain weather conditions are the principal ways to increase yield and improve general harvest volumes. A properly selected variety is one of the most effective ways of achieving crop yield improvement for any farm. To realize the potential for increasing yields, it is crucial to bear in mind specific soil and climatic conditions. The aim of the research was to characterize a new variety of winter

soft wheat 'Podarok Krymu' by economic and biological qualities, as well as morphological characteristics. Soil of the experimental plot – chernozems ordinary with a thick humus layer (up to 140 cm). The meteorological conditions during the years of research were quite diverse, which made it possible to evaluate the new variety by a set of economically valuable features. The studies were carried out in 2015–2019 on the experimental fields of the scientific crop rotation of the Department of Winter Wheat of State Scientific Establishment “Agricultural research center “Donskoy” (SSE “ARC “Donskoy”). The object of the research – a new variety of winter soft wheat 'Podarok Krymu'. Winter soft wheat variety 'Don 107' was used as a standard. Preceding crop – corn for grain. The accounting area of the variety test plot – 10 m². Field experiments were replicated six times. In 2019, variety 'Podarok Krymu' was submitted for State Variety Testing by SSE «ARC “Donskoy”» together with the Research Institute of Agriculture of Crimea. This variety has a high potential for grain productivity. The average yield in the competitive variety testing was 7.71 t/ha (preceding crop – corn for grain), which is 0.39 t/ha higher than the average yield of standard variety 'Don 107'. According to the length of the growing season, the variety belongs to the early maturing group; its ears emerge and kernels ripe three days earlier than that of the standard. The high and stable yield of the new variety is ensured by its tolerance to drought and heat, increased winter hardiness and resistance of plants to frost, as well as resistance to the main diseases typical in the regions where studies are being conducted. Since the autumn of 2020, 'Podarok Krymu' has been studied to cultivate it in the North Caucasian, Lower Volga and Central Black Earth regions of the Russian Federation.

Keywords: winter soft wheat (*Triticum aestivum* L.), variety, yield, quality, frost resistance, drought tolerance.

Марченко Дмитрий Михайлович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела 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 лаборатории селекции 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.

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

Кравченко Нина Станиславовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок 3; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Радченко Людмила Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: l-radchenko@ukr.net.

Радченко Александр Федорович, старший научный сотрудник лаборатории семеноводства и сортоизучения новых генотипов отдела интродукции и технологий в полеводстве и животноводстве, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: o-radchenko@ukr.net.

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.

Nekrasov Evgeniy Igorevich, 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.

Kravchenko Nina Stanislavovna, Cand. Sc. (Biol.), senior 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: vniizk30@mail.ru.

Radchenko Lyudmila Anatolyevna, Cand. Sc. (Agr.), deputy director for scientific work, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, the Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: l-radchenko@ukr.net.

Radchenko Aleksandr Fedorovich, senior researcher of the Laboratory of seed growing and strain investigation of new genotypes of the Department of introductions and technologies in agriculture and livestock farming, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: o-radchenko@ukr.net.

Дата поступления в редакцию – 10.10.2020.

Дата принятия к печати – 14.11.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-122-134

УДК 638.271:68.85.85

Мирзаходжаев А. М., Мирзаходжаев Б. А., Касымова Д. Х., Раджабов И. Б.

ВЛИЯНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЕЛИМОСТИ КОКОНОВ ШЕЛКОПРЯДА ПО КАЛИБРУ И МАССЕ ПРИ ИХ ОТБОРЕ НА ПЛЕМЯ

Научно-исследовательский институт шелководства Комитета Республики Узбекистан по развитию шелководства и каракулеводства (г. Ташкент)

***Реферат.** Все промышленное шелководство основано на выкормке промышленных гибридов, для которых грену готовят на племенных предприятиях. При производстве качественной гибридной грены очень важно из смеси племенных коконов выделить её наиболее однородную фракцию и разделить эту часть по полу с высокой точностью, чтобы самок одной породы скрестить с самцами другой и наоборот. Известно, что коконы средней фракции (калибра и массы) в племенной партии являются наиболее продуктивной её частью. Цель исследований – выявление наиболее информативного критерия для отбора качественной фракции племенных коконов, разработка на основе выявленных закономерностей новых устройств, предназначенных для сортировки коконов по калибру и деления их по массе (полу) в процессе приготовления гибридной грены тутового шелкопряда. Методами математической статистики выявлены закономерности деления смеси племенных коконов по калибру и массе. Определена нормированная доля средней фракции коконов – 58–70 % и размах её калибра – 2 мм, а также выявлена возможность максимального выделения из партии дефектных компонентов с мелкими и крупными фракциями в два этапа при сортировке коконов по калибру и массе на разработанных устройствах. По результатам производственных выкормок получено больше урожая коконов (в среднем на 10 кг с одной коробки (29 г) грены), однородных коконов – на 22 % и сортовых – на 13 % больше, чем в контроле. По результатам размотки общая и непрерывно разматываемая длина коконной нити у опытных коконов соответственно на 20 и 27 % выше, чем у контрольных.*

***Ключевые слова:** *Вотбук mori L.*, кокон, гrena, порода, гибрид, калибр, масса, деление по полу, коконокалибровочное устройство, автомат деления коконов по полу.*

Введение

Качество грены и коконного сырья закладывается на гrenaжных предприятиях при производстве гибридной грены и на шелководческих хозяйствах при выкормке гусениц шелкопряда и определяется уровнем их оснащённости современной техникой и внедрением эффективной технологии [1, 2].

На гrenaжных предприятиях преобладает ручной труд, где 85–90 % трудоёмких операций выполняют вручную – органолептически. Результаты ручной работы не эффективны и малопродуктивны.

Причиной низкой оснащённости новой технологией и техникой является однократность выкормки и узкосезонность производства коконов в Узбекистане ввиду природно-климатических условий, при которых приобретение относительно дорогих средств техники и технологии для короткого срока эксплуатации становится экономически не выгодно. Поэтому уровень оснащённости шелководческих хозяйств и гrenaпроизводства новой технологией и техникой за последние 70 лет почти не изменился.

Изложенная проблема усугубляется еще и тем, что отсутствие современной технологии и техники приводят к нарушению агроправил и производственного цикла, которые в совокупности снижают качество продукции шелководства [3, 4].

Исходный племенной материал, сортируемый на гренажных предприятиях, как правило представляет собой смесь различных по качеству и форме коконов [5]. Результаты поисковых экспериментов, проведенных на породах С8 и Б1 и гибридах С8 × Б1 и С9 × Б2, показали содержание компонентов в следующих пределах:

- коконы нормальные среднего калибра – 48–62 %;
- мелкие и крупные коконы – 18–25 %;
- уродливой и неправильной формы – 7–9 %;
- тонкостенные (малошелконосные) – 5–7 %;
- другие виды брака – 3 %.

Из этих составляющих наиболее ценной считается её средняя по калибру и массе часть. Дефектные коконы (глухари, малошелконосные, неправильной и уродливой формы в некоторой степени отличаются по калибру от нормальной выравненной средней части, а коконы-глухари и малошелконосные отличаются еще и по массе.

Цель исследований – выявление наиболее информативного критерия для отбора качественной фракции племенных коконов, разработка на основе выявленных закономерностей новых устройств, предназначенных для сортировки коконов по калибру и деления их по массе (полу) в процессе приготовления гибридной грены тутового шелкопряда.

Материалы и методы исследований

Опыты проводили на племенных коконах породы Белококонная 1 (Б1), Белококонная 2 (Б2) и гибридов Советская 8 × Белококонная 1 (С8×Б1), Советская 9 × Белококонная 2 (С9 × Б2) в 2018–2020 гг. в лаборатории механизации и лаборатории генетики и селекции тутового шелкопряда Научно-исследовательского института шелководства.

С помощью статистического метода путем применения закона нормального распределения на коконах исходной смеси установили нормированную долю средней фракции при выбранном значении размаха ее калибра.

Полученный цифровой материал по каждой породе и гибриду разбили на классы, приняв соответствующий классовый промежуток. Пользуясь вариационными рядами, вычисляли средние арифметические (M), среднеквадратические показатели (σ) и коэффициенты вариации (Cv) Затем построили фактические и теоретические кривые для каждой породы и гибрида.

На рисунке 1 в качестве иллюстрации приведены наиболее характерные для всех пород и гибридов кривые распределения коконов по калибру.

Калибры коконов рассматриваемых пород и гибридов сильно различаются и их лимиты (lim), показывающие имеющийся максимум и минимум, находятся в пределах 14,5–23,0 мм.

Лимиты калибра коконов меняются в зависимости от породы и гибрида шелкопряда в широких пределах в сторону увеличения или уменьшения, но размах (разность между max . и min . значениями калибра) меняется незначительно и составляет 4,2–5,4 мм. Средние арифметические, среднеквадратические показатели и коэффициенты вариации сравниваемых групп, также различаются в небольших пределах:

$$M = 16,9–20,2 \text{ мм}; \sigma = 0,96–1,25 \text{ мм}; Cv = 4,9–6,87 \text{ \%}.$$

Для определения стандартной доли средней, а также мелкой и крупной фракции коконов с учетом требований автоматического кокономотания к

выравненности коконов по калибру и биологическим свойствам средних по калибру коконов, размах калибра приняли, равным 2 мм.

Для этого в обе стороны центра теоретических кривых (рисунок 1), который совпадает со средней арифметической M , на оси X откладывали по одному отрезку, равному 1 мм калибра коконов, то есть $X_1 = +1,0$ мм и $X_2 = -1,0$

Зона между этими двумя ограничительными линиями указывает ту долю коконов, которая находится между средней арифметической и заданной величиной признака и равна средней фракции. Левая от линии часть считается мелкой фракцией, а правая – крупной фракцией.

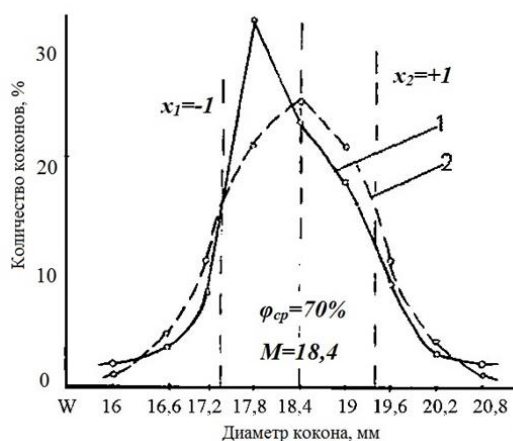


Рисунок 1 – Сопоставление фактического (1) и нормального (2) распределений по вариационным кривым и вычисление нормированной доли средней и крайних фракций коконов гибрида С8 × Б1

Примечание. X_1 и X_2 – отрезки соответственно равные -1 и $+1$ мм калибра коконов; M – среднеарифметический калибр; $\varphi_{ср}$ – нормированная доля средней фракции.

Пользуясь рабочей формулой Плохинского [6], рассчитали процент коконов, составляющих среднюю, мелкую и крупную фракцию, которые соответственно равны:

$$\varphi_{ср} = 57,6-70,0 \%; \varphi_{мелк} = 14,2-20,9 \%; \varphi_{круп} = 14,2-20,9 \%$$

Следует отметить, что, смещая разделительные линии X_1 и X_2 в ту или иную сторону, можно увеличить или уменьшить процентное соотношение коконов средней фракции. Наиболее эффективно это можно сделать за счет уменьшения количества крупной и увеличения мелкой фракции коконов, так как в крупной фракции имеется больше коконов самок.

Однако можно предположить, что после выделения из партии мелких и крупных по калибру фракций коконов в отобранной на племя средней фракции может оказаться и некоторая часть дефектных коконов с такими же средними калибрами, которые окажут отрицательное влияние на качество репродуктивной гены.

Для выявления этого вопроса рассмотрим разделение смеси коконов на компоненты по двум признакам – калибру и массе. Для опытов использовали партии племенных коконов гибрида С8 × Б1, состоявших из нормальных и дефектных компонентов.

По результатам измерения калибра и массы коконы разбили на группы, приняв соответствующий классовый промежуток. Расположили эти классы в виде вариационных кривых. На рисунке 2 в качестве иллюстрации статистического метода приведены характеристики калибра смеси коконов гибрида С8 × Б1 и его

компонентов, а на рисунке 3 – характеристики их массы. Согласно вышеописанному методу для определения возможности чистого выделения из партии дефектных коконов в обе стороны центра кривых 1 (рисунок 2), который совпадает со средней арифметической M , на оси X откладывали по одному отрезку $X_1 = -1$ и $X_2 = +1$, что соответствует 1 мм калибра кокона.

Зона между этими двумя ограничительными прямыми X_1 и X_2 равна средней фракции, левая от прямой X_1 – мелкой фракции, а правая от линии X_2 – крупной фракции.

Часть кривых коконов глухарей (2) и малoshелконосных (3) расположились с левой стороны прямой X_1 , и часть кривых накладываются на кривую 1, ограниченную прямыми X_1 и X_2 , а незначительная их часть находится с правой стороны прямой X_2 и накладывается на кривую 1.

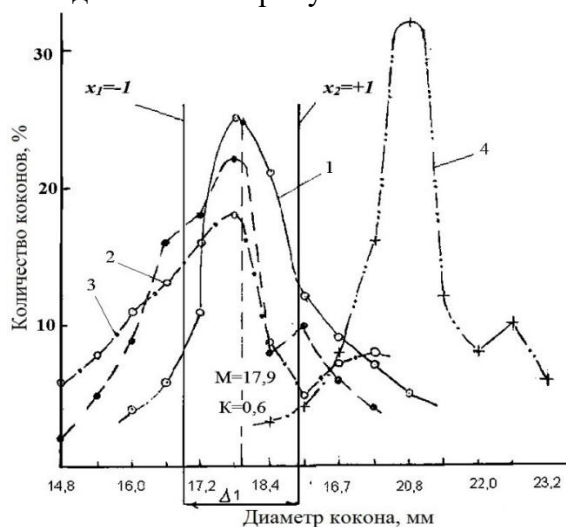


Рисунок 2 – Вариационные кривые по диаметру коконов смеси и ее компонентов гибрида С8 × Б1

Примечания: 1 – коконы смеси; 2 – глухари; 3 – малoshелконосные; 4 – неправильной и уродливой формы; X_1 и X_2 – отрезки соответственно равные -1 и $+1$ мм калибра коконов; M – среднеарифметический диаметр; K – классовый промежуток.

Следовательно, примерно половина части кривых указанных дефектных коконов расположилась в зоне площади легких и крупных фракций коконов и их можно выделить из общей смеси с указанными фракциями. А остальная часть находится в зоне площади, ограниченной прямыми X_1 и X_2 на участке площади средней фракции с интервалом Δ_1 . В данном случае отделение их от средней фракции коконов только по калибру невозможно.

Кривая 4 уродливой и неправильной формы коконов расположилась с правой стороны прямой X_2 . Некоторая часть накладывается на кривую, ограниченную кривой коконов крупной фракции. Очевидно, эти коконы теоретически возможно полностью выделить по данному признаку с коконами крупной фракции. Проанализируем вариационные кривые компонентов смеси коконов, построенных по их массе (рисунок 3).

Согласно общеизвестному методу деления коконов по массе на женские и мужские особи они распределяются примерно на три группы в следующих соотношениях:

1. Легкие по массе (самцы) – 30 %;
2. Средние по массе (неопределенная группа) – 40 %;
3. Тяжелые по массе (самки) – 30 %.

Средняя часть состоит из суммы двух вторых функций нормированного отклонения, то есть $2\varphi(x) = 0,4 = 40\%$. Половина центральной части второй функции $\varphi(x) = 0,2$ соответствует $x = 0,53$ [6].

С учетом этих показателей в обе стороны центра кривых коконов средней фракции 4, на оси X откладывали по одному отрезку $X_1 = -0,53$ и $X_2 = +0,53$, равные $\pm 0,1$ г массы коконов и через них пропускали ограничительные линии, разделяющие кривую на три зоны. Зона между этими двумя линиями равна средней по массе группе (40%), правая от линии X_2 часть считается тяжелой, а левая от X_1 – легкой группой.

Кривые коконов глухарей (2) и малшелконосных (3) расположились с максимальным наложением слева направо на левую часть кривой 1, то есть с левой стороны прямой X_1 в зоне площади легких коконов. Незначительная часть площади, ограниченной прямыми X_1 и X_2 и кривыми 2 и 3, перекрывается площадками на участках с интервалом Δ_3 и Δ_4 .

При таком разделении коконов на три группы по массе для полной очистки их от дефектных коконов, необходимо выбраковывать всю легкую (самцовую) группу.

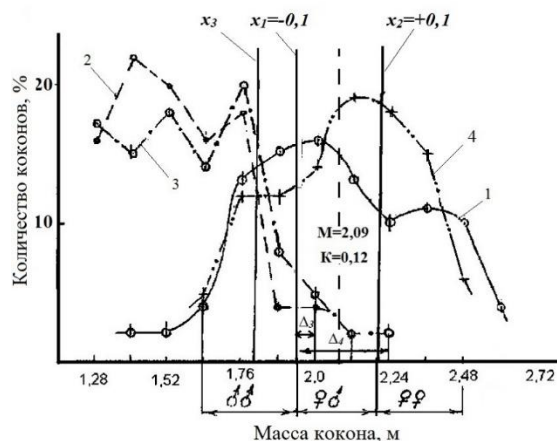


Рисунок 3 – Вариационные кривые по массе коконов смеси и ее компонентов гибрида С8 × Б1

Примечания: 1 – коконы смеси; 2 – глухари; 3 – малшелконосные; 4 – коконы средней фракции; X_1 и X_2 – отрезки соответственно равные $\pm 0,1$ г массы коконов; X_3 – отрезок, разделяющий дефектные коконы на две части; M – среднеарифметическая массы; K – классовый промежуток.

Хотя гренажные предприятия используют самцов 1,5–2,0 раза, но самцов неопределенной группы для спаривания будет недостаточно. Поэтому наиболее здоровую часть самцов необходимо сохранить.

Для эффективного решения этого вопроса с точки пересечения кривых 2 и 3 с кривой 4 проводили третью разделительную линию X_3 , которая разграничивает легкую группу коконов примерно на две подгруппы. Правая от линии X_3 часть состоит из наиболее крупных, здоровых самцов и незначительной части коконов глухарей и малшелконосных, а вторая – левая часть – из наиболее легких, ослабленных самцов и основной части коконов глухарей и малшелконосных, которых на гренаж не используют.

Выделение из смеси коконов мелкой, крупной фракции и дефектных составляющих можно осуществить в два этапа при сортировке их по калибру и массе.

Полученные материалы использованы при создании коконосортировочных устройств на основе размерно-массовых характеристик коконов.

Ниже представлены технические характеристики новых устройств, разработанных на основе выявленных закономерностей и предназначенных для сортировки коконов по калибру и деления их по массе (полу).

1. Коконкалибровочное устройство.

Сортирование коконов по калибру – важнейшая операция при подготовке их на племя. Для отбора на племя более жизнеспособных и продуктивных особей коконов среднего калибра создано коконкалибровочное устройство, фото которого приведено на рисунке 4, а схема – на рисунке 5 [7].



Рисунок 4 – Коконкалибровочное устройство

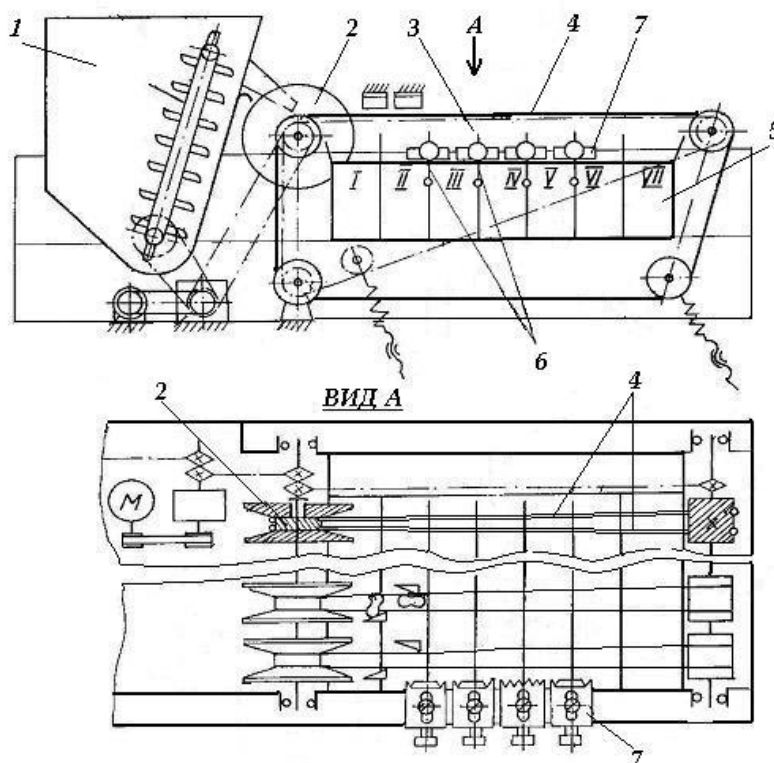


Рисунок 5 – Схема коконкалибровочного устройства

Примечание. 1 – питатель; 2 – ориентирующий орган; 3 – коконкалибровочный механизм; 4 – парные ремни; 5 – фракционная камера; 6 – делительная планка; 7 – масштабная рейка.

Устройство позволяет разделить племенные коконы по калибру на шесть групп с интервалом 1 мм. На племя отбирается средняя фракция коконов с размахом калибра 2 мм в пределах 60–70 %, согласно вышеприведенным исследованиям.

Технико-эксплуатационные показатели:

- а) производительность, кг/ч – 60–65;
- б) размах калибра отбираемой фракции коконов, мм – 2,0–2,5;
- в) соотношение фракции коконов:
 - мелкие – 18–22 %,
 - средние – 60–70 %,
 - крупные – 12–18 %;
- д) количество калибровочных секций, шт. – 6.

2. Модернизированный автомат для деления коконов по полу (АДК).

При производстве качественной гибридной грены очень важно разделить племенные коконы по полу с высокой точностью для дальнейшего скрещивания самок одной породы с самцами другой и наоборот.

Одним из эффективных методов является деление коконов с помощью модернизированного автомата АДК, схема которого приведена на рисунке 6, а фото – на рисунке 7. Весовой механизм аппарата выполнен в виде вариационных весов карусельного типа. Автомат, в зависимости от массы коконов, разделяет их на четыре группы: наиболее легкие (дефектные), средние (неопределенная группа) и тяжелые (самки). При этом путем изменения положения язычков автомата можно выделить наиболее легких по массе коконов самцов и дефектных, составляющих 18–21 %, сохранив для племени более качественные коконы, разделенные на группу самок и неопределенную группу.

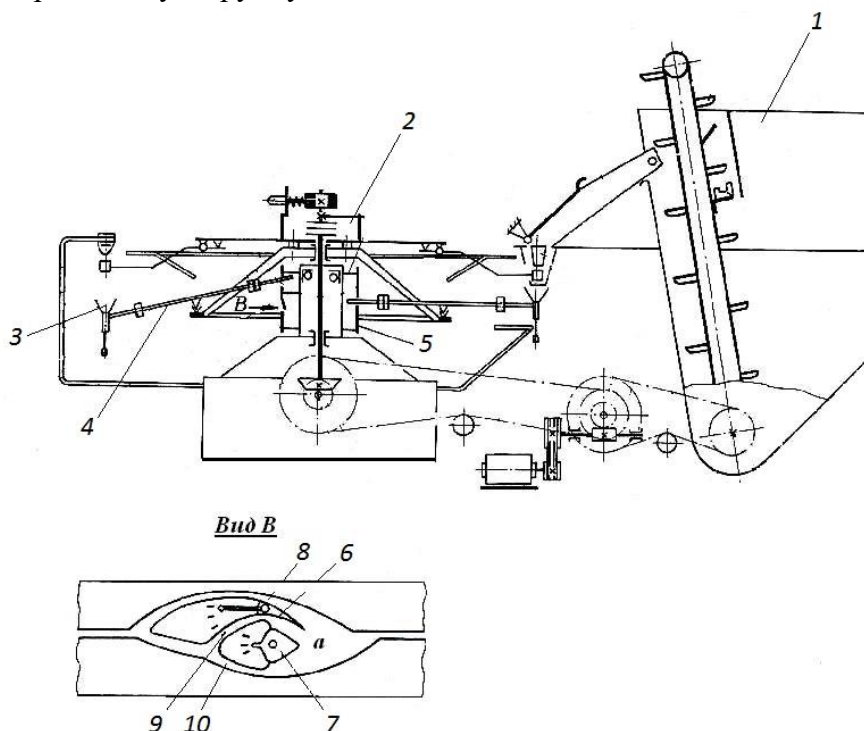


Рисунок 6 – Схема модернизированного автомата для деления коконов по полу

Примечание. 1 – бункер; 2 – весовое устройство карусельного типа; 3 – чашечки; 4 – весовые коромысла; 5 – делительная головка; 6, 7 – настроечные язычки; 8, 9, 10 – распределительные каналы.



Рисунок 7 – Модернизированный автомат для деления коконов по полу

Автомат состоит из питающего механизма и вариационных весов карусельного типа.

Питающий механизм предназначен для поштучной подачи коконов на чашечки весового механизма и выполнен в виде наклонно расположенного элеватора, а весовой механизм выполнен в виде вариационных весов карусельного типа и предназначен для деления живых коконов по массе (полу).

Автомат работает следующим образом. Коконы засыпают в бункер 1, откуда их захватывают по одному ковши непрерывно вращающегося элеватора и переводят на скатный лоток. Двигаясь по лотку, коконы попадают в приемный лоток весового устройства 2, с которого лопасти сбрасывающего приспособления снимают и укладывают их в чашечки 3 коромысла 4.

В расширенной части паза «а» делительной головки 5 коконы свободно взвешиваются. В зависимости от массы кокона, движущиеся коромысла отклоняются от нейтрального положения и внутренним концом попадают в соответствующий канал паза «а», образованный распределительными язычками 6 и 7. Коромысла 4, на чашечках 3 которых лежат наиболее тяжелые коконы, идут по верхнему каналу 8; коромысла, на чашечках которых лежат наиболее легкие коконы, идут по нижнему каналу 10; остальные идут по среднему каналу 9. Проходя мимо соответствующих съемников, коконы сбрасываются в тару.

Разделение с помощью автомата смеси коконов по полу основано на разности средней массы коконов самок и самцов. В результате работы автомата получают три группы коконов: самки, самцы и промежуточная группа, не поддающаяся разделению.

Технико-эксплуатационные показатели:

- а) производительность, кг/ч – 11–13;
- б) соотношение деления по полу:
 - самцы – 18–21 %;
 - неопределенная группа – 49–54 %;
 - самки – 28–30 % (погрешность не более 5 %);
- г) на племя используют коконы неопределенной группы и самок.

Результаты и их обсуждение

Результаты сортировки коконов при помощи устройств в качестве примера породы Б1 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты сортировки племенных коконов

Показатель операции	Существующая технология	Предлагаемая технология
I. Сортировка коконов по калибру		
Способ выполнения операции	вручную на две фракции: племенные и не племенные	устройством калибровки коконов на три фракции: мелкие, средние и крупные
Выработка за 7 ч, кг	30	300
Доля, отбираемых из партии коконов, %	племенные (смесь калибра), 47–50	средняя фракция (калибр), 65,3–69,2
Масса отбираемых коконов, кг	2,35–2,50	3,26–3,46
Наличие дефектных коконов в отобранных партиях, %	15–16	7–8
Средняя масса шелковой оболочки кокона, мг	425–432	445–450
II. Разделение коконов по полу		
Способ выполнения операции	автомат деления коконов по полу	модернизированный автомат деления коконов по полу
Разделение коконов по полу на три группы, %	самцы	34–30
	н/г*	31–38
	самки	35–32
Наличие коконов противоположного пола в группах, %	самцы	~ 10–12
	самки	15–20
Масса отбираемых на папильонаж групп коконов, кг	Самки, самцы и н/г	Самки и неопределённая
	2,35–2,50	2,67–2,77

Примечание. * неопределенная группа.

Результаты, приведенные в указанной таблице, свидетельствует об эффективности механизированного отбора коконов средней фракции на племя. Так, количество отбираемых на племя коконов коконокалибровочным устройством увеличилось в 1,3–1,4 раза, производительность труда возросла в 8–10 раз, в два раза снизились дефектные компоненты в сравнении с ручной сортировкой.

В дальнейшем коконы отобранной средней фракции пород С8 и Б1 были разделены по массе (полу) на модернизированном автомате деления коконов (АДК) на три группы – самцы, неопределённая группа и самки.

Деление по массе (полу) коконов только средней фракции дает возможность добиться снижения погрешности деления. Результаты деления коконов по полу породы Б1 приведены в таблице 1, разделе II.

Разделение по полу только коконов средней фракции с перенастройкой автомата позволило в среднем в 1,5 раза снизить погрешность деления коконов самцов и в 3,5 раза – самок, при некотором повышении (на 15–18 %) количества коконов в неопределённой группе. При этом самцовая группа (18–20 %), в основном состоящая из наиболее лёгких и дефектных коконов, была отбракована.

Снижение погрешности опытных коконов связано с тем, что при калибровке коконов по диаметру происходит выравнивание коконов средней фракции не только по калибру, но и по массе, так как мелкие коконы – самки и крупные – самцы, которые при обычном способе деления могут попасть в противоположную по полу группу, образуя погрешность, исключаются из измерения. Большая же погрешность деления некалиброванных коконов объясняется широкой вариацией массы единичных коконов [8].

Применяемый в Китае и Индии отбор коконов на племя путем деления по полу на стадии куколок не дает возможность получения коконов среднего калибра в потомстве, как в нашем случае [9, 10].

Результаты выкормки и продуктивность опытной и контрольной грены С8 × Б1 и Б1 × С8, приготовленной из коконов, отобранных предлагаемой и ныне применяемой технологиями, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Средние качественные показатели коконов, полученных по результатам лабораторных выкормок

Гибрид	Масса кокона, г	Масса оболочки, мг	Средний размах калибра коконов, мм	Количество однородных коконов, с размахом калибра 2,0–2,5 мм, %	Общее количество сортовых коконов, %
опыт					
С8 × Б1	2,22	0,48	3,0	85	95
Б1 × С8	2,10	0,45	3,5	82	93
контроль					
С8 × Б1	1,93	0,41	4,5	62	85
Б1 × С8	1,87	0,39	5,0	60	82

Установлено, что полученные основные качественные показатели опытной выкормки по отношению к контрольной намного выше: средняя масса кокона и масса шелковой оболочки – соответственно на 12 и 15 %; сортовой состав коконов – на 10 и 11 %; показатель размаха калибра снизился примерно в два раза по отношению к показателю исходного материала и в 1,5 раза по отношению к контролю, а доля однородных коконов со средним размахом калибра 2,0–2,5 мм увеличилась на 22 и 23 % против контроля и составила 82 и 85 % соответственно, что находится в пределах требований кокономотания. Результаты производственных выкормок показывают, что механизировано отобранные коконы, выровненные по калибру и массе, в потомстве повышают урожайность, однородность и другие качественные показатели коконов.

Изучены технологические свойства опытных и контрольных проб коконов по результатам одиночной размотки, значения которых приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Технологические параметры коконной нити

Гибрид	Масса одного сухого кокона, г	Линейная плотность коконной нити, текс	ДНРКН*	Общая длина, м	Выход шелка-сырца, %
Опыт					
С8 × Б1	0,85	0,31	792	1205	42,10
Б1 × С8	0,80	0,30	750	1140	41,55
Контроль					
С8 × Б1	0,74	0,29	615	1004	38,31
Б1 × С8	0,72	0,26	590	906	38,04

Примечание. * длина непрерывно разматываемой коконной нити.

Результаты размотки коконов показывают, что основные технологические показатели – выход шелка-сырца, линейная плотность, общая длина и длина непрерывно разматываемой коконной нити более высоки у опытных коконов. Это объясняется тем, что опытные коконы имеют более высокую массу шелковой оболочки и они более однородны по калибру.

Выводы

Партии коконов, при выбранном размахе калибра средней фракции 2 мм, по калибру делятся на три фракции и их нормированная доля находится в пределах:

мелкая – 14–21 %, средняя – 58–70 %, крупная – 12–20 %, причем доля коконов в границах диапазона довольно условна и может устанавливаться с учетом качественных показателей лабораторного анализа.

В средней фракции коконов, разделенной по калибру, оказалась очень незначительная часть уродливой и неправильной формы коконов и примерно половина коконов глухарей и малощелконосных от их общего количества. Отделить последних трудноразделимых коконов с мелкими и крупными фракциями только по одному признаку (калибру) невозможно. Они выделяются с наиболее легкими фракциями при делении коконов средней фракции по массе на три группы.

Выделение из смеси коконов мелкой, крупной фракции и дефектных составляющих можно осуществить в два этапа, сортируя их по калибру и массе.

Созданные коконосортiroвочные устройства в процессе приготовления гибридной гренy тутового шелкопряда привели к повышению точности деления коконов по калибру и массе, а также способствовали резкому повышению производительности труда.

По результатам производственных выкормок выявлено, что из гибридной гренy, приготовленной из выровненных по калибру и массе коконов, увеличился урожай коконов в среднем на 10 кг. Однородных коконов – на 22 % и сортовых – на 13 % было больше, чем в контроле.

По результатам размотки коконов установлено, что выход шелка-сырца, линейная плотность, длина непрерывно разматываемой коконной нити оказались более высокими у опытных (однородных по калибру и массе) коконов, чем у контрольных (менее однородных). Общая и непрерывно разматываемая длина коконной нити у опытных соответственно на 20 и 27 % выше, чем у контрольных.

Литература

1. Алимova X. A. Пути повышения качества шелка-сырца до мировых стандартов // Шелк. 1996. № 1. С. 3.
2. Мухамедов М. М. Вопросы повышения качества шелка-сырца // Шелк. 1996. № 2. С. 3–4.
3. Струнников В. А. Механизированный отбор племенных коконов. Ташкент: Узбекская академия сельскохозяйственных наук, 1996. С. 25–26.
4. Celik T., Mahesh V. G. V., Raj J. A. N., Silkworm cocoon classification using fusion of Zernike moments-based shape descriptors and physical parameters for quality egg production // International Journal of Intelligent Systems Technologies and Applications. 2017. Vol. 16. Iss. 3. P. 246. DOI: 10.1504/IJISTA.2017.10006002.
5. Мирзаходжаев Б. А., Корабельников А. В. Усовершенствованный метод сортировки коконов по массе с одновременным делением по полу // Известия Вузов. Технология текстильной промышленности. 2011. № 1. С. 34–37.
6. Плохинский Н. А. Биометрия. М.: МГУ, 1970. С. 17–19.
7. Патент Р.Уз. № IAP02756. Устройство для калибрования коконов // Мирзаходжаев Б. А. 2005. № 4.
8. El-Raie A. E., El-Rahman A. A., Hassan H. E., Saker H. E. Comparative light inspection to sort *Bombyx mori* L. cocoons // Misr J. Ag. Eng. Process engineering. 2006. No. 23(3). P. 651–668.
9. Zhang Y-Q., Shen W., Yu X., Ma Y., Zhou L., Xu N., Yi S. Mechanism of fluorescent cocoon sex identification for silkworms *Bombyx mori* // Science China. Life sciences. 2010. Vol. 53. Iss. 11. P. 1330–1339. DOI: 10.1007/s11427-010-4084-3.
10. Seetharamulu J., Seshagiri S. V., Srilatha M., Madhavi K., Raju P. J. Development of cocoon colour sex-limited breeds/foundation crosses of silkworm *Bombyx mori* L. in the production of commercial hybrid // International Journal of Applied Research. 2017. No. 3(5). P. 170–173.

References

1. Alimova Kh. A. Ways to improve the quality of raw silk to world standards // Shelk. 1996. No. 1. P. 3.
2. Mukhamedov M. M. Issues of improving the quality of raw silk // Shelk. 1996. No. 2. P. 3–4.

3. Strunnikov V. A. Mechanized selection of breeding cocoons. Tashkent: Publishing house of the Uzbek Academy of Agriculture, 1996. P. 25–26.
4. Celik T., Mahesh V. G. V., Raj J. A. N., Silkworm cocoon classification using fusion of Zernike moments-based shape descriptors and physical parameters for quality egg production // International Journal of Intelligent Systems Technologies and Applications. 2017. Vol. 16. Iss. 3. P. 246. DOI: 10.1504/IJISTA.2017.10006002.
5. Mirzahodzhaev B. A., Korabelnikov A. V. An advanced method of cocoons assorting on a mass simultaneously with dividing by sex // Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. 2011. No. 1. P. 34–37.
6. Plokhinskiy N. A. Biometrics. Moscow: Moscow State University, 1970. P. 17–19.
7. Patent RUz. No. IAP02756. Device for calibration of cocoons // Mirzahodzhaev B. A. 2005. No. 4.
8. El-Raie A. E., El-Rahman A. A., Hassan H. E., Saker H. E. Comparative light inspection to sort *Bombyx mori* L. cocoons // Misr J. Ag. Eng. Process engineering. 2006. No. 23(3). P. 651–668.
9. Zhang Y-Q., Shen W., Yu X., Ma Y., Zhou L., Xu N., Yi S. Mechanism of fluorescent cocoon sex identification for silkworms *Bombyx mori* // Science China. Life sciences. 2010. Vol. 53. Iss. 11. P. 1330–1339. DOI: 10.1007/s11427-010-4084-3.
10. Seetharamulu J., Seshagiri S. V., Srilatha M., Madhavi K., Raju P. J. Development of cocoon colour sex-limited breeds/foundation crosses of silkworm *Bombyx mori* L. in the production of commercial hybrid // International Journal of Applied Research. 2017. No. 3(5). P. 170–173.

UDC 638.271:68.85.85

Mirzakhodzhayev A. M., Mirzakhodzhayev B. A., Kasimova D. Kh., Radzhabov I. B.

INFLUENCE OF THE PATTERN OF DIVIDING SILKWORM COCOONS BY CALIBER AND MASS WHEN SELECTING THEM FOR A TRIBE

Summary. *All industrial sericulture is based on the feeding of industrial hybrids. The grain (silkworm eggs) for them is prepared at the breeding enterprises. In the production of high-quality hybrid grain, it is very important to select the most homogeneous fraction from the mixture of breeding cocoons and divide this part by sex with high accuracy, so that the females of one breed are crossed with the males of another and vice versa. It is known that the cocoons of the average fraction (caliber and mass) in the breeding party are the most productive. The purpose of this work was to identify the most informative criteria for selecting the qualitative fraction of breeding cocoons; study the main patterns of variation of cocoons by diameter, quantitative ratios divided into fractions by the caliber of cocoons, and the separability of a mixture of cocoons into components by caliber and weight; based on the revealed regularities, develop some new devices designed for sorting cocoons by caliber and dividing them by mass (sex) in the process of preparing hybrid silkworm grain. By the method of mathematical statistics, the regularities of division of the mixture of breeding cocoons by caliber and weight are revealed. The normalized proportion of the average cocoons fraction of 58–70 % and its range of caliber – 2 mm was determined. The possibility of maximum separation of defective components with small and large fractions from the batch in two stages when sorting cocoons by caliber and mass on the developed devices was revealed. According to the results of production feedings, more cocoon yield was obtained (on average, by 10 kg per box (29 g) of grain). Moreover, there were more uniform and varietal cocoons (22 % and 13 % more than in the control variant, respectively). According to the results of unwinding, the total and continuously unwinding length of the cocoon thread in the experimental cocoons is, respectively, 20 and 27 % higher than in the control ones.*

Keywords: *Bombyx mori* L., cocoon, grain, breed, hybrid, caliber, mass, division by sex, cocoon calibration device, device of division cocoons by sex.

Мирзаходжаев Анвар Мирзаходжаевич, кандидат технических наук, заведующий лабораторией механизации шелководства, Научно-исследовательский институт шелководства Комитета Республики Узбекистан по развитию шелководства и каракулеводства; 100055, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Ипакчи, 1; e-mail: uzniiish@yandex.ru.

Мирзаходжаев Бахтиер Анварович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории механизации шелководства, Научно-исследовательский институт шелководства Комитета Республики Узбекистан по развитию шелководства и каракулеводства; 100055, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Ипакчи, 1; e-mail: uzniiish@yandex.ru.

Касимова Дилдора Хамиджоновна, научный сотрудник лаборатории механизации шелководства, Научно-исследовательский институт шелководства; 100055, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Ипакчи, 1; e-mail: ddilya_92@mail.ru.

Раджабов Исмомжон Боходирович, научный сотрудник лаборатории механизации шелководства Научно-исследовательской институт шелководства; 100055, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Ипакчи, 1; e-mail: ismoiljonradjabov@mail.ru.

Mirzakhodzhaev Anvar Mirzakhodzhaevich, Cand. Sc. (Tech.), head of the Laboratory of mechanization of sericulture of the Scientific Research Institute of Sericulture; 1, Ipakchi str., Tashkent, 100055, Uzbekistan; e-mail: uzniiish@yandex.ru.

Mirzakhodzhaev Bakhtiyar Anvarovich, Cand. Sc. (Tech.), senior researcher of the Laboratory of mechanization of sericulture of the Scientific Research Institute of Sericulture; 1, Ipakchi str., Tashkent, 100055, Uzbekistan; e-mail: uzniiish@mail.ru.

Kasimova Dildora Khamidzhonovna, researcher of the Laboratory of mechanization of sericulture of the Scientific Research Institute of Sericulture; 1, Ipakchi str., Tashkent, 100055, Uzbekistan; e-mail: ddilya_92@mail.ru.

Radzhabov Ismolzhon Bokhodirovich, researcher of the Laboratory of mechanization of sericulture of the Scientific Research Institute of Sericulture; 1, Ipakchi str., Tashkent, 100055, Uzbekistan; e-mail: ismoiljonradjabov@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 17.08.2020.

Дата принятия к печати – 12.10.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-135-142

УДК 633.16.321.631.526.32:631.529

Николаев П. Н., Юсова О. А.

СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ОМСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»

Реферат. Яровой ячмень – ключевая зернофуражная и кормовая культура, которая формирует повышенную, по сравнению с иными зернофуражными культурами, урожайность благодаря скороспелости и засухоустойчивости. С учетом климатических факторов и запросов производства, сегодня актуальна селекция на повышенную продуктивность и адаптивность к локальным природно-климатическим факторам, устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам. Цель исследований – оценка приспособленности сортов ячменя ярового (*Hordeum sativum* L.) селекции Омского АНЦ к условиям переходного климата от континентального к резко-континентальному климату Западной Сибири. Объект исследований – 11 сортов ячменя ярового следующих групп: многорядных пленчатых (стандарт – Омский 99), двурядных пленчатых (стандарт – Омский 95), многорядных голозерных (стандарт – Омский голозерный 2) и двурядных голозерных (стандарт – Омский голозерный 1). Исследования проводили в зоне южной лесостепи Западной Сибири в 2011–2019 гг. Рассчитывали коэффициент линейной регрессии и величину стабильности реакции урожайности сортов. В условиях континентального климата Западной Сибири средняя за период исследований урожайность ярового ячменя составила 4,03 т/га, варьируя от 2,23 до 5,63 т/га. К интенсивной группе отнесены сорта: Омский голозерный 4, Сибирский авангард и Саша ($b_i > 1$). Повышенная стабильность урожайности отмечена у сортов: Омский голозерный 2, Омский голозерный 1, Саша, Омский 90, Омский 96, Омский 100 ($\sigma_d^2 < 0,29$). Сорта Омский 96 и Омский 100 характеризуются полным соответствием формируемой урожайности тем агротехническим условиям, в которых их выращивают при достаточно стабильном уровне формирования продуктивности. Самую высокую в среднем за годы исследования урожайность сформировали сорта: Саша (4,70 т/га), при величинах пластичности ($b_i = 1,1$) и стабильности ($\sigma_d^2 = 0,18$), Омский 100 (4,89 т/га, 1,02; 0,11 соответственно). Именно их рекомендуем к возделыванию в регионе.

Ключевые слова: ячмень (*Hordeum sativum* L.), сорт, селекция, урожайность, пластичность, стабильность.

Введение

В современном мире изменение климата является наиболее острой проблемой, которая отражается практически на всех областях жизни человечества [1]. Особенно это наблюдается в агрономии [2], что в течение прошлого десятилетия привело к изменениям фитоценозов и проявилось в отрицательном эффекте продуктивности зерновых культур [3].

Подобные глобальные изменения являются причиной повышенных требований к таким направлениям агрономии как земледелие, растениеводство и селекция. Сорт – основа сельскохозяйственного производства, который должен характеризоваться повышенной приспособленностью к нестабильным условиям возделывания [4, 5]. Соблюдение этого условия позволит получать стабильно высокий и качественный урожай.

Яровой ячмень занимает достойное место в группе зерновых культур, имея такие положительные качества, как скороспелость и засухоустойчивость [6].

На протяжении последних десятилетий в Западной Сибири происходят значительные изменения биотических и абиотических факторов окружающей среды. Для региона характерно частое чередование острозасушливых лет с годами среднего увлажнения, также усилилась частота проявления засух и высоких температур воздуха в критические периоды роста и развития ячменя. Перечисленные климатические особенности региона требуют от селекционеров постоянного внимания по вопросам адаптивности количественных признаков и в частности урожайности. Установление степени реакции сортов на неустойчивые факторы окружающей среды с целью отбора наиболее перспективного селекционного материала со стабильным проявлением признака – основная задача селекционера.

Эффективность селекционных, агрономических или агротехнологических исследований определяется, прежде всего, по формируемой урожайности [7–10]. Считают, что урожайность большинства возделываемых культур имеет слабую реализацию (25–40 %) [11], причиной чему могут служить как низкий уровень земледелия, так и недостаточная стрессоустойчивость сортов. Улучшить этот фактор возможно путем более эффективного использования ресурсовосстанавливающей роли сорта, которая в настоящий момент слабо изучена.

Цель исследований – оценка приспособленности сортов ячменя ярового (*Hordeum sativum* L.) селекции Омского АНЦ к условиям континентального и резко-континентального климата Западной Сибири для выбора лучших генотипов.

Материалы и методы исследования

Эксперименты проводили в 2011–2019 гг. в зоне южной лесостепи Западной Сибири (Омская область) по общепринятой для региона агротехнике [12]. Почва опытного поля – среднемощная тяжелосуглинистая лугово-черноземная с содержанием гумуса (ГОСТ 23740-2016) – 6,72–6,81 %, подвижного фосфора и калия (ГОСТ Р 54650-2011) – 100–119 мг/кг и 245–315 мг/кг почвы соответственно, нитратного азота (ГОСТ 26951-86) – 5,5 мг/кг; сумма поглощенных оснований – 31,90 мг-экв./100 г почвы, рН_{KCl} почвенного раствора – 6,5–6,8 ед. В составе катионов преобладал кальций (89,1 %), на магний приходилось 11,0 % от общей емкости поглощения, натрия – менее 1 %.

Рассчитывали коэффициент регрессии (b_i) и дисперсию стабильности (σ_d^2) [13]. Математическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа [14].

Климатические условия Западно-Сибирской равнины обусловлены переходом континентального климата на западе в резко-континентальный на востоке. Период исследований (2011–2019 гг.) вполне соответствовал особенностям резко-континентального климата.

В целом за май–сентябрь оптимальное увлажнение наблюдали в 2013, 2015, 2016 и 2019 гг. (ГТК = 1,0–1,2); наиболее засушливые условия отмечены в 2012 г. (ГТК = 0,68), в 2014 и 2017 гг. (ГТК = 0,74 и 0,77 соответственно); избыточное увлажнение – в 2018 г. (ГТК = 1,39).

Очень холодные условия сложились в мае 2018 г. (–4,9 °С к средней многолетней), июне 2019 г. (–2,5 °С к среднемноголетней норме), июле и сентябре 2014 г. (–3,2 °С и –1,6 °С к норме соответственно), августе 2011 г. (–0,8 °С к норме).

Наиболее высокая среднесуточная температура воздуха зафиксирована в мае 2015 г. (1,8 °С к средней многолетней), в июне и июле 2012 г. (2,5 °С и 3,2 °С к многолетней норме), в августе и сентябре 2016 г. (2,4 °С и 3,4 °С к норме) (рисунок 1).

Наименьшее количество осадков выпало в мае 2016 г. (15,8 % от нормы), июне 2013 и 2014 гг. (23,6 и 27,7 % соответственно), июле 2012 г. (12,6 %), августе 2016 и 2017 гг. (30,4 и 25,7 % соответственно) и в сентябре 2011 г. (14,8 %).

Наиболее дождливые условия отмечены в мае 2018 г. (212,2 % от нормы), июне 2016 г. (181,3 %), августе 2015 г. и сентябре 2019 г. (127,8 и 165,8 %, соответственно) (рисунок 2).

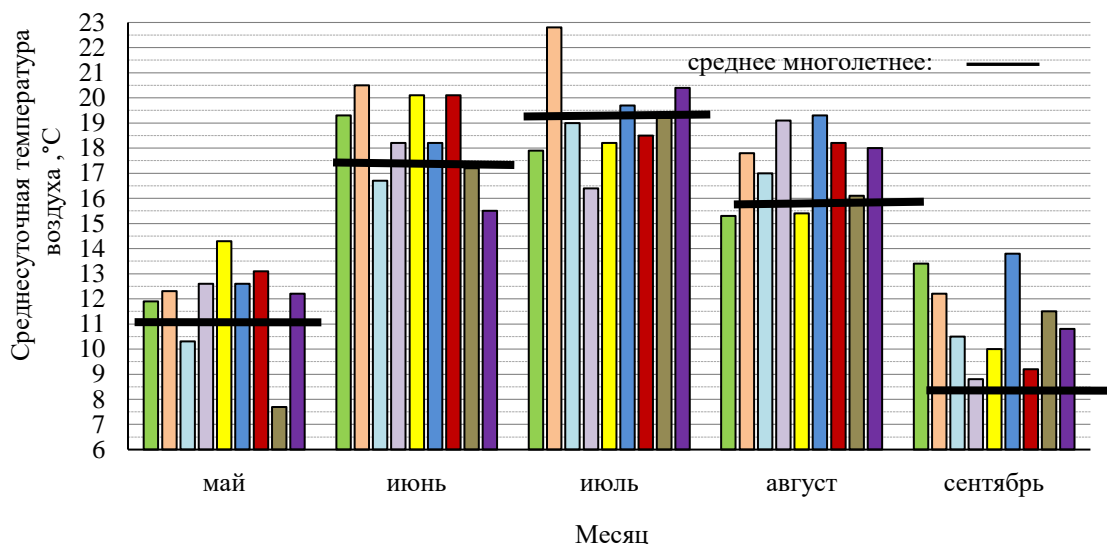


Рисунок 1 – Среднемесячная температура воздуха (2011–2019 гг.)

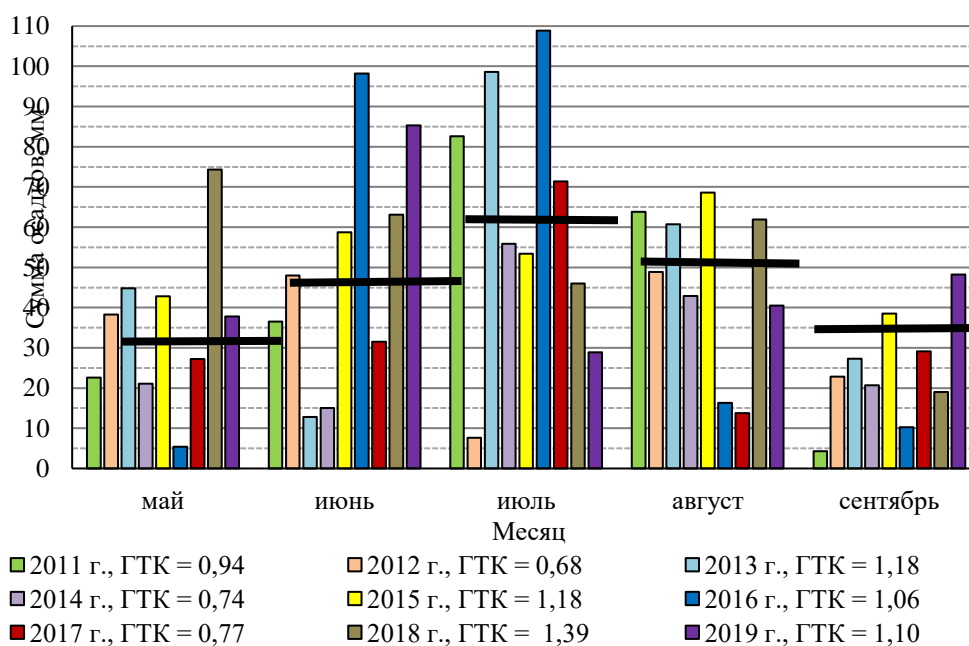


Рисунок 2 – Среднемесячная сумма осадков (2011–2019 гг.)

В работу были вовлечены 11 сортов ячменя ярового (*Hordeum sativum* L.), селекции Омского АНЦ, допущенные к использованию по Уральскому (9), Западно-Сибирскому (10) и/или Восточно-Сибирскому (11) регионам.

Многорядный пленчатый сорт Омский 99 зарегистрирован в Государственном реестре селекционных достижений РФ в 2015 г., является стандартным сортом этой группы.

Двурядные пленчатые сорта: Омский 95 (2006 г.) – стандарт группы, Омский 91 (2004 г.), Сибирский авангард (2010 г.), Саша (2011 г.), Омский 90 (2000 г.), Омский 96 (2008 г.), Омский 100 (2018 г.).

Многорядные голозерные сорта: Омский голозерный 2 (2008 г.) – стандарт, Омский голозерный 4 (2020 г.).

Однорядный голозерный сорт: Омский голозерный 1 (2004 г.) – стандарт.

Результаты и их обсуждение

Наименьшую урожайность ярового ячменя наблюдали в 2012 г. (2,23 т/га в среднем по сортам, при самом минимальном индексе условий окружающей среды $I_j = -2,00$) (таблица). Самую высокую продуктивность сорта сформировали в 2019 г. – 5,63 т/га ($I_j = 1,57$).

Достоверной разницы по урожайности между стандартом многорядной пленчатой группы (Омский 99) и двурядной пленчатой (Омский 95) не отмечено (в среднем 4,08 и 4,31 т/га соответственно). Аналогичную картину наблюдали в голозерной группе: урожайность двурядного сорта Омский голозерный 1 составила 3,42 т/га, многорядного Омский голозерный 2 – 3,47 т/га.

В самой многочисленной группе двурядных пленчатых генотипов в среднем за годы исследования по урожайности достоверно превышали стандарт сорта Сибирский авангард, Саша, Подарок Сибири и Омский 100 – на 0,47–1,97 т/га.

Таблица – Характеристика сортов ярового ячменя по урожайности, т/га

Сорт	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	X_i	b_i	σ_a^2
группа многорядных пленчатых сортов												
Омский 99 (St.)	5,03	1,25	3,37	4,28	5,32	4,08	4,92	2,69	5,79	4,08	0,66	1,45
группа многорядных голозерных сортов												
Омский голозерный 2 (St.)	4,40	1,32	1,82	3,38	3,71	2,75	3,99	4,84	5,05	3,47	0,89	0,25
Омский голозерный 4	-	-	-	2,28	4,00	2,51	4,42	5,13	5,14	3,91	1,23	2,34
группа двурядных голозерных сортов												
Омский голозерный 1 (St.)	3,54	1,72	1,63	3,05	4,24	2,10	3,29	5,25	5,97	3,42	1,06	0,29
группа двурядных пленчатых сортов												
Омский 95 (St.)	5,31	2,22	3,42	4,22	5,91	2,11	5,09	5,27	5,22	4,31	0,93	0,46
Омский 91	4,45	2,39	2,21	3,26	5,25	2,41	2,49	5,53	5,31	3,70	0,95	0,41
Сибирский авангард	5,53	1,94	2,84	3,10	6,24	2,95	2,85	6,73	5,69	4,21	1,22	0,62
Саша	5,68	2,47	3,28	3,26	6,44	4,02	4,54	6,49	6,13	4,70	1,10	0,18
Омский 90	4,62	2,36	2,28	3,65	5,10	1,85	4,19	4,58	4,93	3,73	0,86	0,26
Омский 96	5,43	2,38	2,11	2,98	4,82	3,12	4,69	6,18	5,59	4,14	1,06	0,28
Омский 100	5,82	2,77	3,46	3,72	6,55	3,96	5,28	6,44	5,97	4,89	1,02	0,11
X_j	4,98	2,08	2,64	3,38	5,23	2,90	4,16	5,38	5,53	4,05		
НСР ₀₅	0,50	0,20	0,80	0,94	0,82	1,00	0,95	1,10	0,94	-	-	-
I_j	0,56	-2,00	-1,50	-0,66	1,36	-1,03	0,24	1,47	1,57	-	-	-

Примечание. X_i – среднее по сорту; X_j – среднее по году; I_j – индекс условий окружающей среды; b_i – коэффициент регрессии; σ_a^2 – вариация стабильности.

Самую высокую урожайность в среднем по выборке сорта ячменя формировали при оптимальном увлажнении в 2015, 2018 и 2019 гг. (5,23–5,53 т/га), а также в условиях близких к оптимальному увлажнению 2011 г. (4,98 т/га).

Аналогичную картину наблюдали по стандартным сортам: урожайность сорта Омский 99 наибольшей была в 2011, 2015, 2016 и 2019 гг. (4,08–5,79 т/га); сорта Омский голозерный 1 – в 2015, 2018 и 2019 гг. (4,24–5,97 т/га).

В группе многорядных сортов, на фоне повышенной урожайности стандарта в условиях оптимального увлажнения в 2011, 2018 и 2019 гг. сорт Омский голозерный 4 формировал урожайность на уровне стандарта не только во влажных условиях 2015, 2016 и 2018, 2019 гг. (2,51–5,14 т/га), но и в засушливых условиях 2017 г. (4,42 т/га).

В группе двурядных пленчатых сортов определенный интерес представляют сорта, которые формировали повышенную урожайность в засушливых условиях: Саша и Омский 100 – в 2012 г. превышение над стандартом составило 0,25 и 0,55 т/га соответственно, в 2017 г. – на уровне стандарта – 4,54 и 5,28 т/га соответственно; Омский 96 – на уровне стандарта в 2012 и 2017 г. – 2,38 и 4,69 т/га соответственно.

Глобальные климатические изменения, безусловно, являются одним из факторов снижения производительности зерновых культур [3]. В связи с чем особую актуальность приобретают сорта, характеризующиеся повышенными приспособительными качествами [4].

С целью оценки реакции сортов на условия выращивания применяют коэффициент регрессии (b_i) и дисперсию стабильности (σ_d^2) [8]. При условии $b_i > 1$ сорт характеризуется отзывчивостью на данные условия и требовательностью к высокому уровню агротехники.

Согласно данной оценке, исследуемые сорта относятся к трем группам. К первой (интенсивной) группе отнесены сорта Омский голозерный 4, Сибирский авангард и Саша ($b_i > 1$). Улучшение условий выращивания этих генотипов будет способствовать росту их урожайности.

Во вторую группу вошли сорта Омский голозерный 1, Омский 96 и Омский 100 ($0,96 < b_i < 1,06$). Данные сорта характеризуются полным соответствием формируемой урожайности тем агротехническим условиям, в которых их выращивают.

К третьей группе (экстенсивные сорта) отнесены стандартные сорта: Омский 99, Омский 95, Омский 91, Омский голозерный 2 и Омский 90 ($b_i < 1$), которые слабо реагируют на улучшение условий выращивания.

Для того, чтобы определить уровень изменчивости урожайности сортов, рассчитывают дисперсию стабильности (σ_d^2). Наиболее низкие значения данного показателя указывают на устойчивость исследуемого признака. Таким образом, повышенная стабильность отмечена у сортов: Омский голозерный 2, Омский голозерный 1, Саша, Омский 90, Омский 96, Омский 100 ($\sigma_d^2 < 0,29$).

Складывающиеся в течение периода вегетации негативные почвенно-климатические условия не могут быть в достаточной степени компенсированы агротехнологическими приемами. Поэтому в агрономии следует применять сорта, которые будут характеризоваться повышенной стрессоустойчивостью [4]. Согласно полученным данным, подобными характеристиками обладают сорта ячменя Омский голозерный 1, Сибирский авангард и Саша ($b_i > 1$; $\sigma_d^2 < 1$).

Очевидно, что характеристика сортов по сроку использования в производстве (год включения в Госреестр РФ) не имеет отношения ни к его адаптивности, ни к уровню урожайности. В разные периоды селекционного процесса создавали сорта, которые обладали различными характеристиками согласно требованиям производства того времени.

Так, в 2010 г. районирован сорт Сибирский авангард, который стабильно формирует повышенную урожайность лишь в благоприятных условиях и имеет тенденцию к ее увеличению при улучшении условий.

Аналогичной характеристикой обладают сорта Омский 95 (2006 г.), Омский 91 (2004 г.), Омский голозерный 2 (2008 г.) и Омский 90 (2000 г.), но улучшение условий возделывания не будет способствовать повышению их урожайности.

Новый сорт Омский голозерный 4 (2020 г.) формирует стабильную урожайность на уровне стандарта как в благоприятных, так и в неблагоприятных условиях. В группе пленчатых подобными характеристиками обладает сорт Саша (2011 г.). В благоприятных условиях их урожайность будет увеличиваться.

Пластичные сорта Омский 96 (2008 г.) и Омский 100 (2018 г.) формируют стабильно повышенную урожайность как в условиях засухи, так и оптимального увлажнения. Эти сорта можно возделывать без применения интенсификации и получать стабильно высокие урожаи в любых условиях.

Выводы

В условиях резко-континентального климата Западной Сибири средняя урожайность ярового ячменя составила 4,05 т/га ($Lim = 2,23-5,63$ т/га).

В основном все исследуемые сорта ячменя формировали повышенную урожайность в условиях оптимального увлажнения.

В зависимости от условий возделывания и возможностей производства для условий Западной Сибири рекомендуются сорта интенсивной группы: Омский голозерный 4, Сибирский авангард и Саша ($b_i > 1$).

Повышенная стабильность урожайности отмечена у сортов Омский голозерный 2, Омский голозерный 1, Саша, Омский 90, Омский 96, Омский 100 ($\sigma_d^2 < 0,29$).

Сорта Омский 96 и Омский 100 характеризуются полным соответствием формируемой урожайности тем агротехническим условиям, в которых их выращивают при достаточно стабильном уровне формирования продуктивности.

Самую высокую в среднем за годы исследования урожайность сформировали сорта Саша (4,70 т/га) при величинах пластичности ($b_i = 1,1$) и стабильности ($\sigma_d^2 = 0,18$), Омский 100 (4,89 т/га, 1,02; 0,11 соответственно). Именно их рекомендуем к возделыванию в регионе.

Литература

1. Herger N., Angéil O., Abramowitz G., Donat M., Stone D., Lehmann K. Calibrating climate model ensembles for assessing extremes in a changing climate // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2018. No. 123(11). P. 5988–6004. DOI: 10.1029/2018JD028549.
2. Lipka O. N. Methodological approaches to climate change vulnerability assessment of protected areas // *Nature Conservation Research*. 2017. No. 2(3). P. 68–79. DOI: 10.24189/ncr.2017.036.
3. Chayka V. M., Rubezhniak I. G., Grib O. G. Effect of climatic changes on the productivity of agroecosystems and semi-natural forest-steppe ecosystems // *Science and Society*. 2013. No. 1. P. 192–201.
4. Сурин Н. А., Ляхова Н. Е., Герасимов С. А. Комплексная оценка селекционного материала в селекции ячменя на адаптивность в Восточносибирском регионе // *Вестник Кемеровского государственного университета*. 2015. № 4(64). С. 98–103.
5. Sarkar B., Sharma R. C., Verma R. P. S., Sarkar A., Sharma I. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India // *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2014. No. 1(74). P. 26–33. DOI: 10.5958/j.0975-6906.74.1.004.
6. Rapacz M., Stepień A., Skorupa K. Internal standards for quantitative RT-PCR studies of gene expression under drought treatment in barley (*Hordeum vulgare* L.): the effects of developmental stage and leaf age // *Acta Physiologiae Plantarum*. 2012. No. 5(64). P. 1723–1733. DOI: 10.1007/s11738-012-0967-1.
7. Hill C. B., Li C. Genetic architecture of flowering phenology in cereals and opportunities for crop improvement // *Frontiers in Plant Science*. 2016. No. 7. P. 1906. DOI: 10.3389/fpls.2016.01906.
8. Николаев П. Н., Юсова О. А., Аниськов Н. И. и др. Агробиологическая характеристика многолетних голозерных сортов ячменя селекции Омского АНЦ // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019. № 180 (1). С. 37–43. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-38-43.
9. Николаев П. Н., Юсова О. А., Аниськов Н. И., Сафонова И. В., Ряпова И. В. Новый среднеспелый сорт ярового ячменя Омский 101 // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019. № 180 (2). С. 83–88. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-83-88.

10. Тютерева Е. В., Дмитриева В. А., Войцеховская О. В. Хлорофилл В как источник сигналов, регулирующих развитие и продуктивность растений // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 5. С. 843–855. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.843rus.
11. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. № 51(5). С. 617–626.
12. Лоскутов И. Г., Ковалева О. Н., Блинова Е. В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. Санкт-Петербург: Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н. И. Вавилова», 2012. 63 с.
13. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop. Sci. 1966. Vol. 6. No. 1. P. 36–40.
14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. 350 с.

References

1. Herger N., Angelil O., Abramowitz G., Donat M., Stone D., Lehmann K. Calibrating climate model ensembles for assessing extremes in a changing climate // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2018. No. 123(11). P. 5988–6004. DOI: 10.1029/2018JD028549.
2. Lipka O. N. Methodological approaches to climate change vulnerability assessment of protected areas// Nature Conservation Research. 2017. No. 2(3). P. 68–79. DOI: 10.24189/ncr.2017.036.
3. Chayka V. M., Rubezhniak I. G., Grib O. G. Effect of climatic changes on the productivity of agrocoenoses and semi-natural forest-steppe ecosystems // Science and Society. 2013. No. 1. P. 192–201.
4. Surin N. A., Lyakhova N. E., Gerasimov S. A. Comprehensive breeding patterns assessment on adaptability in the Eastern Siberia region in the selection of barley // Bulletin of Kemerovo State University. 2015. No. 4(64). P. 98–103.
5. Sarkar B., Sharma R. C., Verma R. P. S., Sarkar A., Sharma I. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2014. No. 1(74). P. 26–33. DOI: 10.5958/j.0975-6906.74.1.004.
6. Rapacz M., Stepień A., Skorupa K. Internal standards for quantitative RT-PCR studies of gene expression under drought treatment in barley (*Hordeum vulgare* L.): the effects of developmental stage and leaf age // Acta Physiologiae Plantarum. 2012. No. 5(64). P. 1723–1733. DOI: 10.1007/s11738-012-0967-1.
7. Hill C. B., Li C. Genetic architecture of flowering phenology in cereals and opportunities for crop improvement // Frontiers in Plant Science. 2016. No. 7. P. 1906. DOI: 10.3389/fpls.2016.01906.
8. Nikolaev P. N., Yusova O. A., Aniskov N. I., Safonova I.V. Agrobiological characteristics of hullless barley cultivars developed at Omsk Agrarian Scientific Center // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2019. No. 180 (1). P. 37–43. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-38-43.
9. Nikolaev P. N., Yusova O. A., Aniskov N. I., Safonova I. V., Ryapova I. V. New mid-season spring barley cultivar Omsky 101 // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2019. No. 180 (2). P. 83–88. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-83-88.
10. Tyutereva E. V., Dmitrieva V. A., Voitsekhovskaya O. V. Chlorophyll *b* as a source of signals steering plant development (review) // Agricultural Biology [Sel'skokhozyaistvennaya biologiya]. 2017. Vol. 52. No. 5. P. 843–855. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.843 rus.
11. Rybas I. A. Breeding grain crops to increase adaptability (review)// Agricultural Biology [Sel'skokhozyaistvennaya biologiya]. 2016. No. 51(5). P. 617–626.
12. Loskutov I. G., Kovaleva O. N., Blinova E. V. Guidelines for the study and preservation of the world collection of barley and oats. Saint-Petersburg: State Scientific Institution “Vavilov All-Russian Institute of Plant Industry”, 2012. 63 p.
13. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop. Sci. 1966. Vol. 6. No. 1. P. 36–40.
14. Dospikhov B. A. Methods of fields research. Moscow: Alyans, 2011. 350 p.

UDC 633.16.321.631.526.32:631.529

Nikolaev P. N., Yusova O. A.

RESISTANCE OF SPRING BARLEY VARIETIES BRED BY THE OMSK AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER TO STRESS UNDER CONDITIONS OF WESTERN SIBERIA

Summary. Spring barley is a key grain-fodder and fodder crop, which forms an increased yield compared to other grain-fodder crops due to early maturity and drought resistance. Taking into account climatic factors and production demands, breeding for increased productivity and adaptability to local natural and climatic factors, resistance to

*biotic and abiotic stresses is relevant today. The purpose of the research was to assess the fitness of spring barley varieties (*Hordeum sativum* L.) bred by the Omsk Agrarian Scientific Center for the conditions of climate transition from continental to sharply continental in Western Siberia. The object of the research: eleven varieties of spring barley, which belong to the multi-row hulled (standard 'Omskiy 99'), two-row hulled (standard 'Omskiy 95'), multi-row hullless or "naked" (standard 'Omskiy golozerny 2') and two-row hullless (standard 'Omskiy golozerny 1'). The studies were carried out in the zone of the southern forest-steppe of Western Siberia from 2011 to 2019. The coefficient of linear regression and the stability of the reaction of the yield of varieties were calculated. Under the conditions of the continental and sharply continental climate of Western Siberia, the average yield of spring barley for the period of research was 4.03 t/ha (Lim. = 2.23–5.63 t/ha). The intensive group includes varieties 'Omskiy golozerny 4', 'Sibirskiy Avangard' and 'Sasha' (regression coefficient more than 1). Increased stability of the yield was noted in the varieties 'Omskiy golozerny 2', 'Omskiy golozerny 1', 'Sasha', 'Omskiy 90', 'Omskiy 96', 'Omskiy 100' (stability variance less than 0.29). Varieties 'Omskiy 96' and 'Omskiy 100' are characterized by full compliance of the formed yield with those agrotechnical conditions in which they are grown at a fairly stable level of productivity formation. The highest average yield over the years of the study was formed by the varieties 'Sasha' (4.70 t/ha) with values of plasticity (regression coefficient is equal 1.1) and stability (stability variance is equal 0.18), 'Omskiy 100' (4.89 t/ha; 1.02; 0.11, respectively). We recommend them for cultivation in the region.*

Keywords: *barley (*Hordeum sativum* L.), variety, breeding, yield, plasticity, stability.*

Николаев Петр Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции зернофуражных культур, ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»; 644012, Россия, г. Омск, пр. Королева, 26; e-mail: nikolaevpetr@mail.ru.

Юсова Оксана Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией биохимии и физиологии растений, ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»; 644012, Россия, г. Омск, пр. Королева, 26; e-mail: ksanajusva@rambler.ru.

Nikolaev Petr Nikolaevich, Cand. Sc. (Agr.), head of the Laboratory for the selection of grain crops, FSBSI "Omsk Agrarian Scientific Center"; 26, Korolev ave., Omsk, 644012, Russia; e-mail: nikolaevpetr@mail.ru.

Yusova Oksana Aleksandrovna, Cand. Sc. (Agr.), head of the Laboratory of genetics, biochemistry and plant physiology, FSBSI "Omsk Agrarian Scientific Center"; 26, Korolev ave., Omsk, 644012, Russia; e-mail: ksanajusva@rambler.ru.

Дата поступления в редакцию – 30.07.2020.

Дата принятия к печати – 20.09.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-143-151

УДК 633.11:664.64:581.5

Подгорный С. В., Скрипка О. В., Самофалов А. П., Громова С. Н., Кравченко Н. С.

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ СОРТОИСПЫТАНИИ

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»

Реферат. *Повышение качества зерна пшеницы было и остается основным приоритетом селекции этой культуры. В последние годы снизилось производство сильной и ценной пшеницы, необходимой для выработки высококачественной хлебопекарной муки. В связи с этим особо актуально исследование качества зерна сортов озимой пшеницы в конкретных почвенно-климатических условиях. Поэтому целью наших исследований стало изучение по основным показателям качества зерна (содержание в зерне белка и клейковины, сила муки, объемный выход хлеба из 100 г муки) сортов озимой мягкой пшеницы в экологическом сортоиспытании для выделения лучших в условиях Ростовской области. Работу выполняли в 2014–2016 гг. в Ростовской области на 75 сортах. Посев осуществляли в оптимальные сроки сеялкой «Wintersteiger Plotseed S» на глубину 4–6 см по предшественнику черный пар. Учетная площадь делянки – 10 м², повторность – двукратная. Норма высева – 4,5 млн всхожих семян на гектар. Качество зерна оценивали в соответствии с методиками национальных стандартов Российской Федерации. Определяли показатели качества зерна по следующим показателям: содержание клейковины – по ГОСТ Р 54478-2011; массовую долю белка – по ГОСТ 108460-91; хлебопекарные свойства муки озимой пшеницы – с помощью лабораторной выпечки с использованием ремикс-метода. Рассматривали основные показатели качества зерна и муки сортов озимой мягкой пшеницы в экологическом сортоиспытании и проводили их сравнение. В условиях юга Ростовской области за период исследования наиболее вариабельным показателем качества оказалась сила муки и содержание клейковины. Стандартам на сильную пшеницу соответствовало: по содержанию белка (>14,5 %) 8,0 % изученных сортов, 7,0 % – по содержанию клейковины в зерне (>28 %) и 9,0 % сортов – по силе муки (>280 е.а.). Большой интерес для практической селекции в селекционных программах на улучшение качества зерна представляют пять сортов, обладающих комплексом хозяйственно ценных признаков: Аксинья, Танаис, Аскет, Находка, Юмна (Россия).*

Ключевые слова: *озимая пшеница (*Triticum aevestivum* L.), сорт, белок, клейковина, сила муки, объем хлеба.*

Введение

Зерно является национальным достоянием Российской Федерации, одним из основных факторов устойчивости ее экономики. Обилие тепла и света, плодородные черноземы, отсутствие избытка влаги благоприятствуют выращиванию зерна сильных и ценных пшениц на Дону [1].

В условиях рыночных отношений объективная оценка качества зерна – существенный фактор, действующий на закупочные цены, что в конечном итоге оказывает влияние на финансовое положение производителей зерна и зернопродуктов [2–4].

Интенсификация возделывания озимой пшеницы наряду с ростом продуктивности культуры предусматривает улучшение качества зерна. Общеизвестно, что повышение сбора зерна путем увеличения его доли в общем биологическом урожае приводит к уменьшению содержания белка и соответственно

клейковины в зерне. Проблема сочетания высокого урожая зерна с его высоким качеством продолжает оставаться одной из самых значимых в селекции озимой пшеницы [5].

Качество зерна озимой пшеницы – понятие комплексное. Оно охватывает ряд показателей, характеризующих его питательную ценность, мукомольные и хлебопекарные свойства. Для более полной и объективной оценки качества зерна нужно использовать комплекс показателей – натуру и стекловидность зерна, содержание белка, количество и качество клейковины, оценку хлебопекарных свойств [6–8].

Комплекс технологических и биохимических показателей качества зерна по своей природе очень сложен, он формируется во время вегетации растений, когда огромную роль играют как наследственные особенности роста, так и почвенно-климатические и агротехнические условия. Значительное влияние на качество зерна оказывают болезни, условия созревания, технологии уборки, хранение и переработка. Изменение хлебопекарных свойств сортов под влиянием условий выращивания бывает настолько значительно, что заведомо отличные по качеству сорта очень сильно снижают свои показатели [8, 9].

Для успешного выполнения задач по увеличению производства зерна и повышению его качества важнейшее значение имеет углубленное изучение взаимосвязей между урожайностью и качественными показателями, выявление лимитирующих факторов выраженности основных признаков и свойств, а также создание и внедрение в производство новых сортов, обладающих комплексом признаков и свойств.

Цель исследований – изучение по основным показателям качества зерна (содержание в зерне белка и клейковины, сила муки, объёмный выход хлеба из 100 г муки) сортов озимой мягкой пшеницы в экологическом сортоиспытании для выделения лучших в условиях Ростовской области.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2014–2016 гг. в лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа ФГБНУ «АНЦ «Донской»». Объектом исследований послужили 75 сортов экологического испытания селекции АНЦ «Донской», НЦЗ им. П. П. Лукьяненко, ФРАНЦ, Северо-Кавказского ФНАЦ, Украины, Франции, Германии и других оригинаторов. Посев осуществляли в оптимальные сроки сеялкой «Wintersteiger Plotseed S» на глубину 4–6 см по предшественнику черный пар. Учетная площадь делянки – 10 м², повторность – двукратная. Норма высева – 4,5 млн всхожих семян на гектар. Уборку проводили комбайном «Wintersteiger Classic» в фазе полной спелости.

Статистическую обработку данных проводили общепринятыми методами [10]. Математическую обработку данных проводили с помощью программ Statistica 6.0 и Excel. Качество зерна оценивали в соответствии с методиками национальных стандартов Российской Федерации. Определяли показатели качества зерна по следующим методикам: содержание клейковины – по ГОСТ Р 54478-2011, массовую долю белка – по ГОСТ 108460-91, хлебопекарные свойства муки озимой пшеницы – с помощью лабораторной выпечки с использованием ремикс-метода.

Климат зоны характеризуется полузасушливым жарким летом и умеренно мягкой зимой. Сумма положительных температур за период вегетации в среднем составляет 3450 °С, показатель среднемноголетней температуры – 9,7 °С; среднемноголетнее количество осадков – 588,8 мм, в том числе за вегетацию озимой пшеницы – 480,5 мм.

Вегетационные сезоны 2014–2016 гг. характеризовались благоприятными погодными условиями для роста и развития растений озимой пшеницы. Налив и созревание зерна протекало при среднесуточной температуре воздуха от 20,5 до 21,3 °С и относительной влажности 50–60 %, что благоприятно сказалось на формировании качественных показателей зерна.

Результаты и их обсуждение

Известно, что проблема увеличения и стабилизации производства зерна пшеницы с высоким качеством очень актуальна [11]. Наиболее вариабельными признаками в наших условиях оказались сила муки $C_V = 18,2\%$ и содержание клейковины $C_V = 12,5\%$. По показателям содержания белка и объёма хлеба изменчивость оказалась незначительной ($C_V < 10,0\%$) (таблица 1).

Таблица 1 – Изменчивость показателей качества зерна сортов озимой пшеницы (2014–2016 гг.)

Показатель	Среднее	Размах варьирования	Коэффициент вариации (C_V), %
Содержание белка, %	13,60 ± 0,28	12,26–15,10	4,1
Содержание клейковины, %	23,3 ± 0,56	17,5–29,5	12,5
Сила муки, е.а.	227 ± 5,01	125–335	18,2
Объем хлеба, см ³	610 ± 4,30	475–750	9,7

Содержание белка относится к одним из основных показателей качества зерна и муки [6, 12]. Между изучаемыми сортами была отмечена разница по количеству белка, которая варьировала от 12,2 % до 15,1 % при среднем значении 13,6 %. Значительная часть сортов (44 сорта, или 59 %) накопила в зерне более 13,5 % белка, и соответствовала по этому показателю I и II классу [12] (рисунок 1). Более 14,5 % (I класс) белка в зерне накопили шесть сортов: Аксинья, Танаис, Находка, Антонина, Юмпа, Симпатия (Россия). Меньше всего белка в зерне содержали сорта АСВ-141 (Люксембург) – 12,2 %.

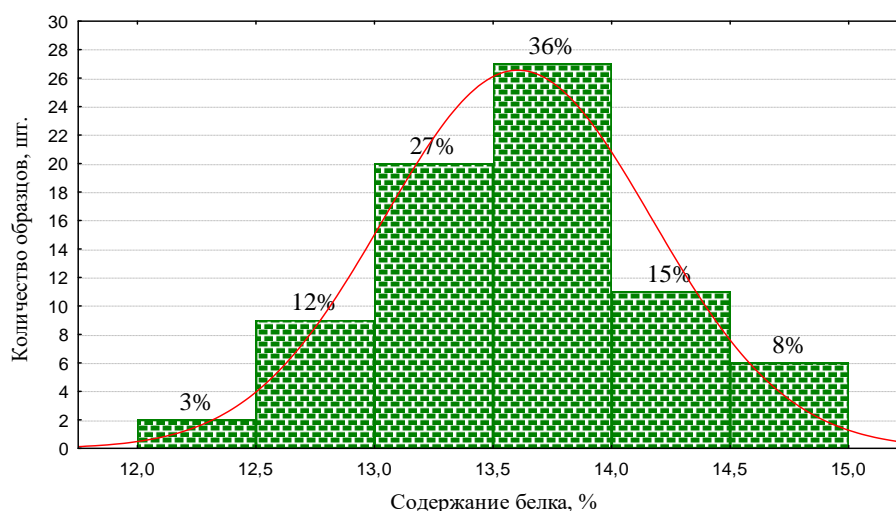


Рисунок 1 – Распределение сортов по содержанию белка в экологическом сортоиспытании (2014–2016 гг.)

Клейковина – главная составная часть белка, определяющая качество муки и выпекаемого из неё хлеба. Уникальная способность клейковинных белков образовывать комплекс, называемый клейковиной, предопределила ведущую роль пшеницы среди всех зерновых культур [4, 13, 14].

У изучаемых сортов наблюдали значительные различия по содержанию клейковины, количество которой варьировало от 17,0 до 29,0 % при средней величине по выборке 23,3 %. Основная часть сортов (90 %) характеризовалась содержанием сырой клейковины в зерне от 18 до 28 %, что соответствует III и IV классу пшеницы (44 % – III класс, 46 % – IV класс) (рисунок 2). В среднем за два года исследований содержание сырой клейковины в зерне более 28,0 % (II класс) отмечено у сортов: Аксинья, Находка, Танаис, Аскет, Юмпа (Россия). Эти сорта интенсивно вовлекают в скрещивания как источники высокого содержания клейковины. Минимальное количество клейковины отмечено у сорта Астарта (Украина) – 17,0 %.

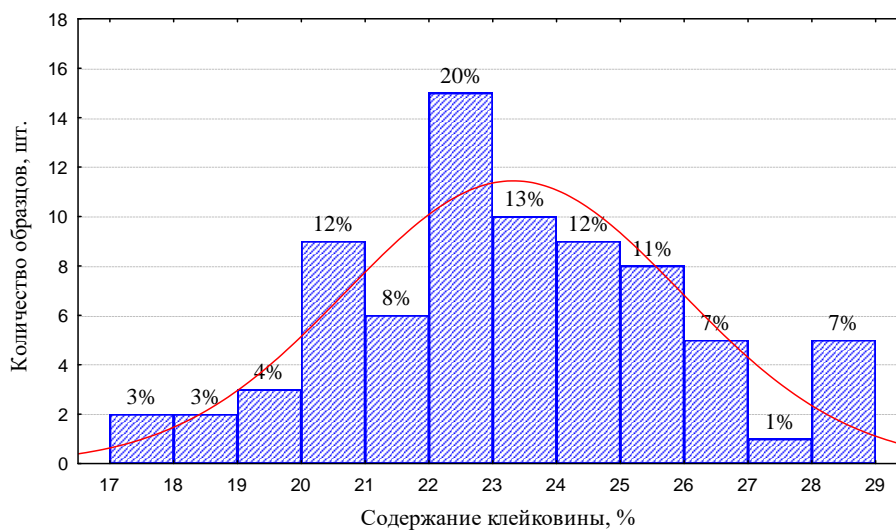


Рисунок 2 – Распределение сортов по содержанию клейковины (2014–2016 гг.)

Сила муки отражает состояние белково-протеинового комплекса и является главным фактором, определяющим хлебопекарное достоинство пшеничной муки. Сила муки – условный термин, который характеризует реологические свойства сырой клейковины или теста в целом. К реологическим свойствам теста относят: упругость, пластичность, эластичность, вязкость. В зависимости от состояния реологических свойств теста различают сильную (более 280 е.а.), среднюю (180–280 е.а.) и слабую (менее 180 е.а.) по силе муку [12–15].

В наших исследованиях сила муки варьировала от 125 до 335 е.а. Основная масса сортов (80 %) соответствовала средней (180–280 е.а.) группе качества по силе муки, а 11 % сортов по величине этого показателя оказались слабыми по силе муке (менее 180 е.а.). Небольшое количество (9 %) изучаемых сортов соответствовали классу сильных пшениц. Наибольшие величины этого показателя отмечены у сортов: Находка (335 е.а.), Аксинья (316 е.а.), Танаис (307 е.а.), Соловей (293 е.а.) – Россия; MV 15-04 (296 е.а.) – Венгрия.

Пробная выпечка является единственным прямым доказательством хлебопекарного качества муки испытуемого образца пшеницы [16]. Оценку хлеба проводят по комплексу показателей: объемный выход, внешний вид, пористость, эластичность, цвет мякиша, вкус и запах.

По результатам пробной выпечки объемный выход хлеба из 100 г муки варьировал от 475 см³ у сорта Каролина 5 (Россия) до 750 см³ у сорта Этана (Германия). Значение показателя на уровне и выше стандарта (590 см³) имели 48 сортов озимой пшеницы, лучшие из которых представлены в таблице 2.

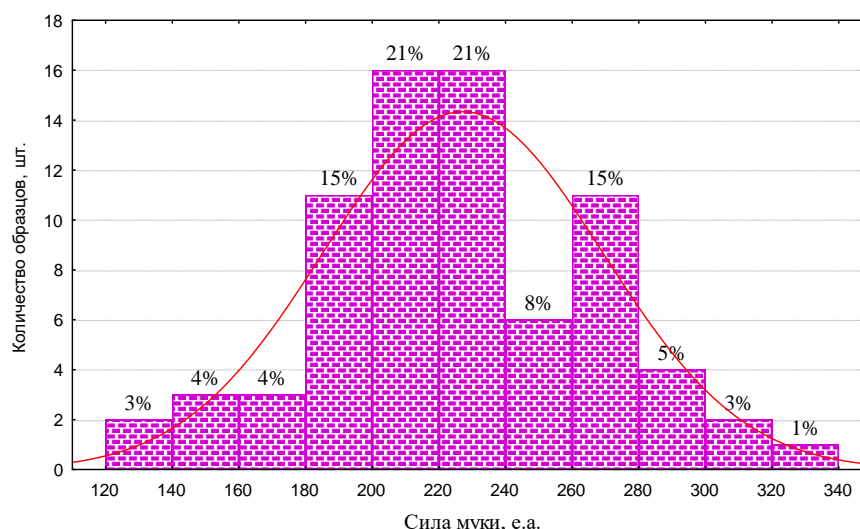


Рисунок 3 – Распределение образцов по силе муки (2014–2016 гг.)

Таблица 2 – Объемный выход хлеба со 100 г муки и общая хлебопекарная оценка лучших сортов озимой пшеницы

Сорт	Происхождение	2015 г.		2016 г.		Среднее	
		объем хлеба, см ³	общая оценка, балл	объем хлеба, см ³	общая оценка, балл	объем хлеба, см ³	общая оценка, балл
Ермак (St.)	Россия	610	3,8	570	3,4	590	3,6
Этана	Германия	800	5,0	700	4,6	750	4,8
Плеяда	Беларусь	740	4,5	750	4,6	745	4,6
АСВ-141	Люксембург	720	4,5	740	4,7	730	4,6
СО-911	Франция	720	4,4	730	4,6	725	4,5
Антонина	Россия	750	4,7	680	3,9	715	4,3
Ротакс	Германия	700	4,4	720	4,6	710	4,5
Юмпа	Россия	700	4,2	700	4,5	700	4,4
Аскет	Россия	770	4,7	630	4,1	700	4,4
Соловей	Россия	690	4,6	700	4,7	695	4,7
Гурт	Россия	650	3,8	710	4,5	680	4,2
Дэман	Беларусь	680	4,1	680	4,2	680	4,2
Среднее	-	625	3,8	596	3,7	610	3,7
согласно классификационным нормам Госкомиссии по сортам							
Сильных, не менее						600	4,5
Ценных, не менее						500	4,0

В 2015 г. по объемному выходу хлеба размах варьирования составил от 470 см³ у сорта Курс до 800 см³ у сорта Этана, а в 2016 г. – от 470 см³ у Каролины 5 до 750 см³ у Плеяды и средним значением по выборке в эти года 625 и 596 см³ соответственно. У выделившихся сортов объемный выход составил от 680 до 750 см³. В целом более высокой общей хлебопекарной оценкой характеризуются сорта, обладающие большим объемным выходом хлеба, что подтверждает коэффициент корреляции между этими показателями – $r = 0,95$.

Корреляционный анализ позволил выявить взаимосвязь между урожайностью и показателями качества. Содержание белка положительно и достаточно тесно коррелировало с содержанием клейковины ($r = 0,67$). Отмечена средняя положительная связь между содержанием белка и силой муки ($r = 0,35$). Содержание клейковины также положительно коррелировало с силой муки ($r = 0,45$). Все коэффициенты корреляции между урожайностью и показателями качества были

отрицательными ($r = -0,12...-0,52$). При этом урожайность слабо коррелировала с объемом хлеба и оценкой хлеба (таблица 3).

Таблица 3 – Коэффициенты корреляции между урожайностью и признаками качества зерна

Показатель	Урожайность, т/га	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	Сила муки, е.а.	Объем хлеба, см ³	Оценка хлеба, балл
Урожайность, т/га	1,00					
Содержание белка, %	-0,36	1,00				
Содержание клейковины, %	-0,52*	0,67*	1,00			
Сила муки, е.а.	-0,34	0,35	0,45*	1,00		
Объем хлеба, см ³	-0,18	0,22	0,19	-0,38	1	
Оценка хлеба, балл	-0,12	-0,08	0,23	-0,25	0,95**	1

Примечание. * достоверно на уровне значимости $p \leq 0,05$ %; ** достоверно на уровне значимости $p \leq 0,01$ %.

Наибольший интерес в работе селекционера представляют родительские формы, аккумулирующее в себе высокую продуктивность и другие ценные хозяйственно-биологические качества. Такой исходный материал позволяет в значительной степени увеличить эффективность селекционного процесса и существенно сократить время создания новых сортов.

По комплексу ценных признаков (содержание белка более 14,20 %, клейковины – более 28,1 %, сила муки (кроме Аскета и Юмпа) – более 307 е.а., объем хлеба – более 600 см³) выделились сорта, сочетающие высокие показатели качества зерна: Аксинья, Танаис, Аскет, Находка, Юмпа (таблица 4).

Таблица 4 – Характеристика выделившихся по комплексу ценных признаков и свойств сортов мягкой озимой пшеницы

Образец	Происхождение	Содержание в зерне, %		Сила муки, е.а.	Объем хлеба, см ³
		белка	клейковины		
Ермак (St.)	Россия	12,99	22,7	230	585
Аксинья	Россия	14,59	29,1	316	600
Танаис	Россия	14,58	28,2	307	615
Аскет	Россия	14,37	28,7	241	700
Находка	Россия	14,20	28,1	335	615
Юмпа	Россия	14,58	28,6	225	700
Среднее по опыту	-	13,61	23,3	227	610
ГОСТ для пшениц					
Сильных, не менее		14,0	28,0		
Ценных, не менее		13,0	25,0		
Согласно классификационным нормам Госкомиссии по сортам					
Сильных, не менее				280	600
Ценных, не менее				260	500

Полученные нами данные позволяют судить о том, что при подборе родительских пар для скрещивания в целях создания высококачественных сортов следует отдавать предпочтение формам, имеющим самые высокие качественные показатели.

Выводы

Анализ основных показателей качества сортов экологического сортоиспытания показал, что в условиях юга Ростовской области за изучаемый период (2014–2016 гг.) наиболее вариабельным показателем качества оказалась сила муки и содержание клейковины.

Стандартам на сильную пшеницу соответствовало: по содержанию белка (>14,5 %) – 8,0 % изученных сортов, 7,0 % – по содержанию клейковины в зерне (>28 %) и 9,0 % – сортов по силе муки (>280 е.а.).

Коэффициент корреляции между урожайностью и показателями качества был отрицательным. При этом урожайность средне коррелировала с содержанием белка, содержанием клейковины и силой муки. Между урожайностью, объемом хлеба и оценкой хлеба достоверных связей не отмечено.

Большой интерес для практической селекции представляют пять сортов, обладающих комплексом хозяйственно ценных признаков: Аксинья, Танаис, Аскет, Находка, Юмпа (Россия).

Литература

1. Мамеев В. В., Ториков В. Е., Сычева И. В. Состояние производства зерна озимых культур в Российской Федерации // Вестник Брянской ГСХА. 2016. № 1(53). С. 3–9.
2. Мелешкина Е. П. Нужно ли нам качество зерна // Хлебопродукты. 2011. № 6. С. 52–53.
3. Беркутова Н. С., Сандухадзе Б. И., Кондратенко О. Т. Мукомольные свойства зерна перспективных сортов озимой пшеницы // Хлебопродукты. 2010. № 11. С. 51–53.
4. Алтухов А. И. Развитие зернового хозяйства и рынка зерна в России: проблемы и пути решения // Научное обозрение: теория и практика. 2014. № 1. С. 15–21.
5. Алабушев А. В., Гуреева А. В., Раева С. А. Состояние и направления развития зерновой отрасли. Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2009. 192 с.
6. Кравченко Н. С., Самофалов А. П., Игнатъева Н. Г., Васюшкина Н. Е. Изучение физических и мукомольных свойств зерна сортов озимой пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2016. № 5 (147). С. 11–17.
7. Ионова Е. В., Кравченко Н. С., Игнатъева Н. Г., Олдырева И. М. Технологическая оценка зерна сортов и линий озимой мягкой пшеницы селекции «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2017. № 6. С. 16–21.
8. Толобова Г. В., Летяго Ю. Г., Белкина Р. И. Оценка сортов мягкой яровой пшеницы по технологическим свойствам и биохимическим признакам // Агропродовольственная политика России. 2015. № 5 (41). С. 64–67.
9. Алтухов А. И. Повышение качества и конкурентоспособности зерна как необходимое условие эффективного функционирования российского зернового рынка // Аграрная Россия. 2012. № 4. С. 17–27.
10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
11. Тарасов А. А. Зерновые ресурсы для производства пшеничной муки // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 6. С. 53–55.
12. Кравченко Н. С., Ионова Е. В., Вожжова Н. Н., Олдырева И. М. Качественные показатели зерна и муки сортов и линий озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2018. № 5 (59). С. 6–10. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-59-5-6-10.
13. Vlasova O. I., Perederieva V. M., Volters I. A., Drepa E.B., Danilets E.A. Previous crop – as an element of organic farming in the cultivation of winter wheat in the Central pre Caucasus // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. No. 6. P. 1272–1276.
14. Самофалова Н. Е., Ковтун В. И. Селекция озимой пшеницы на юге России. Ростов-на-Дону: Книга, 2006. 480 с.
15. Ivanova I., Ilina S. Variability of morphological features of spring soft wheat Moskovskaya 35 // IOP Conference. Series “Earth and Environmental Science”. 2020. Vol. 433. P. 012016. DOI: 10.1088/1755-1315/433/1/012016.

References

1. Mameev V. V., Torikov V. E., Sycheva I. V. The status of grain production of winter grain crops in the Russian Federation and the Bryansk region // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2016. No. 1 (53). P. 3–9.
2. Meleshkina E. P. Do we need the quality of grain // Khleboproducty. 2011. No. 6. P. 52–53.
3. Berkutova N. S., Sandukhadze B. I., Kondratenko O. T. Flour and other grain properties of the major winter wheat varieties // Khleboproducty. 2010. No. 11. P. 51–53.
4. Altukhov A. I. Development of grain farming and grain market in Russia: problems and ways of solution // Science review: theory and practice. 2014. No. 1. P. 15–21.
5. Alabushev A. V., Gureeva A. V., Raeva S. A. State and directions of development of the grain industry. Rostov-on-Don: “Kniga ZAO” (Close Joint-stock Company), 2009. 192 p.
6. Kravchenko N. S., Samofalov A. P., Ignatieva N. G., Vasyushkina N. E. Physical and flour properties of grain of soft winter wheat varieties // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. No. 5 (147). P. 11–17.

7. Ionova E.V., Kravchenko N. S., Ignatieva N. G., Vasyushkina N. E., Oldyreva I. M. Technological assessment of varieties and lines of winter soft wheat developed by the FSBSI ARC "Donskoy" // Grain Economy of Russia. 2017. No. 6. P. 16–21.
8. Tolobova G. V., Letyago Yu. G., Belkina R. I. Evaluation of varieties of soft spring wheat by technological properties and biochemical characteristics // Agroprodovolstvennaya politika Rossii. 2015. No. 5 (41). P. 64–67.
9. Altukhov A. I. Improving the quality and competitiveness of the grain as a necessary condition for effective functioning of the Russian grain market// Agrarnaya Rossiya (Agrarian Russia). 2012. No. 4. P. 17–27.
10. Dospekhov B. A. Method of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Alyans, 2014. 351 p.
11. Tarasov A. A. Cereals resources for the production of wheat flour // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2015. No. 6. P. 53–55.
12. Kravchenko N. S., Ionova E. V., Vozzhova N. N., Oldyreva I. M. Qualitative traits of grain and flour of the winter soft wheat lines // Grain Economy of Russia. 2018. No. 5 (59). P. 6–10. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-59-5-6-10.
13. Vlasova O. I., Perederieva V. M., Volters I. A., Drepa E.B., Danilets E.A. Previous crop – as an element of organic farming in the cultivation of winter wheat in the Central pre Caucasus // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. No. 6. P. 1272–1276.
14. Samofalova N. E., Kovtun V. I. Selection of winter wheat in the South of Russia. Rostov-on-Don: Kniga, 2006. 480 p.
15. Ivanova I., Ilina S. Variability of morphological features of spring soft wheat Moskovskaya 35 // IOP Conference. Series "Earth and Environmental Science". 2020. Vol. 433. P. 012016. DOI: 10.1088/1755-1315/433/1/012016.

UDC 633.11:664.64:581.5

Podgorny S. V., Skripka O. V., Samofalov A. P., Gromova S. N., Kravchenko N. S.

QUALITY INDICATORS OF WINTER SOFT WHEAT VARIETIES IN ECOLOGICAL VARIETY TRIALS

Summary. *Improving the quality of wheat grain is an important task of agricultural production. In recent years, the production of strong and valuable wheat, necessary for the production of high-quality baking flour, has decreased. In this regard, the study of the quality of grain varieties of winter wheat in specific soil and climatic conditions of the Rostov region is becoming topical. Therefore, the purpose of our research was to study the main indicators of grain quality of varieties of soft winter wheat (protein and gluten content, flour strength, bread size from 100 g of flour) in ecological variety trials to select the best under conditions of the Rostov region. The studies were carried out on the trial fields of the Laboratory of selection and seed production of winter soft wheat of intensive type of the State Scientific Establishment "Agricultural research center «Donskoy»" (Rostov region) in 2014–2016. Seventy-five varieties were studied in the course of the research. Planting dates – optimal for implementation of agricultural and agro-technical measures. Planter – «Wintersteiger Plotseed S.» Seed placement depth – 4–6 cm. Preceding crop – black fallow. Accounting square of fields – 10 m², double replication. Seeding rate – 4.5 million seeds per hectare. Grain quality was assessed according to the methods of the national standards of the Russian Federation. Such grain quality indicators as gluten content (according to GOST R 54478-2011), protein mass fraction (as required by GOST 108460-91), baking properties of flour (in a laboratory using the remix method) were determined. The article discusses the main indicators of the quality of grain and flour of winter soft wheat varieties in ecological variety testing and compares them. Analysis of the main indicators of the quality of varieties in trials showed that in the south of the Rostov region in 2014–2016 flour strength and gluten content were the most variable indicators. In terms of protein content (> 14.5 %), 8.0 % of the studied varieties were in full compliance with strong wheat standards; by the gluten content (> 28 %) – 7.0 %; by the flour strength (>280 e.a.) – 9.0 %. Five varieties*

of winter soft wheat: 'Aksinya', 'Tanais', 'Asket', 'Nakhodka', 'Yumpa' (Russia) with a complex of economically valuable traits are of greater interest for practical breeding in terms of improving grain quality.

Keywords: *winter wheat (Triticum aestivum L.), variety, protein, gluten, flour strength, bread volume.*

Подгорный Сергей Викторович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок 3; e-mail: podgorny128@rambler.ru.

Скрипка Ольга Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок 3; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Самофалов Александр Петрович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок 3; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Громова Светлана Николаевна, агроном лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок 3; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Кравченко Нина Станиславовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок 3; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Podgorny Sergey Viktorovich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the Laboratory of selection and seed production of winter soft wheat of intensive type, SSE "Agricultural research center «Donskoy»"; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: podgorny128@rambler.ru.

Skipka Olga Viktorovna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the Laboratory of selection and seed production of winter soft wheat of intensive type, SSE "Agricultural research center «Donskoy»"; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Samofalov Aleksandr Petrovich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the Laboratory of selection and seed production of winter soft wheat of intensive type, SSE "Agricultural research center «Donskoy»"; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Gromova Svetlana Nikolaevna, agronomist of the Laboratory of selection and seed production of winter soft wheat of intensive type, SSE "Agricultural research center «Donskoy»"; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Kravchenko Nina Stanislavovna, Cand. Sc. (Biol.), senior 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: vniizk30@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 17.08.2020.

Дата принятия к печати – 25.09.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-152-160

УДК 633.85:631:526.32

Прахова Т. Я.¹, Турина Е. Л.², Прахов В. А.¹.

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ОЗИМОГО РЫЖИКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕГИОНА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»;

²ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. Ценность рыжика посевного определяет получение из него растительного масла, используемого в питании человека и в промышленном производстве. Цель исследований – оценка содержания жирных кислот в маслосеменах *Camelina sylvestris* (L.) Crantz. в зависимости от гидротермических условий возделывания. Объект изучения – семена озимого рыжика посевного сорта Пензяк, выращенные в условиях Пензенской области и степного Крыма в 2017–2019 гг. В 2017 г. в Крыму зафиксированы засушливые условия, ГТК = 0,61. В Пензенской области 2017 г. характеризовался умеренным увлажнением, ГТК = 1,10. Условия 2019 г. характеризовались как засушливые в обоих регионах, ГТК составил 0,63 (Крым) и 0,60 (Пенза). В 2018 г. в Крыму и в Пензе ГТК составил 0,23 и 0,45. Почвы участков представлены выщелоченным (Пенза) и южным слабогумусированным черноземом (Крым). Метиловые эфиры жирных кислот выделяли и анализировали по ГОСТ Р 51 486-99. Концентрация олеиновой и линолевой кислот в семенах из Крыма достигала 15,50–18,56 % и 18,08–19,58 % соответственно. В более холодном регионе (Пенза) содержание данных кислот было ниже, чем в Крыму, и составило 11,90–14,82 и 16,12–17,10 % соответственно. Содержание линоленовой кислоты было наибольшим в маслосеменах из Пензенского региона и составило 36,80–38,50 %, что на 4,94–6,40 % превысило ее количество в масле из Крыма. Содержание эруковой кислоты в двух регионах составило 2,81–2,94 %. Коэффициент вариации данной кислоты по регионам исследования находился на уровне 1,59 %. Линоленовая и олеиновая кислоты наиболее подвержены изменению в зависимости от условий возделывания, коэффициент их вариации составил 10,08 и 16,32 % соответственно. Суммарное содержание полиненасыщенных жирных кислот высокое и составляет в среднем по регионам 52,4–54,6 %. Наибольшая их концентрация отмечена в маслосеменах из Пензы, которая превышала на 2,2 % концентрацию в маслосеменах из Крыма. Содержание ω -9 жирных кислот по регионам варьировало в пределах от 33,7 % (Пенза) до 35,9 % (Крым) и характеризовалось низким коэффициентом вариации – 4,14 %. Размах варьирования ω -3 и ω -6 кислот в среднем по регионам составил 6,32–7,81 %. Содержание их составляло 31,5 и 20,9 % в маслосеменах из Крыма и 35,5 и 19,1 % соответственно из Пензы. Соотношение между омега-6 и омега-3 кислотами составляет 1,8:1.

Ключевые слова: озимый рыжик посевной (*Camelina sylvestris* (L.) Crantz.), жирнокислотный состав, регион возделывания, линоленовая кислота, линолевая кислота, эруковая кислота, олеиновая кислота.

Введение

Одной из ключевых задач, стоящих перед человечеством, является производство достаточного количества продовольствия для растущего населения планеты [1]. Утверждается, что к 2050 г. необходимо производить продовольствия на 70 % больше, чем в 2020, иначе возможны серьезные социальные и экономические последствия. Одним из предлагаемых решений этой глобальной

проблемы является увеличение числа сельскохозяйственных культур, продукцию которых возможно использовать на различные нужды народного хозяйства [2].

В сельскохозяйственном производстве масличные культуры занимают особый сектор, значение которых определяется производством маслосемян широкого диапазона применения [3, 4].

В первую очередь ценность масличных культур определяет получение из них растительного масла, используемого в питании человека и в промышленном производстве.

В масле большинства масличных растений наиболее часто встречаются насыщенные пальмитиновая, стеариновая и ненасыщенные олеиновая, линолевая и линоленовая жирные кислоты, которые и обуславливают жирнокислотный состав [3, 5]. Последний является главным критерием оценки качества растительного масла (вкусовые, технологические и другие свойства). Тем не менее, единого параметра определения оптимального жирнокислотного состава растительных масел пока не существует. По современным представлениям качество масла определяется не только содержанием полиненасыщенных жирных кислот, но и их соотношением [6, 7].

Другой, не менее важной проблемой остается сокращение мировых запасов ископаемого топлива и интенсификация глобальных экологических вызовов (глобальное потепление и изменение климата из-за увеличения выбросов парниковых газов) [8]. Учитывая невозобновляемый характер углеводородов, в настоящее время поиски ученых направлены на исследования альтернативных видов топлив, в том числе из сельскохозяйственных культур. К одним из наиболее важных масличных растений, обладающих высоким потенциалом для производства биотоплива и биоавиакеросина, относят *Camelina sylvestris* (L.) Crantz (рыжик посевной) [8–11].

По сообщениям ученых, масличность семян рыжика озимого при благоприятных условиях составляет 44 % и выше и имеет большой спектр применения в различных отраслях промышленности [12]. В жирнокислотном составе масла основную часть занимают полиненасыщенные жирные кислоты (около 50 % от общего количества жирных кислот), а высокое содержание ценной α -линоленовой кислоты позволяет применять рыжиковое масло в качестве биологически ценной добавки и на пищевые цели [3]. После эпоксидирования масло *C. sylvestris* может быть использовано в производстве пластификаторов, смазочных материалов, полиолов, смол, композитов, покрытий, эластомеров и клеев [12, 13]. Масло рыжика богато эйкозеновой (гондоевой) кислотой, содержание которой варьирует, как правило, от 12 до 16 %, и предполагает его использование в качестве ресурса для получения биодизеля [9, 10, 14].

Установлено, что жирнокислотный состав растительных масел изменяется в зависимости от сорта, вида почв, климатических условий и элементов агротехники [15]. В суровом холодном климате северных регионов в масле содержится больше ненасыщенных жирных кислот, и, наоборот – с продвижением на юг количество насыщенных кислот возрастает [16].

Цель исследований – оценка содержания жирных кислот в маслосеменах *Camelina sylvestris* (L.) Crantz. в зависимости от гидротермических условий возделывания.

Материалы и методы исследований

Объектом исследований являлись семена рыжика сорта Пензяк, выращенного в условиях лесостепи Пензенской области и в степных условиях Республики Крым в 2017–2019 гг.

Экологические условия в годы исследований были контрастные и определялись в первую очередь взаимодействием гидротермальных факторов (тепла и влаги), о чем свидетельствует гидротермический коэффициент (ГТК).

Вегетационный период озимого рыжика в 2017 г. в Крыму протекал в засушливых условиях при ГТК = 0,61 и среднесуточной температуре 8,9 °С. В Пензенской области этот год отличался более благоприятными условиями для развития рыжика и характеризовался умеренным увлажнением. Коэффициент соотношения влаги и температуры здесь составил 1,10.

Неблагоприятно для культуры сложились условия в 2018 г. – недостаточное количество осадков сопровождалось повышенным температурным режимом: ГТК по регионам составил 0,45 и 0,23 в Пензе и Крыму соответственно.

В 2019 г. погодные условия характеризовались как засушливые по двум регионам: в Пензенской области ГТК = 0,63, в Крыму ГТК = 0,60 при среднесуточных температурах 5,3 и 8,4 °С соответственно.

Почвы опытного участка Пензенского региона представлены выщелоченным черноземом, а почвы участка НИИСХ Крыма – южным слабогумусированным черноземом. Содержанием гумуса в пахотном слое составляет в среднем 6,4 и 2,6 %, рН – 5,5 и 7,3 соответственно. Площадь участков – 25 м², повторность – четырехкратная, предшественник – озимые зерновые. В опытах применяли технологию возделывания, рекомендованную для озимого рыжика (оптимальные сроки посева для крымского региона – III декада сентября, для Пензы – III декада августа, способ посева рядовой, норма высева 8 млн) [17]. Агротехнологические мероприятия были одинаковы в двух регионах.

Состав жирных кислот масла семян анализировали на хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000». Для разделения метиловых эфиров жирных кислот использовали капиллярную колонку «SolGelWax» 30 м × 0,25 мм × 0,5 мкм с параметрами режима: скорость газа-носителя – гелия была 25 см/с, температуру колонки изменяли в пределах 180–235 °С. Метиловые эфиры жирных кислот выделяли и анализировали согласно ГОСТ Р 51 486-99.

Коэффициент вариации рассчитывали по Б. А. Доспехову [18].

Результаты и их обсуждение

Как известно, жирные кислоты делятся на главные (пальмитиновая С18:2, стеариновая С18:0, олеиновая С18:1, линолевая С18:2 и линоленовая С18:3) и второстепенные, которые могут быть ненасыщенными и содержать 6, 8 или 10, а некоторые – 20 – 30 атомов углерода [5].

Маслосемена озимого рыжика имеют в своем составе все главные жирные кислоты и отличаются высоким содержанием линоленовой (30,40–38,50 %), линолевой (16,12–19,58 %) и олеиновой (11,90–18,56 %) кислот в зависимости от региона возделывания (таблица 1).

Таблица 1 – Жирнокислотный состав маслосемян рыжика озимого в зависимости от региона возделывания (2017–2019 гг.)

Кислота	Крым		Пензенская область		Коэффициент вариации (Cv), %
	min-max	среднее	min-max	среднее	
Миристиновая С14:0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,0
Пальмитиновая С 16:0	5,31–5,52	5,44	4,40–4,93	4,71	8,68
Стеариновая С 18:0	2,21–2,44	2,36	2,10–2,32	2,24	5,59
Олеиновая С 18:1	15,50–18,56	17,49	11,90–14,82	13,71	16,32
Линолевая С 18:2	18,08–19,59	19,06	16,12–17,10	16,51	8,64
Линоленовая С 18:3	30,40–33,56	31,54	36,80–38,50	37,46	10,08
Арахидиновая С 20:0	1,59–1,60	1,60	1,52–1,55	1,54	2,20
Эйкозеновая С 20:1	15,19–15,96	15,46	14,70–15,80	15,32	5,30
Эруковая С 22:1	2,89–2,94	2,92	2,81–2,92	2,88	1,59
ГТК	0,23–0,61	0,48	0,45–1,10	0,73	-

В различных регионах возделывания отмечено существенное влияние гидротермальных условий на жирнокислотный состав рыжика. Например, в маслосеменах рыжика, выращенного в более теплом климате Крыма, содержание олеиновой и линолевой кислот достигает 15,50–18,56 % и 18,08–19,58 % соответственно. При более низких температурах Пензенского региона отмечено снижение концентрации данных кислот по сравнению с Крымом до 11,90–14,82 % и 16,12–17,10 % соответственно.

Максимальный процент содержания линолевой кислоты зафиксирован в маслосеменах урожая 2017 г. в обоих регионах: при этом в условиях Крыма – в семенах, выращенных в недостаточно-увлажненных условиях (ГТК = 0,61), а в условиях Пензы, наоборот, в умеренно-увлажненных, при ГТК = 1,10. Концентрация данной кислоты в маслосеменах, выращенных в этих условиях, достигала 19,58 и 17,10 % соответственно. Содержание линоленовой кислоты, напротив, было наибольшим в рыжике из Пензенского региона и составило 36,80–38,50 %, что на 4,94–6,40 % превысило ее содержание в масле рыжика из Крыма.

Массовая доля эйкозеновой кислоты составила 14,70–15,96 % в зависимости от региона. Следует отметить, что данная жирная кислота является специфичной для рыжикового масла и в других культурах содержится не часто или в малых количествах.

Содержание эруковой кислоты в масле рыжика озимого в годы с разными гидротермическими показателями в регионах практически не изменялось (2,81–2,94 %). Коэффициент вариации данной кислоты составил всего 1,59 %, что свидетельствует о стабильном сортовом проявлении признака.

Изменение гидротермальных условий влияло на содержание пальмитиновой и стеариновой жирных кислот. Если в 2018 г. при минимальном значении ГТК 0,23 и 0,45 их содержание было максимальным – 4,93–5,52 и 2,32–2,44 % соответственно региону, то с увеличением значения гидротермического коэффициента их концентрация снижалась. Данная тенденция прослеживается по обоим регионам и свидетельствует о том, что более жаркие и сухие условия в период вегетации рыжика способствуют повышению накопления насыщенных кислот.

Благоприятные условия возделывания при ГТК 1,10 (Пензенский регион) способствовали увеличению концентрации олеиновой кислоты – 14,82 % и снижению массовой доли эруковой кислоты до 2,81 %. Наоборот, в маслосеменах рыжика, выращенного в Крыму, наибольшее содержание олеиновой кислоты наблюдали в остросушливых условиях (ГТК = 0,23) и составляло 18,56 %, что на 0,15 и 3,06 % превысило значения, полученные в маслосеменах, выращенных в годы с более благоприятными условиями, когда ГТК составил 0,60 и 0,61.

Содержание полиненасыщенной линоленовой кислоты варьировало в пределах 30,40–38,50 %. При этом максимальное значение отмечено в 2019 г. в обоих регионах возделывания при ГТК 0,60–0,63 и составило 33,56 % (Крым) и 38,50 % (Пенза).

Линоленовая и олеиновая кислоты наиболее подвержены изменению в зависимости от среды выращивания, коэффициент их вариации составил 10,08 и 16,32 % соответственно.

Суммарное содержание полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в масле высокое и составляло в среднем по регионам 52,4–54,6 % (рисунок 1). При этом наибольшая концентрация ПНЖК отмечена в семенах культуры, выращенной в Пензе.

Среднее содержание мононенасыщенных и насыщенных жирных кислот составило 34,5–36,4 % и 9,5–10,2 % в зависимости от региона. Здесь наибольшие показатели данных групп кислот наблюдали в семенах крымского происхождения.

Размах вариации полиненасыщенных, мононенасыщенных и насыщенных кислот был низким и составил 2,71; 3,69 и 5,71 % соответственно, что свидетельствует о более стабильном накоплении данных кислот независимо от условий среды и региона (таблица 2).

Содержание ω -9 жирных кислот по регионам варьировало в незначительных пределах – от 33,7 % (Пенза) до 35,9 % (Крым) и характеризовалось низким коэффициентом вариации – 4,14 %.

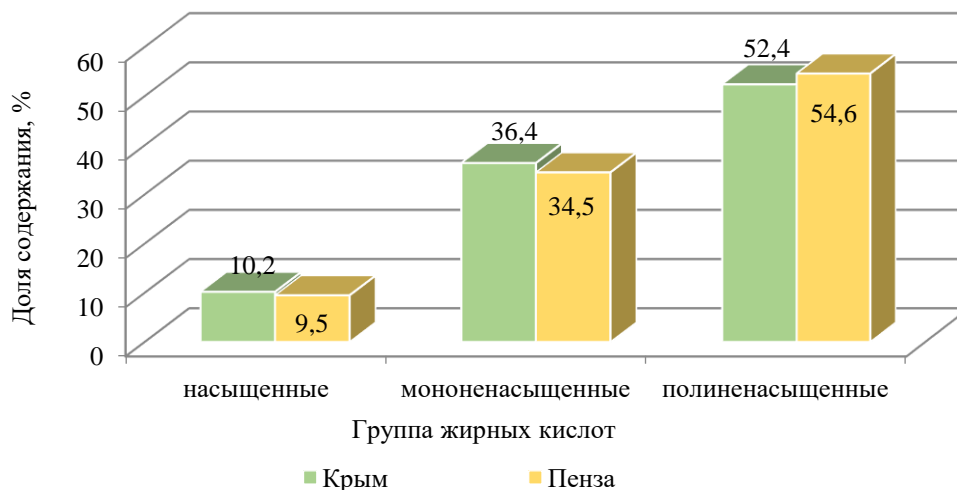


Рисунок 1 – Содержание жирных кислот по группам насыщенности (2017–2019 гг.)

Таблица 2 – Варьирование жирных кислот по группам (2017–2019 гг.)

Группа кислот	Содержание по регионам, min–max	Коэффициент вариации (C_v), %
Насыщенные	9,09–10,60	5,71
Мононенасыщенные	33,97–37,37	3,69
Полиненасыщенные	51,61–55,16	2,71
ω -3	30,40–36,76	7,81
ω -6	18,26–21,27	6,32
ω -9	33,27–36,67	4,14

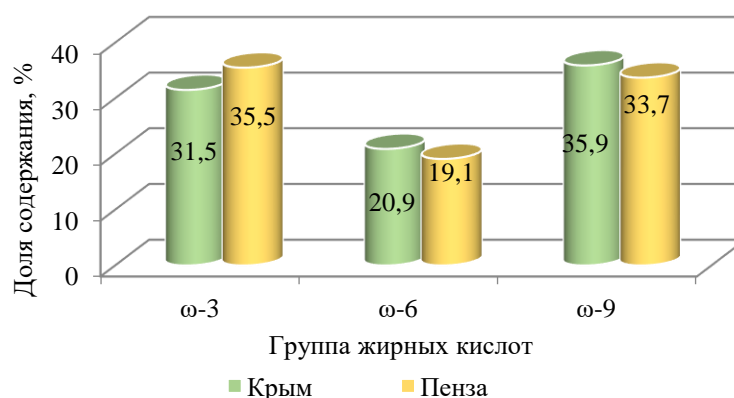


Рисунок 2 – Содержание ω -3, ω -6 и ω -9 жирных кислот (2017–2019 гг.)

При этом, независимо от большего или меньшего содержания жирных кислот по регионам наблюдали некий баланс в их соотношениях. Если отношение ω -6 к ω -9 составляет в среднем по регионам 1,8:1, то и соотношение баланса между ω -6 и ω -3

кислотами находилось на уровне 1,8:1, что делает возможным использование масла рыжика для диетического питания.

Соотношение полиненасыщенных жирных кислот к мононенасыщенным и насыщенным составляло 5,4:1,5:1 в среднем по регионам.

Выводы

Таким образом, содержание основных жирных кислот в маслосеменах рыжика озимого незначительно изменялось в зависимости от значения ГТК и региона возделывания, коэффициент вариации составлял 1,59–16,32 %.

Наибольшие изменения в зависимости от условий среды отмечены у линоленовой и олеиновой кислот, коэффициент их вариации в зависимости от регионам исследования составил 10,08 и 16,32 % соответственно. Содержание этих кислот в обоих регионах варьировало в пределах 30,40–38,50 и 11,90–18,56 % соответственно.

Содержание эруковой кислоты в масле рыжика озимого практически не изменялось ($C_v = 1,59\%$) и составило 2,81–2,94 %.

Масло рыжика озимого содержит 52,4–54,6 % полиненасыщенных жирных кислот и в среднем 2,88–2,92 % эруковой кислоты. Рассмотренные свойства масла ставят рыжик в ряд культур, пригодных для переработки в oleохимической промышленности в качестве потенциального сырья для получения биопродуктов. А сбалансированное соотношение между ω -6 (линолевой) и ω -3 (линоленовой) кислотами, которое составляет 1,8:1, позволяет использовать масло культуры для диетического питания.

Литература

1. Araujo B. R., Romao L. P. C., Doumer M. E., Mangrich A. S. Evaluation of the interactions between chitosan and humics in media for the controlled release of nitrogen fertilizer // *Journal of Environmental Management*. 2017. Vol. 190. P. 122–131. DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.12.059.
2. Лукомец В. М., Зеленцов С. В., Кривошлыков К. М. Перспективы и резервы расширения производства масличных культур в Российской Федерации // *Масличные культуры*. 2015. Вып. 4 (164). С. 81–102.
3. Низова Г. К., Калугина А. Ф. Сравнительная характеристика рыжика по количеству и качеству масла // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1999. Т. 156. С. 116.
4. Филатова О. И., Лупова Е. И., Виноградов Д. В. Масличные культуры в Рязанской области // *Сборник материалов конференции «Интеграция научных исследований в решении региональных экологических и природоохранных проблем, актуальные вопросы производства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции»*. Рязань, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева, 2018. С. 104–108.
5. Виноградов Д. В., Кунцевич А. А., Поляков А. В. Жирнокислотный состав семян льна масличного сорта Санлин // *Международный технико-экономический журнал*. 2012. № 3. С. 71–75.
6. Ермаков А. И., Арасимович Н. П., Ярош В. В. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
7. Prakhova T. Ya., Prakhov V. A., Danilov M. V. Changes in the fat-acidic composition of *Camelina sativa* oilseeds depending on hydrothermal conditions // *Russian Agricultural Sciences*. 2018. Vol. 44. No. 3. P. 221–223. DOI: 10.3103/S1068367418030126.
8. Mohammad B. T., Al-Shannag M., Alnaief M., Singh L., Singaas E., Alkasrawi M. Production of multiple biofuels from whole *Camelina* material: a renewable energy crop // *BioResources*. 2018. Vol. 13. No. 3. P. 4870–4883. DOI: 10.15376/biores.13.34870-4883.
9. Уханова Ю. В., Воскресенский А. А., Уханов А. П. Сравнительная оценка свойств растительных масел, используемых в качестве биодобавки к нефтяному дизельному топливу // *Нива Поволжья*. 2017. № 2 (43). С. 98–105.
10. Hoseini S. S., Najafi G., Ghobadian B., Ebadi M. T., Mamat R., Yusaf T. Biodiesels from three feedstock: The effect of graphene oxide (GO) nanoparticles diesel engine parameters fuelled with biodiesel *Renewable Energy*. 2020. No. 145. P. 190–201. DOI: 10.1016/j.renene.2019.06.020.
11. Турина Е. Л., Ростова Е. Н. Возможность возделывания масличных культур семейства Brassicaceae в Крыму для использования в качестве возобновляемых источников энергии // *Сборник*

трудов Международной конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019». Севастополь. ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 2019. С. 1642–1646.

12. Турина Е. Л. Значение и культивирование *Camelina* sp. в различных регионах мира (обзор) // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 3 (19). С. 133–151. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-133-151.

13. Виноградов Д. В., Мажайский Ю. А., Евтишина Е. В., Лупова Е. И. Приемы повышения продуктивности рыжика посевного (*Camelina sativa* (L.) Crantz) в условиях нечерноземной зоны России // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 4. С. 18–21. DOI: 10.31857/S2500-26272019418-21.

14. Jouzani G. S., Sharafi R., Soheilvand S. Fueling the future; plant genetic engineering for sustainable biodiesel production // Biofuel Research Journal. 2018. Vol. 5. No. 10. P. 829–845. DOI: 10.18331/BRJ2018.5.3.3.

15. Yara-Varón E., Li Y., Balcells M., Canela-Garayoa R., Fabiano-Tixier A., Chemat F. Vegetable oils as alternative solvents for green oleo-extraction, purification and formulation of Food and Natural Products // Molecules. 2017. Vol. 22(9). DOI: 10.3390/molecules22091474.

16. Кирейчев В. В. Продуктивность озимого и ярового рыжика в зависимости от основных элементов технологии возделывания на черноземах Саратовского Правобережья: Автореф. дисс. канд. с.-х. н. Саратов: СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2007. 21 с.

17. Прахова Т. Я., Смирнов А. А., Прахов В. А., Турина Е. Л., Кулинич Р. А. Продуктивность рыжика озимого в зависимости от сроков сева в разных климатических регионах // Труды Кубанского Государственного аграрного университета. 2017. № 66. С. 203–207. DOI: 10.21515/1999-1703-66-203-207.

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

References

1. Araujo B. R., Romao L. P. C., Doumer M. E., Mangrich A. S. Evaluation of the interactions between chitosan and humics in media for the controlled release of nitrogen fertilizer // Journal of Environmental Management. 2017. Vol. 190. P. 122–131. DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.12.059.

2. Lukomets V. M., Zelentsov S. V., Krivoshlykov K. M. Outlook and reserves the expansion oil crops production in the Russian Federation // Oil Crops. Scientific and technical bulletin of All-Russia Research Institute of Oil Crops by the name of Pustovoi V. S. 2015. Iss. 4 (164). P. 81–102.

3. Nizova G. K., Kalugina A. F. Comparative characteristics of camelina in quantity and quality of oil // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 1999. Vol. 156. P. 116.

4. Filatova O. I., Lupova Ye. I., Vinogradov D. V. Oilseeds in the Ryazan region // Proceedings of Conference “Integration of scientific research in solving regional nature and environment-related issues, topical issues of production, storage and processing of agricultural products”. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, 2018. P. 104–108.

5. Vinogradov D. V., Kuntsevich A. A., Polyakov A. V. Fatty-acid composition of oil flax seed (‘Sanlin’ kind) // International Technical and Economic Journal. 2012. No. 3. P. 71–75.

6. Ermakov A. I., Arasimovich N. P., Yarosh V. V. Methods of biochemical research of plants. Leningrad: Agropromizdat, 1987. 430 p.

7. Prakhova T. Ya., Prakhov V. A., Danilov M. V. Changes in the fat-acidic composition of *Camelina sativa* oilseeds depending on hydrothermal conditions // Russian Agricultural Sciences. 2018. Vol. 44. No. 3. P. 221–223. DOI: 10.3103/S1068367418030126.

8. Mohammad B. T., Al-Shannag M., Alnaief M., Singh L., Singaas E., Alkasrawi M. Production of multiple biofuels from whole *Camelina* material: a renewable energy crop // BioResources. 2018. Vol. 13. No. 3. P. 4870–4883. DOI: 10.15376/biores.13.3.4870-4883.

9. Ukhanova Yu. V., Voskresenskiy A. A., Ukhanov A. P. Comparative evaluation of the properties of vegetable oils used as bio additives to petroleum diesel fuel // Volga Region Farmland. 2017. No. 2 (43). P. 98–105.

10. Hoseini S. S., Najafi G., Ghobadian B., Ebadi M. T., Mamat R., Yusaf T. Biodiesels from three feedstock: the effect of graphene oxide (GO) nanoparticles diesel engine parameters fuelled with biodiesel // Renewable Energy. 2020. No. 145. P. 190–201. DOI: 10.1016/j.renene.2019.06.020.

11. Turina E. L., Rostova E. N. Possibility of cultivation oil crops in the family Brassicaceae in the Crimea as a source of the renewable energy // Collection of articles on the materials of the international scientific and practical conference “Environmental, Industrial and Energy Security - 2019”. Sevastopol, Sevastopol State University (SevSU). 2019. P. 1642–1646.

12. Turina E. L. Cultivation and practical importance of *Camelina* sp. around the world (review) // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2019. No. 3 (19). P. 133–151. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-133-151.

13. Vinogradov D. V., Mazhaysky Yu. A., Evtishina E. V., Lupova E. I. Methods of increasing of false flax productivity (*Camelina sativa* (L.) Crantz) in the conditions of the Non-black soil region of Russia // Rossiiskaia selskokhoziaistvennaia nauka. 2019. No. 4. P. 18–21. DOI: 10.31857/S2500-26272019418-21.
14. Jozani G. S., Sharafi R., Soheilvand S. Fueling the future; plant genetic engineering for sustainable biodiesel production // Biofuel Research Journal. 2018. Vol. 5. No. 10. P. 829–845. DOI: 10.18331/BRJ2018.5.3.3.
15. Yara-Varón E., Li Y., Balcells M., Canela-Garayoa R., Fabiano-Tixier A., Chemat F. Vegetable oils as alternative solvents for green oleo-extraction, purification and formulation of food and natural products // Molecules. 2017. Vol. 22 (9). DOI: 10.3390/molecules22091474. [Electronic resource]. Access point: <https://www.mdpi.com/1420-3049/22/9/1474/html> (reference's date 22.09.2020).
16. Kireychev V. V. Productivity of winter and spring camelina depending on the main elements of cultivation technology on chernozems of the Saratov Right Bank zone: Authors' abstract ... Cand. Sc. (Agr.) Saratov: Saratov State Vavilov Agrarian University, 2007. 21 p.
17. Prakhova T. Ya., Smirnov A. A., Prakhov V. A., Turina E. L., Kulinich R. A. Productivity of winter ginger depending on the time of sowing in different climatic regions // Proceedings of the Kuban State agrarian University. 2017. No. 66. P. 203-207. DOI: 10.215/1999-1703-66-203-207.
18. Dospikhov B. A. Methods of the field research with the basics of statistical processing of research results. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

UDC 633.85:631.526.32

Prakhova T. Ya., Turina E. L., Prakhov V. A.

FATTY-ACID COMPOSITION OF WINTER CAMELINA DEPENDING ON THE REGION OF CULTIVATION

Summary. *Camelina sylvestris* (L.) Crantz. is a valuable oilseed known due to the vegetable oil used in human nutrition and industrial production. The current research is aimed to assess the content of fatty acids in *Camelina sylvestris* oilseeds depending on the hydrothermal cultivation conditions. Seeds of winter camelina variety 'Penzyak' grown in the Penza region and steppe Crimea in 2017–2019 served as the object of the research. In 2017, arid conditions were recorded in the Crimea, Selyaninov Hydrothermal Coefficient (HTC) = 0.61. In the Penza region, on the contrary, the level of moisture in 2017 was moderate, HTC = 1.10. Weather conditions in 2019 were characterized as arid in both regions; HTC was 0.63 and 0.60. In 2018, in the Crimea and Penza, HTC was 0.23 and 0.45, respectively. The soils of the experimental plots – chernozems leached (Penza) and southern low-humic (Crimea). Fatty acid methyl esters were isolated and analyzed according to GOST R 51 486–99. The concentration of oleic and linoleic acids increased in seeds grown in the Crimea and amounted to 15.50–18.56 % and 18.08–19.58 %. In the colder region (Penza), the content of these acids decreased to 11.90–14.82 and 16.12–17.10 %, respectively. The highest content of linolenic acid was in oilseeds from the Penza region and amounted to 36.80–38.50 %, which was 4.94–6.40 % higher than the content of linolenic acid in oilseeds from the Crimea. The content of erucic acid in the *Camelina sylvestris* (L.) Crantz. from both regions was 2.81–2.94 %. The coefficient of variation of this acid was 1.59 %. Linolenic and oleic acids are the most susceptible to changes in cultivation conditions, coefficient of variation – 10.08 and 16.32 %, respectively. The total content of polyunsaturated fatty acids was high and averaged 52.4–54.6 %. The highest concentration was noted in oilseeds from Penza, which exceeded that of from the Crimea by 2.2 %. The content of ω -9 fatty acids ranged from 33.7 % (Penza) to 35.9 % (Crimea) and was characterized by a low coefficient of variation – 4.14 %. The range of variation of ω -3 and ω -6 acid, on average, was 6.32–7.81 %. Their content was 31.5 and 20.9 % in oilseeds from the Crimea and 35.5 and 19.1 % in oilseeds from Penza. The ratio between omega-6 and omega-3 acids is 1.8:1.

Keywords: winter camelina (*Camelina sylvestris* (L.) Crantz.), fatty-acid composition, region of cultivation, linolenic acid, linoleic acid, erucic acid, oleic acid.

Прахова Татьяна Яковлевна, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»; 442731, Россия, Пензенская область, п. Лунино, ул. Мичурина, 1б; e-mail: prakhova.tanyaf@yandex.ru.

Турина Елена Леонидовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории исследования технологических приемов в животноводстве и растениеводстве ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: schigortsovaelena@rambler.ru.

Прахов Владимир Александрович, инженер-исследователь 1 категории лаборатории селекционных технологий, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»; 442731, Россия, Пензенская область, п. Лунино, ул. Мичурина, 1 б; e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru.

Prakhova Tatyana Yakovlevna, Dr. Sc. (Agr.), chief researcher of the Laboratory of breeding technologies, FSBSI “Federal Research Center of Fibre Crops”; 1b, Michurina str., vill. Lunino, Penza district, 442731, Russia; e-mail: pakhova.tanya@yandex.ru.

Turina Elena Leonidovna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher, leading researcher of the Laboratory of technological methods in animal husbandry and crop production research, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia; e-mail: schigortsovaelena@rambler.ru.

Prakhov Vladimir Aleksandrovich, engineer-researcher of the 1st category of the Laboratory of breeding technologies, FSBSI “Federal Research Center of Fibre Crops”; 1b, Michurina str., vill. Lunino, Penza district, 442731, Russia; e-mail: pakhova.tanya@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 25.09.2020.

Дата принятия к печати – 21.10.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-161-170

УДК 631.874:633.11:631.452

Приходько А. В., Караева Н. В., Зубоченко А. А.

**СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ
В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОГО КРЫМА**

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. Сидерация – прием обогащения почвы органическим веществом, повышения её биологической активности, улучшения агрохимических и агрофизических свойств. Цель исследований – определить влияние способов использования зеленой массы озимой тритикале (*Triticale aestivum*forme) сорта Аллегро в качестве удобрения на показатели плодородия почвы перед посевом озимой пшеницы в условиях степного Крыма. Исследования проводили в 2015–2018 гг. на черноземе южном карбонатном слабогумусном. Изучали три способа сидерации: дискование в фазе выход в трубку; дискование и запахивание в фазе начало колошения. Контроль – использование биомассы тритикале на корм (дискование стерни). Установлено, что наиболее благоприятные условия для получения всходов озимой пшеницы создаются после сидерации тритикале озимой в фазе выход в трубку. При этой фазе использования растения во время вегетации экономнее расходуют влагу и элементы питания, активнее происходит минерализация органического вещества после сидерации. Этот способ обеспечил содержание нитратного азота в корнеобитаемом слое почвы перед посевом озимой пшеницы 2,01 мг/100 г, превысив показатели относительно других способов использования до 40 %. Сидерация тритикале в фазе начало колошения увеличивает поступление в почву органического вещества в 2,5–2,6 раза относительно фазы выход в трубку и в 3,9–4,0 раза – использования на корм. Эффект от этого агротехнического приема в полной мере проявится в последующие годы пользования после завершения минерализации органического вещества. Использование зеленой массы на корм обеспечило наименьшее поступление в почву органического вещества – 2,11 т/га, снизило перед посевом озимой пшеницы содержание в слое почвы 0–30 см нитратного азота до 1,37, доступного растениям фосфора – до 2,12 мг/100 г почвы, увеличило производственные затраты на заделку в почву 1 т органического вещества в 5,3–5,6 раз относительно сидерации зеленой массы.

Ключевые слова: тритикале озимая (*Triticale aestivum*forme), почва, сидерат, плодородие, органическое вещество, азот.

Введение

Современные мировые тенденции развития земледелия направлены на решение проблем повышения плодородия почвы, предотвращения деградации земель, снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду, производство экологически чистой продукции. Все более широкое применение находят агротехнические приемы, ориентированные на минимизацию или полный отказ от обработки почвы, расширение в севооборотах посевов многолетних трав и зернобобовых культур, использование в качестве удобрений сидератов, соломы и послеуборочных растительных остатков [1–5].

Повышение уровня плодородия земель, оптимизация водного, воздушного и теплового режимов почвы, улучшение условий питания растений и активизация биохимических и физиологических процессов в значительной степени определяется содержанием в почве органического вещества – гумуса. После резкого снижения поголовья животных в большинстве регионов России основным источником

образования в почве гумуса стали остатки растений, а одним из наиболее эффективных приемов поддержания плодородия почвы может служить сидерация – выращивание растений, способных быстро формировать зеленую массу для заделки в почву в качестве источника органического вещества и азота для культурных растений и почвенных микроорганизмов. По данным многочисленных исследований, в различных почвенно-климатических условиях применение сидератов способствует повышению биологической активности почвы, обогащению её органическим веществом и элементами питания, улучшению агрофизических свойств и структуры почвы [6–9].

В регионах с засушливым климатом, к которым относится и степной Крым, использование растений в качестве зеленого удобрения имеет свои особенности, обусловленные высоким температурным режимом и дефицитом атмосферных осадков. В таких условиях продуктивность сидеральных культур нестабильна, а процесс разложения растительных остатков протекает медленно [10]. Очень важно, чтобы после использования сидератов почва не только обогащалась органическим веществом, но и сохранила доступные растениям элементы питания и продуктивную влагу в количестве необходимом для получения всходов и вегетации озимых культур. Эффективность сидеральных паров в засушливых регионах зависит от видового состава сидератов, сроков и способов их использования, агрометеорологических условий [11–13]. В условиях степного Крыма способы использования сидеральных культур ранее не изучали.

Цель исследований – установление влияния различных способов использования сидеральной культуры озимой тритикале на показатели плодородия почвы перед посевом озимой пшеницы в условиях степного Крыма.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2015–2018 гг. в стационарном опыте на черноземе южном карбонатном слабогумусном, с мощностью гумусового горизонта не более 40 см. Средневзвешенное содержание в пахотном слое почвы: гумуса – 2,35 % (ГОСТ 26213-91), подвижных форм фосфора – 4,4, калия – 39,1 мг/100 г почвы (ГОСТ 26205-91). Средневзвешенный показатель рН – 7,6 (ГОСТ 26423-85). Место проведения исследований – Красногвардейский район Республики Крым характеризуется полусухим климатом, со значительными колебаниями термического режима, при среднегодовой температуре воздуха 10,2 °С и сумме атмосферных осадков 428 мм. В период проведения исследований погодные условия по годам отличались как по количеству, так и по характеру распределения осадков (рисунок 1).

Наиболее благоприятные условия увлажнения для формирования полноценных всходов и развития растений озимых культур в начальный период вегетации сложились осенью 2015 г., когда в октябре–декабре выпало 89 мм осадков. В 2016 г. атмосферные осадки составили 691 мм, превысив среднемноголетние показатели на 61 %. Наибольшее их количество отмечено в мае (76 мм), июне (210 мм) и сентябре (85 мм). Условия 2017 г. были экстремально засушливыми – 288 мм (67 % от нормы). В 2018 г. выпало 553 мм (129 % от среднемноголетних показателей), из них – 137 мм в июле и 89 мм – в сентябре. Среднегодовая температура воздуха ежегодно превышала многолетние показатели: в 2016 г. – 11,8 °С, в 2017 – 12,7 °С и в 2018 – 12,5 °С.

В исследованиях использовали зональную технологию выращивания озимых зерновых культур. Посев проводили в третьей декаде октября с нормой высева 3,5 млн шт. всхожих семян на гектар. Размещение вариантов – систематическое со смещением, повторность – трехкратная. Площадь делянок – 720 м².

Объект исследований: различные способы использования биомассы растений озимой тритикале (*Triticale aestivumforme*) сорта Аллегро. Классическое использование сидератов предусматривает запахивание надземной массы в период максимального накопления в растениях легкодоступных органических соединений, быстро минерализующихся в результате жизнедеятельности почвенных микроорганизмов [14]. Для злаковых культур такой фазой развития является начало колошения. Однако в исследованиях Цандура Н. А., Друзьяка В. В. и Бурькиной С. И. [13], проведенных в условиях засушливого климата степи Украины, обоснована целесообразность не запахивать надземную массу сидеральной культуры, а измельчать и перемешивать с верхним слоем почвы дисковыми орудиями. При данном способе сидерации на поверхности поля образуется мульча сидеральной культуры, защищающая пашню от дефляции и потерь влаги, что обеспечивает получение дружных всходов озимой пшеницы, как и по черному пару.

В условиях предгорной зоны Крыма (ООО «Антей», Симферопольский район) положительный результат получен при сидерации озимой ржи в раннюю фазу развития – выход в трубку. За период применения таких сидератов в агропредприятии повысился уровень плодородия почвы, увеличилась урожайность зерновых и зернобобовых культур более чем в два раза, хозяйство отказалось от применения минеральных удобрений [15].

В наших исследованиях в первом варианте опыта заделку растений в почву проводили дисковыми боронами в два следа на глубину 5–6 см при высоте растений 50–60 см в фазе развития выход в трубку. В остальных – биомассу тритикале использовали при достижении фазы начало колошения. Во втором варианте зеленую массу скашивали и вывозили из поля для использования на корм, а стерню с корневыми остатками заделывали в почву дисковыми боронами на глубину 5–6 см. В 3 и 4 вариантах зеленую массу измельчали, равномерно разбрасывали на опытных делянках кормоуборочным комбайном «Рось-2» в агрегате с трактором «МТЗ-82» и заделывали в почву тяжелой дисковой бороной: в варианте 3 – в два следа на глубину 10–15 см, в варианте 4 – в один след с последующим запахиванием на глубину 16–20 см. До посева озимой пшеницы во всех вариантах провели дискование на глубину 5–6 см и обработки паровым культиватором: две на 6–8 и две – на 5–6 см.

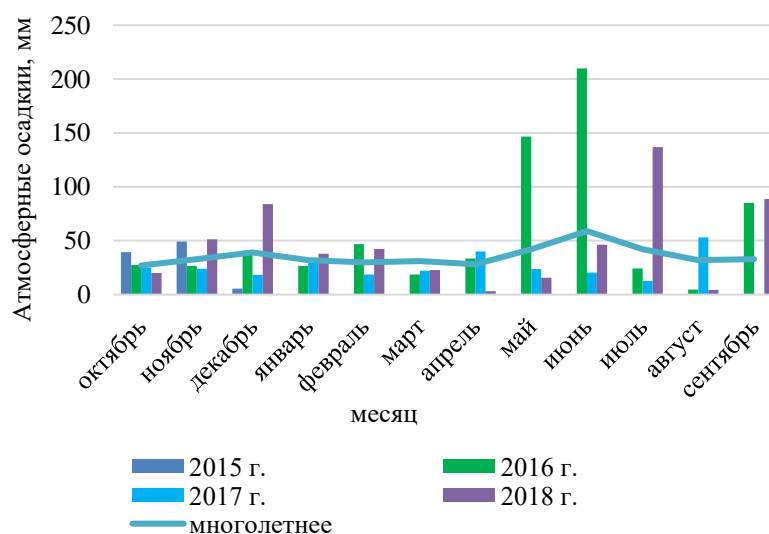


Рисунок 1 – Распределение атмосферных осадков во время проведения исследований

Наблюдения и учеты проводили согласно методике полевого опыта Доспехова Б. А. [16]. Содержание органического вещества в сухом веществе биомассы тритикале перед её заделкой определяли по ГОСТ 26226-95. Содержание в почве перед посевом озимой пшеницы нитратного азота определяли ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86), подвижных соединений фосфора и калия – методом Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91), плотность почвы – методом Качинского [17]. Результаты исследований обрабатывали методом дисперсионного анализа с помощью Excel.

Результаты и их обсуждение

Растения тритикале использовали в качестве органического удобрения при достижении двух фаз развития: выход в трубку при высоте растений 50–60 см и начало колошения. В 2016 г. при благоприятном режиме увлажнения в осенне-зимний период растения достигли первой из них 15 апреля, а промежуток до начала второй составил 21 день. За межфазный период масса сухого вещества одного растения тритикале увеличилась с 2,8 до 9,6 г. В 2017 и 2018 гг. растения достигли первой фазы соответственно четвертого и третьего марта, а межфазный период был на 8–10 дней короче относительно первого года исследований. В 2017 г. отмечено увеличение средней массы сухого вещества одного растения за межфазный период от 2,5 до 4,7 г, а в 2018 – от 1,5 до 2,0 г.

За период от первой до второй фазы использования тритикале в качестве удобрения растения тритикале активно поглощали влагу, снижая ее запасы почве. В 2017 г. в метровом слое они сократились от 66,4 до 37,0 мм, в 2018 г. – с 18,5 до 10,1 мм. И только в 2016 г. после выпадения в межфазный период осадков влагозапасы увеличились на 27,5 мм.

Изменился за межфазный период и химический состав растений тритикале. В частности отмечали тенденцию увеличения в сухом веществе массовой доли органических веществ. В среднем за годы исследований к наступлению колошения его содержание относительно фазы выход в трубку возросло с 90,6 до 91,8 %.

При использовании травостоя тритикале высотой 50–60 см урожайность зеленой массы в 2016 и 2017 гг. была на одном уровне – 16,7 и 16,0 т/га, почти в два раза превысив показатель аномально засушливого 2018 г. (таблица 1). Однако травостой последнего года исследований обеспечил более высокий сбор сухого вещества – 3,18 т/га, превысив показатели предыдущих лет на 10,7 и 4,7 %.

Таблица 1 – Урожайность биомассы в агроценозах тритикале при различных способах использования в качестве органического удобрения, т/га

Вариант	Зеленая масса				Сухое вещество			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	среднее	2016 г.	2017 г.	2018 г.	среднее
1	16,7	16,0	8,8	13,8	2,84	3,03	3,18	3,02
2	44,3	26,7	10,3	27,1	10,85	5,68	3,94	6,82
3	42,8	25,8	10,5	26,4	10,48	5,49	4,01	6,66
4	41,9	27,6	11,6	27,0	10,27	5,87	4,41	6,85
НСР ₀₅	9,39	0,96	1,35		2,39	0,09	0,72	

Продолжительный период вегетации при благоприятных условиях увлажнения 2016 г. способствовал формированию высокопродуктивного фитоценоза тритикале в фазе начало колошения – 41,9–44,3 т/га зеленой массы, при сборе сухого вещества – 10,27–10,85 т/га. В 2017 г. урожайность зеленой массы составила 25,8–27,6 т/га (сбор сухого вещества 5,49–5,87 т/га), а в экстремально засушливом 2018 г. – 10,3–11,6 т/га, что 2,4–2,6 раза меньше предыдущего года. Однако по сбору сухого вещества (3,94–4,41 т/га) биоценоз тритикале последнего года исследований снизил продуктивность

относительно предшествующего года только в 1,3–1,4 раза. В среднем при первом сроке использования растений тритикале урожайность зеленой массы составила 13,8 т/га, что в 1,9–2,0 раза ниже относительно фазы начало колошения, а выход сухого вещества – 3,02 т/га, что показывает снижение – в 2,2–2,3 раза.

Расчеты поступления в почву органического вещества растений тритикале при изучаемых способах использования биомассы свидетельствуют о том, что наименьшее их количество поступало в почву при использовании растений в более раннюю фазу развития (выход в трубку) – 3,34 т/га и при использовании зеленой массы в фазе начало колошения на корм, когда заделывали в почву только остатки стерни и корневую систему растений – 2,11 т/га. Эти показатели в 2,5–2,6 и 3,9–4,0 раза меньше, чем при сидерации всей вегетативной массы растений, сформированной во вторую фазу использования – 8,25–8,52 т/га.

В условиях, когда влагообеспеченность растений является основным лимитирующим фактором получения урожая, кроме количества, поступившего в почву органического вещества, не менее весомым показателем плодородия является наличие продуктивной влаги. Оптимальным количеством доступной влаги перед посевом озимых культур считается ее содержание около 20 мм в пахотном слое почвы. В степной зоне Крыма запасы продуктивной влаги перед посевом озимых культур в этом слое определяются осадками предпосевного периода и составляют в среднем 14,6 мм [18]. В наших исследованиях (таблица 2), в условиях 2016 и 2018 гг., когда в сентябре выпало соответственно 85 и 89 мм осадков, запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы были удовлетворительными (соответственно 13,8–20,5 и 13,3–15,5 мм), а в 2017 г. – минимальными (4,2–5,1 мм).

Таблица 2 – Запасы продуктивной влаги в почве перед посевом пшеницы озимой

Вариант	2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	0–20 см	0–100 см	0–20 см	0–100 см	0–20 см	0–100 см
1	18,9	99,4	5,1	41,5	14,4	41,9
2	20,5	100,1	4,4	36,5	13,3	55,8
3	17,9	90,6	4,2	25,2	15,5	78,8
4	13,8	80,1	4,2	26,1	13,7	64,4
НСР ₀₅	3,5	11,7	1,4	2,0	1,3	18,6

Запасы влаги в метровом слое, кроме атмосферных осадков, в значительной степени зависят еще от предшественников, глубины и способов обработки почвы [16]. На протяжении двух первых лет исследований более высокие запасы влаги в этом горизонте сохранилась при заделке биомассы тритикале на глубину 5–6 см: в 2016 г. – 99,4–100,1, в 2017 – 36,5–41,5 мм, превысив соответственно на 8,8–20,0 и 10,4–16,3 мм влагозапасы относительно более глубоких заделок. В 2018 г. (при минимальном содержании влаги перед заделкой в почву биомассы тритикале – 10,0–18,5 мм), интенсивные осадки июля и сентября лучше аккумулировались в почве при обработке на 10–15 и 16–20 см. Перед посевом озимой пшеницы они составили: после запахивания – 64,4 мм, а после заделки биомассы дисковой бороной – 78,8 мм, превысив влагозапасы на 23,0–36,9 мм относительно заделки на 5–6 см.

Плотность почвы в верхнем слое (0–10 см) перед посевом озимой пшеницы изменялась в пределах 1,02–1,08 г/см³ (таблица 3), то есть она была оптимальной для получения всходов и развития растений на начальных этапах при всех изучаемых нами способах использования тритикале.

Более глубокие корнеобитаемые слои характеризовались повышенной плотностью. При заделке биомассы тритикале на 5–6 см плотность слоя почвы 10–20 см увеличилась до 1,41–1,44 г/см³, что на 0,03–0,14 г/см³ больше относительно

показателей после заделки биомассы сидератов на 10–15 и 16–20 см. Более глубокая заделка способствовала переуплотнению слоя почвы 20–30 см – до 1,52 г/см³ после запахивания на 16–20 см и 1,56 г/см³ – после заделки дисковыми боронами на 10–15 см, что на 0,04–0,10 г/см³ выше относительно заделки на 5–6 см.

Таблица 3 – Плотность и химический состав почвы перед посевом пшеницы озимой (среднее за 2016–2018 гг.)

Вариант	Показатель	Единица измерения	Слой почвы, см			
			0–10	10–20	20–30	0–30
1	плотность почвы	г/см ³	1,05	1,44	1,46	1,32
	N-NO ₃	мг/100 г почвы	3,08	1,83	1,12	2,01
	P ₂ O ₅	мг/100 г почвы	2,31	2,08	3,54	2,65
	K ₂ O	мг/100 г почвы	37,6	25,6	17,8	27,0
2	плотность почвы	г/см ³	1,02	1,41	1,48	1,30
	N-NO ₃	мг/100 г почвы	1,82	1,29	1,02	1,37
	P ₂ O ₅	мг/100 г почвы	2,66	2,11	1,60	2,12
	K ₂ O	мг/100 г почвы	37,2	27,0	22,9	29,0
3	плотность почвы	г/см ³	1,08	1,38	1,56	1,34
	N-NO ₃	мг/100 г почвы	1,31	1,15	1,16	1,21
	P ₂ O ₅	мг/100 г почвы	3,12	2,53	2,44	2,70
	K ₂ O	мг/100 г почвы	36,3	29,2	23,7	29,7
4	плотность почвы	г/см ³	1,05	1,30	1,52	1,29
	N-NO ₃	мг/100 г почвы	1,97	1,69	1,11	1,59
	P ₂ O ₅	мг/100 г почвы	2,87	3,20	2,10	2,72
	K ₂ O	мг/100 г почвы	37,6	30,0	19,2	28,9

Минерализация органического вещества сидеральных культур осуществляется на протяжении 1,5–2,0 лет. Более высокая активность протекания этого процесса наблюдается при достаточном увлажнении и оптимальных для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов температурах. На скорость этого процесса влияет и химический состав биомассы сидератов [14]. В наших исследованиях минерализация органического вещества интенсивнее проходила после сидерации в фазе выход в трубку, когда были более благоприятные гидротермические условия, а органические соединения биомассы тритикале при данной, более ранней, фазе развития находились в доступной для микроорганизмов форме. Это отразилось на химическом составе почвы перед посевом пшеницы.

Более высокое содержание доступного растениям нитратного азота отмечали в слое почвы 0–10 см при всех изучаемых способах использования тритикале – 1,31–3,08 мг/100 г почвы. Это обусловлено лучшей аэрацией и более активным прохождением процессов минерализации органического вещества в верхнем слое почвы. С увеличением глубины данный показатель снижается: в слое почвы 10–20 см – до 1,15–1,83, 20–30 см – до 1,02–1,16 мг/100 г почвы.

В корнеобитаемом слое (0–30 см) более высокое содержание азота обеспечила мелкая заделка растений тритикале в ранней фазе развития выход в трубку – 2,01 мг/100 г почвы. При запашке измельченных растений на 16–20 см этот показатель снизился до 1,59, а самое низкое содержание азота – 1,21–1,37 мг/100 г почвы отмечено при использовании тритикале на корм и заделке на 10–15 см измельченной биомассы в фазе начало колошения растений

Содержание доступных форм фосфора в слое почвы 0–30 см в большинстве вариантов изменялось от 2,65 до 2,72 мг/100 г почвы и только при использовании зеленой массы тритикале на корм его количество снизилось до 2,12 мг/100 г почвы. Содержание калия в этом слое во всех вариантах опыта было на уровне 27,0–

29,7 мг/100 г почвы, что является достаточным для нормального роста и развития растений.

Производственные затраты, связанные с различными способами использования зеленой массы тритикале в качестве органического удобрения, существенно различаются (таблица 4).

Таблица 4 – Производственные затраты при различных способах использования растений тритикале озимой в качестве удобрения (среднее за 2016–2018 гг.)

Вариант опыта	Статья затрат, р./га					Затраты на внесение 1 т органического вещества, р.
	оплата труда	стоимость ГСМ*	стоимость семян	производственные расходы	общие затраты	
1	777	2615	2210	560	6162	1845
2	1897	4685	2210	879	9672	4583
3	972	2968	2210	615	6765	820
4	1068	3474	2210	675	7427	871

Примечание. * Горюче-смазочные материалы.

Наименьшие затраты на выращивание и заделку биомассы в почву отмечаются при использовании растений тритикале в более раннюю фазу вегетации – выход в трубку – 6163 р./га. При достижении фазы максимального накопления питательных веществ – начало колошения, производственные затраты увеличиваются в связи с необходимостью выполнения дополнительных работ по скашиванию зеленой массы и ее использованием: при заделке дисковыми боронами на 10–15 см – 6765 р./га (превышение на 603 р.), при запахивании на 16–20 см – до 7427 р./га (на 1265 р.), а при использовании на зеленый корм, когда всю зеленую массу вывозят на территорию фермы для кормления животных – до 9672 р./га (превышение 3509 р.). Этот вариант характеризуется и наивысшими затратами на заделку в почву 1 т органического вещества – 4583 р./т, что в 5,3–5,6 больше, чем при использовании зеленой массы в этой же фазе развития в качестве сидератов. Минимальные затраты на тонну внесенного в почву органического вещества – при скашивании и заделке дисковыми боронами на 10–15 см в фазе начало колошения – 820 р.

Выводы

В степном Крыму более благоприятные условия для получения всходов озимой пшеницы создаются после сидерации тритикале озимой в фазе выход в трубку. При данной фазе использования растения во время вегетации экономнее расходуют влагу и элементы питания, активнее происходит минерализация органического вещества в почве после сидерации. Этот способ использования обеспечил наивысшее содержание в корнеобитаемом слое нитратного азота перед посевом озимой пшеницы – 2,01 мг/100 г почвы, превысив показатели относительно фазы начало колошения до 40 %.

Сидерация тритикале во второй фазе использования увеличивает поступление в почву органического вещества в 2,5–2,6 раза относительно фазы выход в трубку и в 3,9–4,0 раза – использования на корм. Эффект от этого агротехнического приема в полной мере проявится после завершения минерализации органического вещества.

Использование зеленой массы на корм является наименее приемлемым способом для сохранения плодородия почвы, поскольку обеспечивает наименьшее поступление в почву органического вещества – 2,11 т/га, снижает содержание нитратного азота до 1,37 и доступного фосфора – до 2,12 мг/100 г почвы перед посевом озимой пшеницы, увеличивает производственные затраты на заделку в почву 1 т органического вещества в 5,3–5,6 раз относительно сидерации зеленой массы.

Литература

1. Файзуллин И. И., Набиуллин Р. З., Ахметзянов М. Р. Биологизация земледелия – основа высокопродуктивного хозяйства // Вестник Казанского ГАУ. 2011. № 1 (19). С. 153–156.
2. 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.
3. 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.
4. Thomas C., 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-Basel. 2019. Vol. 9. Iss. 12. Article number: 776. DOI: 10.3390/agronomy9120776.
5. Чекмарев П. А., Лукин С. В. Система удобрений в условиях биологизации земледелия // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 12. С. 10–12.
6. Cerbari V., Cojocaru O. Evaluation of quality amendments in ordinary chernozem after incorporation in the soil a harvest of intermediate culture the vetch as a green mass // Scientific papers. UASVM of Bucharest. Series “Agronomy”. 2019. Vol. 62. Iss. 1. P. 13–18.
7. 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 Loess 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.
8. Киреев А. К., Жусупбеков Е. К., Тыныбаев Н. К. Сидераты – малозатратный прием повышения плодородия почвы и урожайности культур на богарных землях юго-востока Казахстана // Агронабформ. 2018. № 8 (164). С. 60–62.
9. Новиков А. И., Лопачев Н. А., Панова А. Н. Роль сидератов в воспроизводстве почв Верхневолжья. // Вестник ОрелГАУ. 2011. № 4 (31). С. 10–11.
10. 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. Article number: 107799. DOI: 10.1016/j.soilbio.2020.107799.
11. 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.
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. Цандур Н. А., Друзьяк В. В., Бурыкина С. И. Сидеральные пары Степи Украины // Почвоведение и агрохимия. 2011. № 1 (46). С. 37–46.
14. Морковкин Г. Г., Дёмина И. В. Интенсивность минерализации сидератов и изменение содержания гумуса в черноземах выщелоченных умеренно засушливой и колочной степи Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2009. № 1 (51). С. 12–16.
15. Приходько А. В., Сусский А. Н., Муравейник Л. С. Влияние способов использования тритикале озимой в качестве сидеральной культуры на физико-химические показатели почвы // Сборник статей II Международной научно-практической интернет-конференции «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования». с. Соленое Займище: ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия», 2017. С. 963–967.
16. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
17. Качинский Н. А. Физика почвы. Часть 1. М.: Высшая школа, 1965. 257 с.
18. Паштецкий В. С., Радченко Л. А., Женченко К. Г. Зернопропашные севообороты для условий Крыма // Таврический вестник аграрной науки. № 4 (12). 2017. С. 90–97.

References

1. Faizullin I. I., Nabiullin R. Z., Akhmetzyanov M. R. Agriculture biologization – the basis of highly productive agriculture // Vestnik of the Kazan State Agrarian University. 2011. No. 1 (19). P. 153–156.
2. 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.
3. 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.

4. Thomas C., Acquah G. E., Whitmore A. P., McGrath S. P., Haeefe S. M. The effect of different organic fertilizers on yield and soil and crop nutrient concentrations // *Agronomy-Basel*. 2019. Vol. 9. Iss. 12. Article number: 776. DOI: 10.3390/agronomy9120776.
5. Chekmarev P. A., Lukin S. V. Fertilizer system under condition of agriculture biologization // *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2012. No.12. P. 10–12.
6. Cerbari V., Cojocaru O. Evaluation of quality amendments in ordinary chernozem after incorporation in the soil a harvest of intermediate culture the vetch as a green mass // *Scientific papers. UASVM of Bucharest. Series "Agronomy"*. 2019. Vol. 62. Iss. 1. P. 13–18.
7. 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 Loess 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.
8. Kireev A. K., Zhushupbekov E. K., Tynybaev N. K. Green manure as a low-cost method of increasing soil fertility and crop yields on rainfed lands of southeast Kazakhstan // *Agrosnabforum*. 2018. No. 8 (164). P. 60–62.
9. Novikov A. I., Lopachev N. A., Panova A. N. The role of green manure in the reproduction of soils in the Upper Volga region // *Vestnik OrelGAU*. 2011. No. 4 (31). P. 10–11.
10. 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. Article number: 107799. DOI: 10.1016/j.soilbio.2020.107799.
11. Pashtetskiy V. S., Prikhodko A. V. The use of green manure crops to recover soil fertility under the conditions of Crimean steppes // *Transactions of Taurida Agricultural Science*. 2019. No. 5 (79). P. 44–46.
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. 3 (45) Part. 3. P. 125–126. DOI: 10.18454/IRJ.2016.45.170.
13. Tsandur N. A., Druzyak V. V., Burykina S. I. Green steam in the steppe of the Ukraine // *Pochvovedeniye i agrokhimiya*. 2011. No. 1(46). P. 37–46.
14. Morkovkin G. G., Dyomina I. V. Intensity of mineralization of green manure and change in the humus content in leached chernozems of moderately arid steppe and that of with kolkis at the Altai Territory // *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2009. No. 1 (51). P. 12–16.
15. Prikhodko A. V., Susskiy A. N., Muraveinik L. S. Ways to use winter triticale as a green manure; influence of these methods on the physicochemical parameters of the soil // *Collection of articles of the II International Scientific and Practical Internet Conference "Modern ecological state of the natural environment and scientific-practical aspects of rational nature management"*. Village Solenoye Zaymishche: FSBSI "Caspian Research Institute of Arid Agriculture" (PNIAZ), 2017. P. 963–967.
16. Dospikhov B. A. *Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results)*. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
17. Kachinsky N. A. *Soil Physics. Part.1*. Moscow: Vysshaya shkola, 1965. 257 p.
18. Pashtetskiy V. S., Radchenko L. A., Zhenchenko K. G. Grain cultivated and fallow row-crop rotations for the conditions of the Crimea // *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2017. No. 4(12). P. 90–97.

UDC 631.874:633.11:631.452

Prikhodko A. V., Karaeva N. V., Zubochenko A. A.

WAYS TO USE GREEN MASS OF WINTER TRITICALE AS FERTILIZER IN THE STEPPE CRIMEA

Summary. *The method of incorporating green leafy matter directly into the soil is called Green Manuring. Green Manuring helps improve soil quality in the following ways: increase organic content of soil, increase biological activity in the soil, improve agrochemical and agrophysical properties of the soil. The purpose of our research was to identify the influence of different ways of using green mass of winter triticale variety 'Allegro' on the soil fertility indicators before the sowing winter wheat under conditions of the steppe Crimea. Field experiments were carried out in 2015–2018. Soil – chernozem southern calcareous low humic. In the course of the research, we studied three ways of green manure management: disking at the phase of stem elongation, disking and ploughing at the phase of early heading, use of triticale biomass for forage (triticale stubble disking) – control variant. Specifically, the studies revealed that the most favorable conditions for obtaining seedlings of winter wheat were after the incorporation of plant biomass at the phase of stem elongation. In this case, plants consume moisture and nutrients more economically, organic matter mineralization*

occurs more actively. This method provided 2.01 mg/100 g of nitrate nitrogen in the root layer of the soil before sowing winter wheat exceeding the indicators by up to 40 % compared to other options of triticale biomass incorporation. Manuring Triticale aestivumforme at the phase of early heading increases the input of soil organic matter by 2.5–2.6 times compared to the stem elongation phase; by 3.9–4.0 times in case of use triticale biomass for forage. The full benefits of this technique will be seen in the subsequent years when the process of the organic matter mineralization will be completed. Option “use of triticale biomass for forage” ensured the least input of soil organic matter – 2.11 t/ha. Moreover, the content of nitrate nitrogen in the 0–30 cm soil layer decreased to 1.37, available forms of phosphorus – to 2.12 mg/100 g of soil. Besides, the production costs for incorporating 1 ton of organic matter into the soil increased by 5.3–5.6 times compared to green mass manuring.

Keywords: *winter triticale (Triticale aestivumforme), soil, green manure, fertility, organic matter, nitrogen.*

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.

Караева Наталья Викторовна, младший научный сотрудник лаборатории земледелия, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: karaeva_n@niishk.ru.

Зубоченко Алла Анатольевна, старший научный сотрудник лаборатории агрохимических исследований, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: zubochenko_a@niishk.ru.

Prihodko 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.

Karaeva Natalya Viktorovna, junior researcher of the Laboratory of agriculture, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: karaeva_n@niishk.ru.

Zubochenko Alla Anatolyevna, senior researcher of the Laboratory of agrochemical research, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: zubochenko_a@niishk.ru.

Дата поступления в редакцию – 21.09.2020.

Дата принятия к печати – 15.10.2020

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-171-182

УДК 633.11; 631.53.04

Сухарев А. А.

НЕКОТОРЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТА КРАСА ДОНА

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»

Реферат. Климат Ростовской области меняется в сторону аридизации, поэтому посевы озимой пшеницы подвергаются воздействию осенней засухи, что приводит к снижению полевой всхожести и необходимости увеличивать норму высева семян. Однако новые сорта селекции АНЦ «Донской» обладают высокой энергией кущения как в осенний, так и в весенний период, что позволяет уменьшить норму высева без ущерба для урожайности культуры. Цель исследований – определить оптимальные нормы высева семян мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона при различных сроках посева, позволяющие получить высокий урожай при максимальной экономической эффективности производства. Исследования проводили в Ростовской области в 2017–2019 гг. Наши исследования показали, что как по предшественнику чёрный пар, так и по предшественнику подсолнечник на урожайность озимой мягкой пшеницы сорта Краса Дона влияет главным образом срок посева. По предшественнику чёрный пар при посеве 10 сентября урожайность составила 7,43–7,62 т/га, 20 сентября – 8,12–8,26 т/га, 30 сентября – 7,96–8,11 т/га, а 10 сентября – 7,31–7,62 т/га, то есть значительную разницу между вариантами нормы высева наблюдали только при позднем сроке посева. Увеличение нормы высева при поздних сроках посева даже при снижении рентабельности способствует получению дополнительного условного чистого дохода до 1470–1670 р./га благодаря приросту урожайности. Сбор зерна озимой мягкой пшеницы по предшественнику подсолнечник составил 5,23–5,92 т/га в зависимости от срока посева, а увеличение нормы высева семян с 5 до 6–7 млн шт./га способствовало увеличению урожайности лишь на 0,08–0,23 т/га. В вариантах с посевом 20 и 30 сентября, а также 10 октября максимальный условный чистый доход был получен при норме высева семян 6 млн шт./га – 27554–32174 р./га, что выше чем в варианте с нормой высева 5 млн шт./га на 536–1064 р./га. Различные сроки посева и нормы высева не оказали существенного влияния на качественные показатели зерна.

Ключевые слова: мягкая озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.), срок посева, норма высева, урожайность, экономическая эффективность.

Введение

Срок посева и норма высева – это неразрывно связанные между собой элементы технологии возделывания. От выбора способа проведения и сроков осуществления посевных мероприятий зависит будущая урожайность культуры [1, 2]. Как ранние, так и поздние сроки посева могут приводить к снижению зимостойкости посевов озимых культур и уменьшению их урожайности [3]. Именно поэтому при посеве в ранние сроки норму высева семян рекомендуют уменьшать, а при посеве в поздние сроки – увеличивать [4–6]. Пристальное внимание вопросу нормы высева пшеницы уделяют во всём мире. Учёные США и Европы приводят данные об увеличении урожайности и экономической эффективности производства зерна при повышении норм высева пшеницы в зонах достаточного увлажнения и на орошении [6–10]. В свою очередь учёные КНР отмечают факт снижения урожайности пшеницы при повышенных нормах высева в засушливых условиях, объясняя этот факт ростом конкуренции растений за питательные вещества и влагу [8].

Согласно «Зональным системам земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы» [11] в южной зоне Ростовской области по наилучшему предшественнику – чёрному пару рекомендуемая норма высева в начале допустимых сроков посева составляет 3,5–3,8 млн шт. всхожих семян на 1 га, в оптимальные сроки посева – 3,9–4,2 млн шт./га, в конце допустимых сроков – 4,3–4,5 млн шт./га. По пропашным предшественникам, в том числе и по подсолнечнику, как наиболее жёсткому по условиям водного и питательного режима предшественнику озимой пшеницы [10] нормы высева рекомендовано увеличивать. По предшественнику подсолнечник рекомендуемая норма высева в начале допустимых сроков составляет 4,6–5,0 млн шт./га, в оптимальные сроки – 5,1–5,5 млн шт./га, в конце допустимых сроков – 5,6–6,5 млн шт./га [12].

Ростовская область подвергается изменениям климата, включающим в себя нарастание аридности и учащению проявлений засухи в период посев–всходы, что приводит к снижению полевой всхожести и необходимости увеличивать норму высева семян (согласно рекомендациям на 10–15 %). В то же время АНЦ «Донской» занимается созданием новых, высокоадаптивных сортов озимой мягкой пшеницы с высокой энергией кущения как в осенний период, так и в период весеннего кущения. Такая особенность новых сортов теоретически позволяет уменьшить норму высева без ущерба для урожайности, что позволит повысить рентабельность производства. При возникшем противоречии необходимо уточнение существующих рекомендаций по нормам высева для новых сортов озимой мягкой пшеницы в различные сроки посева, по различным предшественникам.

Цель исследований – определить оптимальные нормы высева озимой семян мягкой пшеницы сорта Краса Дона при различных сроках посева, позволяющие получить высокий урожай при максимальной экономической эффективности производства.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в южной зоне Ростовской области в севообороте лаборатории технологии возделывания зерновых культур ФГБНУ АНЦ «Донской». Эксперименты выполняли три сельскохозяйственных года – 2016/17, 2017/18, 2018/19. Материалом для исследования служил новый сорт мягкой озимой пшеницы Краса Дона (включён в Реестр в 2018 г.). Этот сорт рекомендуется для посева как на высоком, так и на среднем агрофоне, что соответствует условиям опыта.

Посев осуществляли по двум наиболее контрастным предшественникам – чёрному пару и подсолнечнику, что позволило наиболее полно оценить реакцию сорта. Опыт закладывали по методике Б. А. Доспехова [13]. Способ посева – рядовой с междурядьями 15 см, посевная площадь делянки – 55 м², повторность – четырёхкратная. Сроки посева: 10 сентября (начало допустимых сроков), 20 сентября (начало оптимальных сроков), 30 сентября (конец оптимальных сроков) и 10 октября (конец допустимых сроков). По предшественнику чёрный пар были выбраны следующие варианты норм высева семян – 3; 4 и 5 млн шт./га; по подсолнечнику – 5; 6 и 7 млн шт./га. Выбранные нормы высева включают в себя как минимальные рекомендованные по предшественнику, так и максимальные, способные компенсировать неблагоприятные условия для роста и развития растений в период посев–всходы [9]. Все учёт и измерения проводили согласно общепринятой методике [12, 14, 15].

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый, мощный. Содержание гумуса в пахотном слое составляет 3,6 %, подвижного фосфора – 20–22 и обменного калия – 315–320 мг/кг почвы [13].

Обработка почвы – рекомендованная для зоны. Под основную обработку по всем вариантам опыта вносили 120 кг/га аммофоса ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) в физической массе. Во всех вариантах опыта проводили двукратную подкормку разбросным способом аммиачной селитрой (NH_4NO_3) по таломёрзлой почве и в фазе весеннего кущения в дозе 100 кг/га в физической массе. Уборку урожая проводили комбайном «Samro 2010» прямым способом, учёт урожайности осуществляли весовым методом, для математической обработки данных использовали метод дисперсионного анализа.

Погодные условия в годы проведения исследований отличались разнообразием. В 2016/17 сельскохозяйственном году среднесуточная температура воздуха составила 10,0 °С (при среднемноголетней норме, с 1 июля нынешнего года по 30 июня будущего года, – 9,6 °С). Годовая сумма осадков практически соответствовала среднемноголетним показателям – 585,9 мм (норма – 582,4 мм). В осенний период 2016 г. среднесуточная температура воздуха и количество выпавших осадков были ниже нормы и составили 9,0 °С (норма – 9,7 °С), и 106,9 мм (норма – 131,5 мм) соответственно. Несмотря на пониженную температуру воздуха, количества выпавших осадков было достаточно для получения своевременных всходов.

В осенний период 2017/18 сельскохозяйственного года среднесуточная температура воздуха была выше среднемноголетней нормы (9,7 °С) и составила 11,3 °С. Количество выпавших осадков находилось на уровне 119,7 мм, что составляет 91,0 % от среднемноголетней нормы (131,5 мм). Всходы были получены своевременно.

В 2018/19 сельскохозяйственном году среднесуточная температура воздуха на 2,2 °С превышала норму (норма – 9,6 °С) и составила 11,8 °С. Сентябрь отличался засушливостью (количество выпавших осадков составило лишь 10,9 мм при норме 42,3 мм), а среднесуточная температура воздуха на 3,3 °С была выше среднемноголетних значений (16,3 °С). Высокая среднесуточная температура и низкое количество осадков способствовали уменьшению относительной влажности воздуха до 48 % (норма – 64 %). Сложившиеся условия способствовали как воздушной, так и почвенной засухе, всходы мягкой озимой пшеницы были получены только после выпавших в первой декаде октября осадков.

Различия в погодных условиях позволили широко охарактеризовать эффективность различных сроков посева и норм высева мягкой озимой пшеница сорта Краса Дона.

Результаты и обсуждение

Как показали наши исследования, по предшественнику чёрный пар урожайность мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона в среднем за три года составила 7,31–8,26 т/га, в зависимости от срока посева и нормы высева (таблица 1).

По этому предшественнику срок посева и нормы высева оказали различное воздействие на урожайность озимой мягкой пшеницы сорта Краса Дона. В среднем за годы исследования при уровне НСР 0,25 т/га для сравнения частных средних, урожайность в вариантах с различными нормами высева достоверно не различается. На урожайность влиял главным образом выбор срока посева – 71,0 %, а влияние нормы высева составило лишь 15,2 %. При посеве 10 сентября урожайность составила 7,43–7,62 т/га, 20 сентября – 8,12–8,26 т/га, 30 сентября – 7,96–8,11 т/га, то есть максимальная разница между вариантами составила 0,15–0,19 т/га.

Лишь при посеве в конце допустимых сроков – 10 октября, наблюдали значительную разницу между вариантами норм высева. При посеве 10 октября с нормой высева семян 3 млн шт./га урожайность в среднем за три года составила 7,31 т/га, 4 млн шт./га – 7,52 т/га (что выше на 0,21 т/га), 5 млн шт./га – 7,62 т/га (что выше на 0,31 т/га). Таким образом, увеличение нормы высева семян с 3 до 5 млн шт./га при посеве 10 октября способствовало росту урожайности на 0,31 т/га.

Таблица 1 – Урожайность зерна мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона в зависимости от сроков посева и норм высева по различным предшественникам, т/га (среднее за 2017–2019 гг.)

Норма высева, млн шт./га (фактор А)	Срок посева (фактор Б)				Средние по фактору А (НСР ₀₅ = 0,17)
	10 сентября	20 сентября	30 сентября	10 октября	
Предшественник – чёрный пар					
3	7,43	8,12	7,96	7,31	7,71
4	7,49	8,27	8,10	7,52	7,85
5	7,62	8,26	8,11	7,62	7,90
Средние по фактору Б (НСР ₀₅ = 0,21)	7,51	8,22	8,06	7,48	
НСР ₀₅ (для сравнения частных средних) – 0,25					
Предшественник – подсолнечник					
Норма высева, млн шт./га (фактор А)	10 сентября	20 сентября	30 сентября	10 октября	Средние по фактору А (НСР ₀₅ = 0,18)
5	5,24	5,72	5,62	5,23	5,45
6	5,32	5,86	5,82	5,40	5,60
7	5,42	5,92	5,87	5,46	5,67
Средние по фактору Б (НСР ₀₅ = 0,19)	5,33	5,83	5,77	5,36	
НСР ₀₅ (для сравнения частных средних) – 0,24					

По предшественнику подсолнечник наблюдали аналогичную реакцию сорта при формировании урожайности на увеличение нормы высева. Влияние срока посева на сбор зерна при посеве по этому предшественнику было максимальным и составило 69,9 %, а доля влияния нормы высева составила лишь 7,1 %, что почти вдвое ниже, чем по предшественнику чёрный пар. Урожайность озимой мягкой пшеницы по предшественнику подсолнечник составила 5,23–5,92 т/га в зависимости от срока посева, а увеличение нормы высева семян с 5 до 6–7 млн шт./га способствовало увеличению урожайности лишь на 0,08–0,23 т/га, что ниже уровня НСР₀₅ в опыте (0,24 т/га для сравнения частных средних). При посеве 30 сентября с нормой высева семян 5 млн шт./га зафиксирована урожайность 5,62 т/га, а при посеве с нормой 7 млн шт./га она достигала 5,87 т/га, что на 0,25 т/га выше.

Структурный анализ урожайности показал, что в среднем за 2017–2019 гг. озимая мягкая пшеница Краса Дона формировала высокую продуктивность благодаря увеличению числа продуктивных стеблей и массы зерна с колоса. По предшественнику чёрный пар при повышении нормы высева семян наблюдали рост числа продуктивных стеблей на 1 м² при всех сроках посева (таблица 2).

В среднем за 2017–2019 гг. сорт Краса Дона при посеве по предшественнику чёрный пар в начале допустимых сроков 10 сентября при норме высева семян 3 млн шт./га, формировал 559 шт./м² продуктивных стеблей, при норме высева 4 и 5 млн шт./га их число достигало 583 и 646 шт./м² соответственно.

Одновременно с увеличением числа продуктивных колосьев при повышении нормы высева наблюдали снижение продуктивности колоса, заключающееся в уменьшении числа зёрен в колосе и массы зерна с колоса. Озимая мягкая пшеница сорта Краса Дона при посеве по предшественнику чёрный пар в начале оптимальных сроков 20 сентября в варианте с нормой высева семян 3 млн шт./га формировала 33,2 шт. зёрен в колосе, с массой 1,26 г. При посеве с нормой 4 млн шт./га величины этих показателей составили 31,5 шт. и 1,22 г, 5 млн шт./га – 30,4 шт. и 1,16 г соответственно.

При увеличении нормы высева семян наблюдали снижение длины колоса. Так, при посеве 10 сентября по предшественнику чёрный пар, в варианте с нормой высева семян 3 млн шт./га длина колоса достигала 6,6 см, 4 млн шт./га – 6,0 см, 5 млн шт./га – лишь 5,9 см.

Таблица 2 – Структура урожая мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона в зависимости от сроков посева и норм высева по предшественнику чёрный пар (среднее за 2017–2019 гг.)

Норма высева (фактор А)	Срок посева (фактор Б)				Средние по фактору А (НСР ₀₅ = 41 шт.)
	10 сентября	20 сентября	30 сентября	10 октября	
Число продуктивных стеблей, шт./м ²					
3 млн шт./га	559	666	648	598	618
4 млн шт./га	583	698	669	635	646
5 млн шт./га	646	740	689	664	685
Средние по фактору Б (НСР ₀₅ = 68 шт.)	596	701	669	632	
НСР ₀₅ (для сравнения частных средних) – 63 шт.					
Число зёрен в колосе, шт.					
Норма высева (фактор А)	10 сентября	20 сентября	30 сентября	10 октября	Средние по фактору А (НСР ₀₅ = 2,1 шт.)
5 млн шт./га	35,9	33,2	34,5	33,8	34,4
6 млн шт./га	33,2	31,5	32,6	32,0	32,3
7 млн шт./га	31,9	30,4	30,8	30,2	30,8
Средние по фактору Б (НСР ₀₅ = 2,9 шт.)	33,7	31,7	32,6	32,0	
НСР ₀₅ (для сравнения частных средних) – 3,0 шт.					
Масса зерна с колоса, г					
Норма высева (фактор А)	10 сентября	20 сентября	30 сентября	10 октября	Средние по фактору А (НСР ₀₅ = 0,06 г)
5 млн шт./га	1,39	1,26	1,28	1,27	1,30
6 млн шт./га	1,30	1,22	1,26	1,23	1,25
7 млн шт./га	1,22	1,16	1,23	1,19	1,20
Средние по фактору Б (НСР ₀₅ = 0,07 г)	1,30	1,21	1,26	1,23	
НСР ₀₅ (для сравнения частных средних) – 0,07 г					
Высота растений, см					
Норма высева (фактор А)	10 сентября	20 сентября	30 сентября	10 октября	Средние по фактору А (НСР ₀₅ = 2,1 см)
5 млн шт./га	83,8	79,6	86,8	82,6	83,2
6 млн шт./га	85,8	84,7	88,7	82,9	85,5
7 млн шт./га	87,7	89,3	91,0	81,6	87,4
Средние по фактору Б (НСР ₀₅ = 2,4 см)	85,8	84,5	88,8	82,4	
НСР ₀₅ (для сравнения частных средних) – 2,3 см					
длина колоса, см					
Норма высева (фактор А)	10 сентября	20 сентября	30 сентября	10 октября	Средние по фактору А (НСР ₀₅ =1,1 см)
5 млн шт./га	6,6	6,5	6,6	6,2	6,5
6 млн шт./га	6,0	6,0	6,1	5,7	6,0
7 млн шт./га	5,9	5,8	5,8	5,6	5,8
Средние по фактору Б (НСР ₀₅ = 1,0 см)	6,2	6,1	6,2	5,8	
НСР ₀₅ (для сравнения частных средних) – 1,2 см					

Высота растений мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона при посеве 10–20–30 сентября по предшественнику чёрный пар имела тенденцию к увеличению при повышении нормы высева. В варианте с посевом 10 сентября при норме высева 3 млн

шт./га высота растений составила 83,8 см, 4 млн шт./га – 85,8 см, а при норме высева 5 млн шт./га достигала 87,7 см. Аналогичную зависимость наблюдали и при сроках посева 20 и 30 сентября. Лишь при посеве в поздний срок 10 октября подобная тенденция отсутствует. В вариантах с нормами высева 3, 4 и 5 млн шт./га высота растений практически не отличалась и составила 81,6–82,9 см.

Как и по предшественнику черный пар, по предшественнику подсолнечник при посеве 10 сентября в варианте с нормой высева 5 млн шт./га озимая пшеница Краса Дона формировала в среднем 418 шт./м² продуктивных стеблей, в вариантах с нормой 6 и млн 7 шт./га – на 53 и 83 шт./м² больше (таблица 3).

По предшественнику подсолнечник независимо от срока посева увеличение нормы высева способствовало уменьшению длины колоса с 5,5–5,9 см до 4,7–4,9 см. Это напрямую связано со снижением продуктивности колоса при увеличении нормы высева семян.

По данному предшественнику тенденция к увеличению высоты растений при повышении нормы высева практически отсутствовала, разница в высоте растений по вариантам нормы высева варьировала незначительно. Вероятно, это связано с высокой конкуренцией в борьбе за элементы питания и воду в загущенном посеве по жёсткому предшественнику – подсолнечнику.

Несмотря на увеличение высоты растений при возрастании нормы высева семян в среднем за 2017–2019 гг. сорт озимой мягкой пшеницы Краса Дона показал высокую устойчивость к полеганию. Только при посеве в ранний срок 10 сентября с нормой высева семян 5 млн шт./га сорт Краса Дона снижал устойчивость к полеганию до 4 баллов в среднем за годы исследований. По другим вариантам сроков посева и норм высева устойчивость к полеганию составила 5 баллов. По предшественнику подсолнечник в среднем за годы исследований полегание растений не отмечено.

В среднем за годы исследований различные сроки посева и нормы высева не повлияли на качественные показатели мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона при посеве как по предшественнику чёрный пар, так и по предшественнику подсолнечник.

По предшественнику чёрный пар зерно мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона по всем срокам посева и нормам высева по качеству соответствовало III классу. Содержание белка в зерне составило 13,4–13,9 %, клейковины – 27,1–28,0 %. Натура зерна достигала 774–787 г/л, а масса 1000 зёрен – 43,0–45,4 г. Отмечена слабая тенденция к росту содержания белка в зерне при снижении нормы высева семян до 3 млн шт./га в вариантах с посевом 30 сентября и 10 октября – до 13,9 % и 13,8 % соответственно. Вероятно, это связано с более низкой урожайностью, полученной в этих вариантах и, следовательно, уменьшением влияния эффекта разбавления.

По предшественнику подсолнечник, как более жёсткому по условиям питания и влагообеспеченности, влияние эффекта разбавления было выражено сильнее, и затронуло не только изменение содержания белка, но и клейковины в зерне. Например, при посеве 10 сентября с нормой высева семян 5 млн шт./га содержание белка и клейковины в зерне составило 11,8 % и 23,7 % соответственно, а при увеличении нормы высева семян до 7 млн шт./га содержание белка и клейковины в зерне снизилось до 11,0 % и 21,5 % соответственно. В других вариантах сроков посева эффект выражен слабее, но также прослеживается. Натура зерна находилась в пределах 767–786 г/л, масса 1000 зёрен – в пределах 42,7–45,9 г. В среднем за годы исследований по предшественнику подсолнечник содержание белка в зерне мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона составило 10,7–11,9 %, клейковины – 21,4–23,7 %, что соответствует IV классу.

Таблица 3 – Структура урожая мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона в зависимости от сроков посева и норм высева по предшественнику подсолнечник (среднее за 2017–2019 гг.)

Норма высева (фактор А)	Срок посева (фактор Б)				Средние по фактору А (НСР ₀₅ = 38 шт.)
	10 сентября	20 сентября	30 сентября	10 октября	
Число продуктивных стеблей, шт./м ²					
3 млн шт./га	418	504	482	439	461
4 млн шт./га	741	528	508	478	564
5 млн шт./га	501	559	563	520	536
Средние по фактору Б (НСР ₀₅ = 63 шт.)	553	530	518	479	
НСР ₀₅ (для сравнения частных средних) – 62 шт.					
Число зёрен в колосе, шт.					
Норма высева (фактор А)	10 сентября	20 сентября	30 сентября	10 октября	Средние по фактору А (НСР ₀₅ = 2,1 шт.)
5 млн шт./га	29,7	26,9	26,4	27,3	27,6
6 млн шт./га	27,6	26,6	27,3	24,1	26,4
7 млн шт./га	26,9	24,2	24,8	23,9	25,0
Средние по фактору Б (НСР ₀₅ = 2,3 шт.)	28,1	25,9	26,2	25,1	
НСР ₀₅ (для сравнения частных средних) – 2,5 шт.					
Масса зерна с колоса, г					
Норма высева (фактор А)	10 сентября	20 сентября	30 сентября	10 октября	Средние по фактору А (НСР ₀₅ = 0,10 г)
5 млн шт./га	1,32	1,19	1,20	1,23	1,24
6 млн шт./га	1,18	1,17	1,19	1,16	1,18
7 млн шт./га	1,12	1,09	1,09	1,09	1,10
Средние по фактору Б (НСР ₀₅ = 0,11 г)	1,21	1,15	1,16	1,16	
НСР ₀₅ (для сравнения частных средних) – 0,12 г					
Высота растений, см					
Норма высева (фактор А)	10 сентября	20 сентября	30 сентября	10 октября	Средние по фактору А (НСР ₀₅ = 2,1 см)
5 млн шт./га	77,6	77,3	77,4	76,0	77,1
6 млн шт./га	76,5	76,7	78,0	75,8	76,8
7 млн шт./га	77,8	77,0	78,9	75,9	77,4
Средние по фактору Б (НСР ₀₅ = 2,4 см)	77,3	77,0	78,1	75,9	
НСР ₀₅ (для сравнения частных средних) – 2,3 см					
Длина колоса, см					
Норма высева (фактор А)	10 сентября	20 сентября	30 сентября	10 октября	Средние по фактору А (НСР ₀₅ = 1,3 см)
5 млн шт./га	5,9	5,6	5,5	5,5	5,6
6 млн шт./га	5,4	5,1	5,3	5,4	5,3
7 млн шт./га	4,8	4,9	4,7	4,8	4,8
Средние по фактору Б (НСР ₀₅ = 1,1 см)	5,4	5,2	5,2	5,2	
НСР ₀₅ (для сравнения частных средних) – 1,2 см					

По предшественнику подсолнечник, как более жёсткому по условиям питания и влагообеспеченности, влияние эффекта разбавления было выражено сильнее, и затронуло не только изменение содержания белка, но и клейковины в

зерне. Например, при посеве 10 сентября с нормой высева семян 5 млн шт./га содержание белка и клейковины в зерне составило 11,8 % и 23,7 % соответственно, а при увеличении нормы высева семян до 7 млн шт./га содержание белка и клейковины в зерне снизилось до 11,0 % и 21,5 % соответственно. В других вариантах сроков посева эффект выражен слабее, но также прослеживается.

Натура зерна находилась в пределах 767–786 г/л, масса 1000 зёрен в пределах 42,7–45,9 г. В среднем за годы исследований по предшественнику подсолнечник содержание белка в зерне мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона составило 10,7–11,9 %, клейковины – 21,4–23,7 %, что соответствует IV классу качества.

Расчёт экономической эффективности возделывания мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона по предшественнику чёрный пар с различными сроками посева и нормами высева показал, что максимальная производственная рентабельность была получена при посеве с нормой высева 3 млн шт./га. В зависимости от срока посева показатель рентабельности с нормой высева семян 3 млн шт./га достигал 164–193 % (таблица 4).

Таблица 4 – Расчёт производственной эффективности возделывания мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона по различным предшественникам и срокам посева (в среднем за 2017–2019 гг.)

Норма высева, млн шт./га	Урожайность, т/га	Затраты, р./га	Валовой доход, р./га	Условный чистый доход, р./га	Себестоимость, р./т	Рентабельность, %
Предшественник – чёрный пар						
10 сентября						
3	7,43	31004	83179	52175	4175	168
4	7,49	31886	83888	52002	4257	163
5	7,62	32769	85344	52575	4300	160
20 сентября						
3	8,12	31004	90981	59977	3817	193
4	8,27	31886	92624	60738	3856	190
5	8,26	32769	92512	59743	3967	182
30 сентября						
3	7,96	31004	89152	58148	3895	188
4	8,10	31886	90683	58797	3938	184
5	8,11	32769	90832	58063	4041	177
10 октября						
3	7,31	31004	81872	50868	4241	164
4	7,52	31886	84224	52338	4240	164
5	7,62	32769	85307	52538	4302	160
Предшественник – подсолнечник						
10 сентября						
5	5,24	24991	51843	26853	4772	107
6	5,32	25873	52701	26828	4860	104
7	5,42	26756	53625	26869	4940	100
20 сентября						
5	5,72	24991	56628	31638	4369	127
6	5,86	25873	58047	32174	4413	124
7	5,92	26756	58641	31885	4517	119
30 сентября						
5	5,62	24991	55671	30681	4444	123
6	5,82	25873	57618	31745	4446	123
7	5,87	26756	58146	31390	4555	117
10 октября						
5	5,23	24991	51777	26787	4778	107
6	5,40	25873	53427	27554	4794	106
7	5,46	26756	54021	27265	4903	102

В вариантах с более высокими нормами высева семян (до 4 и до 5 млн шт./га) рентабельность, благодаря росту производственных затрат на семена снижалась до 160–190 %. Лишь при посеве в конце допустимых сроков – 10 октября в вариантах с нормами высева семян 3 и 4 млн шт./га рентабельность была одинаковой – 164 %. Тем не менее, показатель условного чистого дохода в вариантах с нормой высева семян 4 млн шт./га при посеве 20 сентября, 30 сентября и в варианте с нормой высева семян 5 млн шт./га при посеве 10 сентября незначительно (на 400–761 р./га) превышал вариант с нормой высева семян 3 млн шт./га. Лишь при посеве в конце допустимых сроков 10 октября повышение урожайности на 0,21–0,31 т/га в вариантах с нормой высева семян 4 и 5 млн шт./га способствовало увеличению условного чистого дохода на 1470–1670 р./га. Таким образом, для мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона при посеве её по предшественнику чёрный пар в начале допустимых сроков посева 10 сентября, а также при посеве в пределах оптимальных сроков 20 и 30 сентября, снижение нормы высева семян до 3–4 млн шт./га не окажет значительного отрицательного влияния на урожайность, но будет способствовать росту рентабельности производства за счёт уменьшения затрат на семенной материал. При посеве в конце допустимых сроков – 10 октября увеличение нормы высева семян до 4–5 млн шт./га даже при снижении рентабельности способствует получению дополнительного условного чистого дохода до 1470–1670 р./га.

По предшественнику подсолнечник получены сходные результаты – максимальная рентабельность (107–127 %) получена в варианте с наименьшей нормой высева семян – 5 млн шт./га (лишь при посеве 30 сентября рентабельность при норме высева семян 5 млн шт./га и при норме высева семян 6 млн шт./га была одинаковой и составила 123 %).

В варианте с посевом 10 сентября увеличение нормы высева семян не оказало положительного экономического эффекта, рентабельность снизилась с 107 % при норме высева семян 5 млн шт./га, до 104 % – при норме высева семян 6 млн шт./га и до 100 % – при норме высева семян 7 млн шт./га. Условный чистый доход в данном варианте был практически соответствовал остальным вариантам норм высева. Однако в вариантах с посевом 20 сентября, 30 сентября и 10 октября максимальный условный чистый доход получен при норме высева семян 6 млн шт./га – 27554–32174 р./га, что выше, чем в варианте с нормой высева 5 млн шт./га на 536–1064 р./га. Увеличение нормы высева семян до 7 млн шт./га также способствовало росту урожайности, однако из-за одновременного увеличения затрат на семенной материал превышение условного чистого дохода в варианте с нормой высева 7 млн шт./га над вариантом с нормой высева 5 млн шт./га было меньше – 247–709 р./га.

Выводы

Наши исследования показали, что как по предшественнику чёрный пар, так и по предшественнику подсолнечник на урожайность мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона влияет главным образом срок посева. По предшественнику чёрный пар при посеве 10 сентября урожайность составила 7,43–7,62 т/га, при посеве 20 сентября – 8,12–8,26 т/га, при посеве 30 сентября – 7,96–8,11 т/га, а при посеве 10 сентября – 7,31–7,62 т/га, то есть существенную разницу между вариантами нормы высева наблюдали только при позднем сроке посева. Поэтому, для высокоадаптивного сорта мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона при посеве её по предшественнику чёрный пар в начале допустимых сроков посева 10 сентября, норму высева семян можно снижать с рекомендуемых 3,5 млн шт./га до 3 млн шт./га. При посеве в пределах оптимальных календарных сроков 20 и 30 сентября норма высева семян не должна превышать 4 млн шт./га, что не окажет значительного отрицательного влияния на урожайность, но будет способствовать

росту рентабельности производства за счёт уменьшения затрат на семенной материал. При посеве в конце допустимых сроков – 10 октября следует придерживаться рекомендуемой нормы высева (4,3–4,5 млн шт./га), причём в засуху возможно увеличение нормы высева до 5 млн шт./га. Увеличение нормы высева при поздних сроках посева даже при снижении рентабельности способствует получению дополнительного условного чистого дохода до 1470–1670 р./га из-за увеличения урожайности.

Урожайность мягкой озимой пшеницы по предшественнику подсолнечник составила 5,23–5,92 т/га, в зависимости от срока посева, а увеличение нормы высева семян с 5 до 6–7 млн шт./га способствовало увеличению урожайности лишь на 0,08–0,23 т/га. При посеве 10, 20 и 30 сентября максимальная производственная рентабельность (107–127 %) получена в варианте с наименьшей нормой высева семян – 5 млн шт./га. Тем не менее в вариантах с посевом 20 сентября, 30 сентября и 10 октября максимальный условный чистый доход получен при норме высева семян 6 млн шт./га – 27554–32174 р./га, что выше чем в варианте с нормой высева 5 млн шт./га на 536–1064 р./га. Увеличение нормы высева семян до 6 млн шт./га по предшественнику подсолнечник можно использовать в годы с засушливой осенью, это будет способствовать получению большей урожайности и увеличит экономическую эффективность производства озимой пшеницы. Вопреки рекомендациям даже в конце допустимых сроков не следует увеличивать норму высева семян более 6 млн шт./га, так как эта мера на росте урожайности практически не сказывается, однако приводит к снижению рентабельности производства. В среднем за годы исследований различные сроки посева и нормы высева не повлияли на качественные показатели мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона при посеве как по предшественнику чёрный пар, так и по предшественнику подсолнечник.

Литература

1. Алабушев А. В., Овсянникова Г. В., Янковский Н. Г. Климатические особенности нижнего Дона и сроки посева озимой пшеницы // *Зерновое хозяйство России*. 2009. № 2. С. 12–14.
2. Бирюков К. Н., Грабовец А. И., Фоменко М. А., Беседина О. В. Сроки посева озимой пшеницы - один из решающих факторов стабильных урожаев высокого качества на Дону // *Зерновое хозяйство России*. 2013. № 3. С. 56–61.
3. Ma S. C., Wang T. C., Guan X. K., Zhang X. Effect of sowing time and seeding rate on yield components and water use efficiency of winter wheat by regulating the growth redundancy and physiological traits of root and shoot // *Field Crops Research*. 2018. Vol. 221. P. 166–174. DOI: 10.1016/j.fcr.2018.02.028.
4. Потапова Г. Н., Иванова М. С. Влияние сроков посева и нормы высева семян на осеннюю вегетацию, зимостойкость и урожайность озимых зерновых культур // *Интерактивная наука*. 2017. № 11(21). С. 69–75.
5. Мельник Т. В., Ярчук І. І., Маслійов С. В. Ефективність вирощування пшениці твердої озимої сорту Континент в умовах північного Степу України // *Зернові культури*. 2019. Т. 3. № 1. С. 45–51. DOI: 10.31867/2523-4544/0059.
6. Попов А. С. Нормы высева семян озимой пшеницы Лазурит в зависимости от предшественников и сроков посева в условиях Ростовской области // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2019. Т. 20. № 6. С. 548–556. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.6.548-556
7. Dai X., Zhou X., Jia D., Xiao L., Kong H., He M. Managing the seeding rate to improve nitrogen-use efficiency of winter wheat // *Field Crops Research*. 2013. Vol. 154. P. 100–109.
8. Bhatta M., Eskridge K. M., Rose D. J., Santra D. K., Baenziger P. S., Regassa T. Seeding rate, genotype, and topdressed nitrogen effects on yield and agronomic characteristics of winter wheat // *Crop Science*. 2017. Vol. 57. Iss. 2. P. 951–963.
9. Zecevic V., Boskovic J., Knezevic D., Micanovic D. Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat // *Chilean J. Agric. Res.* 2014. Vol. 74. No. 1. P. 23–28. DOI: 10.4067/S0718-58392014000100004.
10. Fang Y., Xu B., Turner N. C., Li F. Grain yield, dry matter accumulation and remobilization, and root respiration in winter wheat as affected by seeding rate and root pruning // *European Journal of Agronomy*. 2010. Vol. 33. Iss. 4. P. 257–266. DOI: 10.1016/j.eja.2010.07.001.

11. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы. Ч. II. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://don-agro.ru/old/index.php?id=928> (дата обращения 27.11.2020).
12. Некрасов Е. И., Марченко Д. М., Рыбась И. А., Иванисов М. М., Гричаникова Т. А., Романюкина И. В. Изучение урожайности и элементов ее структуры у сортов озимой мягкой пшеницы по предшественнику подсолнечник // Зерновое хозяйство России. 2018. № 6 (60). С. 46–49. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-46-49.
13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
14. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1985. 267 с.
15. Гриценко А. А. Агрометеорологические условия в Зерноградском районе Ростовской области (1930–2002 год). Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2005. 80 с.

References

1. Alabushev A. V., Ovsyannikova G. V., Yankovsky N.G. Climate features of lower Don and timing of winter wheat sowing // Grain Economy of Russia. 2009. No. 2. P. 12–14.
2. Birukov K. N., Grabovets A. I., Fomenko M. A., Besedina O. V. Winter wheat seeding terms as one of the crucial factors of stable high qualitative harvest on Don // Grain Economy of Russia. 2013. No. 3. P. 56–61.
3. Ma S. C., Wang T. C., Guan X. K., Zhang X. Effect of sowing time and seeding rate on yield components and water use efficiency of winter wheat by regulating the growth redundancy and physiological traits of root and shoot // Field Crops Research. 2018. Vol. 221. P. 166–174. DOI: 10.1016/j.fcr.2018.02.028.
4. Potapova G. N., Ivanova M. S. The influence of sowing period and seeding norm on autumn vegetation, winter hardiness and yield of winter cereal crops // Interactive science. 2017. No. 11 (21). P. 69–75.
5. Melnyk T. V., Yarchuk I. I., Masliiov S. V. Efficiency of cultivation of hard winter wheat of variety Kontyent in conditions of the northern steppe of Ukraine // The Scientific Journal Grain Crops. 2019. Vol.3. No. 1. P. 45–51. DOI: 10.31867/2523-4544/0059.
6. Popov A. S. Lazurit winter wheat seeding rates in dependence to the predecessors and time of sowing in the Rostov region // Agricultural Science Euro-North-East. 2019. Vol. 20. No. 6. P. 548–556. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.6.548-556.
7. Dai X., Zhou X., Jia D., Xiao L., Kong H., He M. Managing the seeding rate to improve nitrogen-use efficiency of winter wheat // Field Crops Research. 2013. Vol. 154. P. 100–109.
8. Bhatta M., Eskridge K. M., Rose D. J., Santra D. K., Baenziger P. S., Regassa T. Seeding rate, genotype, and topdressed nitrogen effects on yield and agronomic characteristics of winter wheat // Crop Science. 2017. Vol. 57. Iss. 2. P. 951–963.
9. Zecevic V., Boskovic J., Knezevic D., Micanovic D. Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat // Chilean J. Agric. Res. 2014. Vol. 74. No. 1. P. 23–28. DOI: 10.4067/S0718-58392014000100004.
10. Fang Y., Xu B., Turner N. C., Li F. Grain yield, dry matter accumulation and remobilization, and root respiration in winter wheat as affected by seeding rate and root pruning // European Journal of Agronomy. 2010. Vol. 33. Iss. 4. P. 257–266. DOI: 10.1016/j.eja.2010.07.001.
11. Regional systems of agriculture in the Rostov region in 2013–2020. Part II. [Electronic resource]. Access point: <http://don-agro.ru/old/index.php?id=928> (reference's date 27.11.2020).
12. Nekrasov E. I., Marchenko D. M., Rybas I. A., Ivanisov M. M., Grichanikova T. A., Romanyukina I. V. The study of productivity and elements of its structure of the winter soft wheat varieties sown after sunflower // Grain Economy of Russia. 2018. No. 6. P. 46–49. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-46-49.
13. Dospikhov B. A. Methods of fields research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
14. The methodology of state variety testing of crops. Moscow: Kolos, 1985. 267 p.
15. 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.

UDC 633.11; 631.53.04

Sukharev A. A.

SOME ELEMENTS OF CULTIVATION TECHNOLOGY OF WINTER BREAD WHEAT VARIETY 'KRASA DONA'

Summary. The climate of the Rostov region is gradually becoming arid. Therefore, winter wheat crops suffer from autumn drought, which results in germination decrease and the necessity to increase the seeding rate. However, new varieties developed in the

Agricultural research center “Donskoy” have high energy of tillering both in autumn and in spring, which makes it possible to reduce the seeding rates without crop productivity decrease. The purpose of the current study was to determine the optimal seeding rates for soft winter wheat variety ‘Krasa Dona’ at different planting dates, which allow obtaining high yields with maximum economic efficiency of grain production. The trials were carried out in the southern part of the Rostov region in 2017–2019. The current study has shown that planting dates significantly affect the productivity of winter bread wheat variety ‘Krasa Dona’ sown after such preceding crops as weedfree fallow and sunflower. When the variety was sown in a weedfree fallow on September 10, the productivity was 7.43–7.62 t/ha, on September 20 it was 8.12–8.26 t/ha, on September 30 it was 7.96–8.11 t/ha, on October 10 it was 7.31–7.62, i.e. there was a significant difference between the variants with seeding rates only at the late sowing period. The seeding rate increase at the late sowing periods, even with profitability decrease, has contributed to an additional conditional net income of up to 1470–1670 rubles/ha due to productivity improvement. Depending on a sowing period, the productivity of the winter bread wheat sown after sunflower was 5.23–5.92 t/ha. Furthermore, an increase in seeding rate from 5 to 6–7 million/ha resulted in productivity increase only by 0.08–0.23 t/ha. When ‘Krasa Dona’ was sown on September 20, September 30 and October 10, the maximum conditional net income 27554–32174 rubles/ha at a seeding rate of 6 million/ha was obtained, that was 536–1064 rubles/ha more than in the variant with a seeding rate of 5 million/ha. Different planting dates and seeding rates had no significant effect on the qualitative traits of grain.

Keywords: winter bread wheat (*Triticum aestivum*), sowing period/time, seeding rate, productivity, economic efficiency.

Сухарев Александр Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур; ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: mns862@rambler.ru.

Sukharev Aleksandr Aleksandrovich, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher of the Laboratory for grain crop cultivation technologies, SSE “Agricultural research center «Donskoy»”; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: mns862@rambler.ru.

Дата поступления в редакцию – 11.09.2020.

Дата принятия к печати – 01.11.2020

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-183-194

УДК 631.8:633.11«324»:631.5

Шаповалова Н. Н., Воропаева А. А., Менькина Е. А., Галушко Н. А., Ахмедшина Д. А.

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ И ПРЯМОМ ПОСЕВЕ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ В УСЛОВИЯХ СТАВРОПОЛЬЯ

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»

Реферат. Проблему снижения продуктивности культур в переходный период от классической технологии возделывания к технологии без обработки почвы (no-till) можно решить путем наиболее эффективного применения удобрительных средств. Цель исследования – изучить влияние минеральных удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы при прямом посеве в условиях Ставрополья. Исследования проводили в 2015–2019 гг. на экспериментальном поле ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Озимую пшеницу высевали в двух технологиях возделывания с разными системами обработки почвы по предшественникам горох и подсолнечник. Удобрения вносили в рядки при посеве культуры и проводили поверхностную подкормку N₅₂ методом расщепления делянок. Варианты припосевного внесения удобрений: 1. Без удобрений; 2. N₆P₂₆; 3. N₁₂P₅₂; 4. N₂₄P₁₀₄; 5. N₅₂P₅₂; 6. N₅₂P₅₂K₅₂; 7. N₅₂; 8. N₁₀₄P₅₂K₅₂. В третий год прямого посева (2017–2019 гг.) озимая пшеница показала высокую отзывчивость на припосевное внесение всех доз удобрений. Прибавка урожайности по гороху варьировала в пределах 0,76–3,06 т/га, по подсолнечнику – 0,51–2,75 т/га. По обоим предшественникам самая высокая и стабильная урожайность отмечена при внесении в рядки N₁₀₄P₅₂K₅₂: по гороху – 6,89 т/га и по подсолнечнику – 5,92 т/га. Отдача от 1 кг д.в. удобрения составила 14,7 и 13,2 кг зерна. Использование этой дозы удобрения минимизировало потери урожайности в сравнении с первым годом возделывания пшеницы без обработки почвы и с классической технологией. При этом формировалось зерно третьего и четвертого класса с более высоким содержанием сырой клейковины по сравнению с другими дозами удобрений: по гороху – на 1,6–9,8 % и по подсолнечнику – на 1,1–11,5 %. Азотная подкормка сыграла существенную роль в повышении сбора зерна лишь по подсолнечнику (прибавка в среднем – 0,21–0,86 т/га).

Ключевые слова: прямой посев, озимая пшеница (*Triticum vulgare* L.), минеральные удобрения, припосевное внесение удобрений, азотная подкормка, качество зерна.

Введение

Одним из радикальных способов восстановления естественного плодородия агрогенных почв является переход от общепринятой (классической) технологии возделывания культур с рекомендуемой системой обработки почвы к технологии прямого посева в необрабатываемую почву, которая в мировой практике сельскохозяйственного производства получила название no-till [1]. В нашей стране эту технологию нередко называют «природоподобной», поскольку в её основе лежит сохранение и накопление пожнивных растительных остатков [2–4]. В Ставропольском крае по этой технологии возделывают культуры на площади, составляющей примерно десятую часть от общей посевной (в пределах 300 тыс. га). К факторам, ограничивающим её дальнейшее распространение, относится высокая вероятность снижения урожайности культур в переходный период, который может продолжаться пять и более лет [5–8]. При этом большое значение имеет не только

снижение величины, но и качества получаемой продукции. В разных технологиях важную роль в повышении продуктивности каждого гектара посева играют минеральные удобрения. Посредством удобрений в верхнем слое создается оптимальный режим питания растений и повышается плодородие почвы, необходимое для полной реализации потенциала урожайности современных интенсивных сортов сельскохозяйственных культур [9–13]. Однако в технологии без обработки почвы применение высоких доз удобрений, главным образом фосфорных и калийных, сопряжено с рядом трудностей, заключающихся в невозможности использования основного способа внесения. Вследствие этого значительное количество удобрений приходится вносить при посеве культуры, что может существенно увеличить концентрацию почвенного раствора и негативно сказаться на прорастании семян и росте растений в начальный этап развития. Для классической технологии возделывания культур вопросы рационального и наиболее эффективного применения минеральных удобрений под разные культуры севооборота в различных почвенно-климатических условиях изучены достаточно полно (дозы, соотношение элементов питания, сроки, способы внесения), поскольку старт таким исследованиям был дан ещё в восьмидесятые годы прошлого столетия в период интенсивной химизации сельского хозяйства. Более активное освоение новой для нашей страны технологии без обработки почвы началось в двухтысячные годы в связи с существенным ростом затрат на горюче-смазочные материалы. В отсутствие отечественных научных разработок аграрии использовали опыт зарубежных стран (Аргентины, Бразилии, США, Канады) с их специфическими условиями ведения сельскохозяйственного производства. Это обусловило то, что далеко не всегда достигнутая урожайность соответствовала планируемыми показателям, и одной из причин этого могло стать неэффективное применение удобрительных средств. Вместе с тем, планируемые дозы удобрений, сочетание элементов питания, способ внесения при складывающихся метеоусловиях должны быть основаны на данных полевого опыта. В условиях Ставропольского края взаимосвязь продуктивности озимого поля и удобрений в технологии no-till исследована мало, поэтому решение этой проблемы крайне важно для аграриев, планирующих перейти на эту технологию и свести к минимуму потери в сборе зерна.

Цель исследования – изучить агрохимические приемы повышения урожайности озимой пшеницы при прямом посеве в условиях неустойчивого увлажнения Ставрополья.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2015–2019 гг. в стационаре, заложенном на черноземе обыкновенном среднемощном тяжелосуглинистом. Опытный участок расположен на Ставропольской возвышенности в условиях неустойчивого увлажнения с годовой суммой осадков 551 мм и гидротермическим коэффициентом 0,9–1,1. Среднегодовые показатели температуры воздуха и суммы активных температур составляют 9,6 °С и 3300 °С соответственно [14]. Почва в слое 0–20 см характеризуется нейтральной реакцией среды – $pH_{\text{вод.}} = 6,9$; содержание гумуса – 3,55 %, подвижных форм P_2O_5 и K_2O (по Мачигину) – 17–20 и 214–220 мг/кг соответственно. Количество $N-NO_3$ (по Грандваль-Ляжу) перед посевом пшеницы после гороха не превышало 12,3 мг/кг почвы, после подсолнечника – 6,6 мг/кг почвы.

В опыте изучали прямой посев и классическую технологию с обработкой почвы, рекомендуемой под каждую культуру в этой сельскохозяйственной зоне. Озимую пшеницу сорта Бунчук высевали после гороха и подсолнечника. При посеве культуры использовали простое (азотное) и сложные удобрения, содержащие в своем составе два (азотно-фосфорное) и три основных питательных элемента

(азотно-фосфорно-калийное или, как общепринято его называть, полное минеральное удобрение). В качестве удобрений применяли аммиачную селитру, аммофос (12:52), сульфоаммофос (20:20) с содержанием элементарной серы 14 % и нитроаммофоску (16:16:16). В ранневесенний период проводили внекорневую подкормку аммиачной селитрой способом расщепления деленок. Схема вариантов опыта с припосевным внесением удобрений при посеве озимой пшеницы следующая: 1. Без удобрений (контроль); 2. N_6P_{26} (0,5 ц/га аммофоса); 3. $N_{12}P_{52}$ (1,0 ц/га аммофоса); 4. $N_{24}P_{104}$ (2,0 ц/га аммофоса); 5. $N_{52}P_{52}$ (2,6 ц/га сульфоаммофоса); 6. $N_{52}P_{52}K_{52}$ (3,25 ц/га нитроаммофоски); 7. N_{52} (1,5 ц/га аммиачной селитры); 8. $N_{104}P_{52}K_{52}$ (3,25 ц/га нитроаммофоски + 1,5 ц/га аммиачной селитры). Варианты 1–8 и 9–16 совпадают по дозам припосевного внесения удобрения, на варианты 9–16 дополнительно наложена подкормка N_{52} .

Прямому посеву озимой пшеницы (сеялка «Gimetal») предшествовала обработка сорной растительности и проросших семян предшествующих культур (падалицы) гербицидом сплошного действия «Тотал 480» в дозе 2,5–3,0 л/га. В технологии с рекомендуемой системой обработки почвы после уборки гороха выполняли дискование в два следа на глубину 10–12 см и предпосевную культивацию на 6–8 см; после уборки пропашных предшественников – дискование в два следа на глубину 8–10 см. В период вегетации озимой пшеницы посеvy обрабатывали против сорной растительности, болезней и вредителей по технологии, рекомендованной для зоны проведения исследований. Опыт имеет трёхкратную повторность в пространстве. Размер деланки – 5,5 × 24 м. Варианты опыта располагаются ярусами. Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268-89) перед посевом озимой пшеницы и в начале весенней вегетации. Урожайность учитывали прямым обмолотом малогабаритным комбайном «Сампо-130» и в последующем пересчитывали на стандартную влажность 14 % [15]. Учетная площадь – 40 м². Оценку зерновой продукции проводили в лаборатории качества зерна Центра с использованием инфракрасного анализатора «Спектран-119 М» и диафаноскопа. Массовую долю сырой клейковины определяли в соответствии с ГОСТ 54478-2011, общую стекловидность – ГОСТ 10987-76 и влажность зерна – ГОСТ 13586.5-93. Полученные результаты обработаны математическим методом дисперсионного анализа данных с использованием программы AgCStat-Excel.

В статье приведены данные по влиянию удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы в третий год возделывания культур по прямому посеву, а также проведено сравнение полученной средней урожайности (2016–2019 гг.) с урожайностью в первый год посева в необработанную почву (2014–2017 гг.).

Годы исследований характеризовались близкой к среднемноголетнему значению 9,6 °С (2016–2017 гг.) или повышенной среднегодовой температурой воздуха 10,1–11,5 °С (остальные годы). Наибольшие различия наблюдали в годовой сумме осадков. Так, в 2014–2015, 2017–2018 и 2018–2019 гг. отмечали недостаток осадков в сравнении со среднемноголетним показателем в пределах 43–100 мм, а в 2015/16 и 2016/17 сельскохозяйственных годах – избыток в 78–98 мм. В целом по метеорологическим условиям 2014/15 сельскохозяйственный год можно отнести к засушливому с влажной весной; 2015/16 г. – к влажному с теплой зимой; 2016/17 г. – к влажному с прохладной осенью и холодной зимой; 2017/18 – к засушливому с теплой и очень влажной зимой; 2018/19 – к крайне засушливому, но с суммой зимних осадков в пределах нормы. В течение всего периода исследований наблюдали ранний срок возобновления вегетации (температуры в марте на 1,0–2,5 °С выше нормы), а также повышенный температурный режим и достаточное количество

осадков в период весеннего развития озимой пшеницы (исключение – весна 2019 г.), что как правило повышает отзывчивость растений на удобрения, особенно азотные [9]. В 2014–2018 гг. в период весенне-летней вегетации озимой пшеницы (апрель–июнь) значения ГТК по Селянинову находились в пределах 1,33–1,86, а в наиболее засушливом 2018/19 сельскохозяйственном году величина этого показателя не превышала 0,46 при среднемноголетнем значении (1981–2010 гг.) 1,41.

Результаты и их обсуждение

В условиях неустойчивого увлажнения главным аргументом в пользу освоения новых технологий является способность почвы к накоплению и сохранению влаги – определяющему фактору достижения высокой урожайности сельскохозяйственных культур. Сравнение влажности почвы в посевах озимой пшеницы при разных технологиях возделывания показало, что во все годы исследования по обоим предшественникам запасы продуктивной влаги, как в период сева озимой пшеницы (слой 0–20 см), так и во время возобновления весенней вегетации (слой 0–100 см) при прямом посеве были равны или несколько больше (на 1–11 и 12–23 мм), чем в варианте общепринятой технологией (таблица 1). Самое значительное отличие технологий по запасам накопленной влаги наблюдали по обоим предшественникам в весенний период в наиболее засушливом 2018/19 сельскохозяйственном году – 18–23 мм.

Таблица 1 – Наличие продуктивной влаги в почве в посевах озимой пшеницы при разных системах обработки почвы, мм

Предшествующая культура	Сельскохозяйственный год	В период сева в слое 0–20 см		В период возобновления весенней вегетации в слое 0–100 см	
		рекомендуемая	прямой посев третьего года	рекомендуемая	прямой посев третьего года
Горох	2016/17	32	35	148	156
	2017/18	23	29	166	169
	2018/19	11	13	150	168
Подсолнечник	2016/17	19	30	142	161
	2017/18	29	30	163	175
	2018/19	5	13	155	178
НСР ₀₅ для частных средних		5,5 (F _{факт.} = 31,5; F _{табл.} = 2,8)		17,4 (F _{факт.} = 3,94; F _{табл.} = 2,8)	
НСР ₀₅ по фактору «предшественник»		2,2 (F _{факт.} = 8,4; F _{табл.} = 4,8)		F _{факт.} < F _{табл.}	
НСР ₀₅ по фактору «год»		2,8 (F _{факт.} =138,8; F _{табл.} = 3,9)		8,7 (F _{факт.} = 9,1; F _{табл.} = 3,9)	
НСР ₀₅ по фактору «технология возделывания»		2,2 (F _{факт.} = 24,8; F _{табл.} = 4,8)		7,1 (F _{факт.} = 18,5; F _{табл.} = 4,8)	

Важным критерием при выборе технологии наряду с возможностью влаго-, ресурс- и почвосбережения служит достижение высокой продуктивности культур. Одним из основных приемов повышения урожайности и качества продукции является применение удобрений, эффективность которых зависит от почвенно-климатических и погодных условий, предшествующей культуры, вида, дозы, сочетания элементов питания, способа и срока внесения [9].

По результатам наших исследований средняя урожайность озимой пшеницы в контроле (без удобрений) в третий год применения прямого посева составила по гороху 3,83 т/га и по подсолнечнику – 3,17 т/га (таблица 2, 3).

По зернобобовому предшественнику прибавка от удобрений, внесённых при посеве культуры, варьировала в достаточно больших пределах – от 0,76 до 3,06 т/га (см. таблицу 2). Самый высокий урожай зерна сформировался при использовании полного минерального удобрения (содержит в своем составе три основных элемента питания: азот, фосфор и калий) с удвоенной, в сравнении с фосфором, дозой азота –

N₁₀₄P₅₂K₅₂, наименьший – при внесении удобрения с преимущественным содержанием фосфора – N₆₋₁₂P₂₆₋₅₂.

Таблица 2 – Влияние удобрений на урожайность озимой пшеницы при возделывании без обработки почвы по предшественнику горох

Доза при посеве, кг д.в./га	Доза подкормки кг д.в./га	Урожайность по сельскохозяйственным годам, т/га			Среднее за три года, т/га	C _v *, %	Доля удобрений в урожае, %	Средняя прибавка от внесения удобрений		
		2016/17	2017/18	2018/19				в рядки, т/га	подкормки, т/га	от 1 кг д.в., кг
0	0	3,75	4,73	3,02	3,83	22				
N ₆ P ₂₆		4,26	5,03	4,52	4,60	9	17	0,77		24,2
N ₁₂ P ₅₂		4,22	5,24	4,30	4,59	12	17	0,76		11,8
N ₂₄ P ₁₀₄		4,82	6,30	4,94	5,35	15	28	1,52		11,9
N ₅₂ P ₅₂		5,83	6,32	4,58	5,58	16	31	1,75		16,8
N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂		5,85	6,82	5,32	6,00	13	36	2,17		13,9
N ₅₂		5,48	7,10	3,71	5,43	31	29	1,60		30,8
N ₁₀₄ P ₅₂ K ₅₂		6,74	7,52	6,42	6,89	8	44	3,06		14,7
0	N ₅₂	3,20	4,40	3,44	3,68	17	-4		-0,15	-2,9
N ₆ P ₂₆		4,55	6,15	4,90	5,20	16	26	1,52	0,60	16,3
N ₁₂ P ₅₂		5,32	5,41	4,82	5,18	6	26	1,50	0,59	11,7
N ₂₄ P ₁₀₄		4,58	6,56	5,93	5,69	18	33	2,01	0,34	10,3
N ₅₂ P ₅₂		4,98	7,15	5,47	5,87	19	35	2,19	0,29	13,1
N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂		5,64	7,44	5,07	6,05	20	37	2,37	0,05	10,7
N ₅₂		5,08	6,61	3,21	4,97	34	23	1,29	-0,46	10,9
N ₁₀₄ P ₅₂ K ₅₂		6,05	7,38	5,97	6,47	12	41	2,79	-0,43	10,1
НСР ₀₅		0,94	0,68	0,91	0,90			0,36	F _{факт.} < F _{табл.}	

Примечание. * коэффициент вариации урожайности за 2017–2019 гг.

Применение при посеве других видов и доз удобрительных средств обеспечило повышение урожайности культуры в среднем на 1,52–2,17 т/га. Внесение полного удобрения (N₅₂₋₁₀₄P₅₂K₅₂) способствовало формированию не только самой высокой, но и наиболее стабильной по годам прибавки урожайности – от 2,09 до 3,40 т/га. Варьирование урожайности не превышало 8–13 %. Наибольшим колебанием (C_v = 31 %) характеризовалась урожайность озимой пшеницы при внесении в рядки одного азотного удобрения – N₅₂. Так, во влажных условиях 2016/17 и 2017/18 сельскохозяйственных годов повышение урожайности от внесения одного азота (N₅₂) составило 1,73–2,37 т/га, а в засушливом сезоне 2018/19 года – лишь 0,69 т/га. Максимальная отдача от возрастающих доз фосфорного удобрения, напротив, зафиксирована в засушливых условиях 2018/19 года (1,28–1,92 т/га).

При прямом посеве озимой пшеницы по гороху прирост урожайности в основном получен благодаря рядковому внесению удобрений. Влияние подкормки на урожай было не достоверным. Однако в вариантах с преобладанием фосфора (N₆₋₂₄P₂₆₋₁₀₄) азотная подкормка повысила эффективность его использования растениями и увеличила прибавку от рядкового внесения аммофоса в среднем на 0,49–0,75 т/га или в 1,3–2,0 раза.

Доля удобрений в урожае (отношение прибавки урожайности относительно контроля к урожайности, полученной при внесении этого удобрения) варьировала в больших пределах – от 17 до 44 %. Прирост сбора зерна от применения единицы действующего вещества удобрения во всех вариантах опыта был достаточно высоким (на уровне мировых стандартов – 9 и более кг [16]), но он также сильно зависел от вида и дозы удобрения, варьируя от 10,1 до 30,8 кг. Наибольшая отдача

(30,8 кг) получена от 1 кг азота, внесённого в виде аммиачной селитры при посеве озимой пшеницы, наименьшая – при совместном применении комплексных удобрений и азотной подкормки (10,1–11,7 кг).

Урожайность озимой пшеницы после подсолнечника при прямом посеве в необработанную почву без удобрений была ниже, чем по гороху – в среднем на 0,66 т/га (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние удобрений на урожайность озимой пшеницы при возделывании без обработки почвы по предшественнику подсолнечник

Доза при посеве, кг д.в./га	Доза подкормки, кг д.в./га	Урожайность по годам, т/га			Среднее за три года, т/га	C _v *, %	Доля удобрений в урожае, %	Средняя прибавка от внесения удобрений		
		2016/17	2017/18	2018/19				в рядки, т/га	подкормки, т/га	от 1 кг д.в., кг
0	0	3,19	2,22	4,10	3,17	30				
N ₆ P ₂₆		2,86	2,81	5,36	3,68	40	14	0,51		15,8
N ₁₂ P ₅₂		2,85	3,08	5,58	3,84	39	17	0,67		10,4
N ₂₄ P ₁₀₄		3,26	3,24	5,84	4,11	36	23	0,94		7,4
N ₅₂ P ₅₂		3,52	3,55	5,61	4,23	28	25	1,06		10,2
N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂		3,96	4,20	5,74	4,63	20	32	1,46		9,4
N ₅₂		3,70	4,49	3,91	4,03	10	21	0,86		16,6
N ₁₀₄ P ₅₂ K ₅₂		5,22	6,45	6,10	5,92	11	47	2,75		13,2
0	N ₅₂	3,12	3,79	3,08	3,33	12	5		0,16	3,1
N ₆ P ₂₆		4,16	5,14	4,32	4,54	12	30	1,21	0,86	16,3
N ₁₂ P ₅₂		3,97	5,35	4,33	4,55	15	30	1,22	0,71	11,9
N ₂₄ P ₁₀₄		3,25	5,78	4,18	4,40	29	28	1,07	0,29	6,9
N ₅₂ P ₅₂		4,78	5,93	4,33	5,01	16	37	1,68	0,79	11,8
N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂		4,93	6,82	4,54	5,43	22	42	2,10	0,80	10,9
N ₅₂		4,40	5,42	2,90	4,24	30	25	0,91	0,21	10,3
N ₁₀₄ P ₅₂ K ₅₂		5,50	8,25	4,67	6,14	31	48	2,81	0,22	11,4
НСР ₀₅		0,80	0,85	0,60	0,78			0,32	0,16	

Примечание. * коэффициент вариации урожайности за годы исследований.

Удобрения при рядковом способе внесения способствовали увеличению сбора зерна на 0,51–2,75 т/га, что на 0,26–0,74 т/га ниже, чем по зернобобовому предшественнику. Положительная реакция озимой пшеницы на рядковое удобрение по подсолнечнику оказалась слабее, чем по гороху, что связано, скорее всего, с нехваткой легкоусвояемого азота, повышающей коэффициент использования других элементов питания из удобрений. При этом варьирование урожайности по годам исследования было более значительным, чем по гороху – от 10 до 40 %. Это свидетельствует о тесной взаимосвязи эффективности удобрений и погодных условий, что заметно усложняет прогноз возможной отдачи от удобрений. Максимальная отзывчивость на припосевное внесение удобрения, также как и по гороху, зафиксирована при внесении самой высокой дозы полного удобрения – N₁₀₄P₅₂K₅₂ (2,75 т/га), минимальная – в вариантах преимущественного внесения фосфора в виде аммофоса – 0,51–0,67 т/га. Это показывает первостепенное значение азота в достижении высокой урожайности озимой пшеницы в технологии без обработки почвы, что хорошо согласуется с данными, полученными другими исследователями [7, 10, 12, 17]. Доля припосевного внесения удобрения в урожае культуры находилась в пределах 14–47 %. В повышении сбора зерна по предшественнику подсолнечник существенную роль сыграла азотная подкормка. При внесении при посеве удобрений с равным или более низким отношением азота к

фосфору (N_6P_{26} , $N_{12}P_{52}$, $N_{52}P_{52}$, $N_{52}P_{52}K_{52}$) азотная подкормка увеличила урожайность культуры в среднем на 0,71–0,86 т/га. При этом отдача от припосевного удобрения также возросла в 1,4–2,4 раза (на 0,55–0,70 т/га). Наибольшая урожайность (5,43–6,14 т/га) получена в вариантах опыта с применением полного удобрения с двойной и тройной по отношению к фосфору дозой азота – $N_{104}P_{52}K_{52}$ (5,92 т/га), $N_{52}P_{52}K_{52}+N_{52}$ (5,43 т/га) и $N_{104}P_{52}K_{52}+N_{52}$ (6,14 т/га). Средний прирост зерна от применения 1 кг д.в. удобрения составил 10,9–13,2 кг. В сумме было внесено от 208 до 260 кг/га д.в. удобрения, из которых на долю азота приходилось 50–60 %.

Почти во всех вариантах опыта на каждый килограмм д.в. удобрения было получено больше 9 кг зерна (9,4–16,6 кг). Исключение составил вариант с двойной дозой фосфора – $N_{24}P_{104}$ (7,4 кг). Самый высокий прирост сбора зерна от 1 кг д.в. удобрения, как и по предшественнику горох, отмечен при внесении при посеве только азота в дозе N_{52} (16,6 кг), а также от применения 0,5 ц/га аммофоса в дополнении с подкормкой – $N_6P_{26} + N_{52}$ (16,3 кг).

В третий год прямого посева без обработки почвы урожайность озимой пшеницы по обоим предшественникам в сравнение с первым годом снизилась как на контроле, так и на большинстве удобренных вариантов: по гороху – в среднем на 0,45–1,77 и по подсолнечнику – на 0,60–1,54 т/га (таблица 4).

Таблица 4 – Средняя урожайность озимой пшеницы в первый (2014–2017 гг.) и третий (2016–2019 гг.) годы прямого посева, т/га

Доза при посеве, кг д.в./га	Доза подкормки, кг д.в./га	По предшественнику горох			По предшественнику подсолнечник		
		1-й год	3-й год	разность между третьим и первым годом	1-й год	3-й год	разность между третьим и первым годом
0	0	5,07	3,83	-1,24	4,02	3,17	-0,85
$N_{12}P_{52}$		6,22	4,59	-1,63	5,11	3,83	-1,28
$N_{24}P_{104}$		6,67	5,36	-1,31	5,62	4,11	-1,51
$N_{52}P_{52}$		6,23	5,58	-0,65	5,77	4,23	-1,54
$N_{52}P_{52}K_{52}$		6,70	6,00	-0,70	5,97	4,63	-1,34
N_{52}		5,21	5,43	0,22	5,08	4,03	-1,05
$N_{104}P_{52}K_{52}$		6,63	6,89	0,26	6,52	5,92	-0,60
0	N_{52}	5,45	3,68	-1,77	4,36	3,33	-1,03
$N_{12}P_{52}$		6,62	5,18	-1,44	5,39	4,55	-0,84
$N_{24}P_{104}$		6,14	5,69	-0,45	5,90	4,40	-1,50
$N_{52}P_{52}$		6,50	5,87	-0,63	6,03	5,01	-1,02
$N_{52}P_{52}K_{52}$		5,98	6,05	0,07	6,22	5,43	-0,79
N_{52}		5,64	4,97	-0,67	5,32	4,24	-1,08
$N_{104}P_{52}K_{52}$		6,12	6,47	0,35	6,22	6,14	-0,08
НСР ₀₅		0,23 т/га ($F_{факт.} = 33,1$; $F_{табл.} = 3,9$)			0,24 т/га ($F_{факт.} = 74,0$; $F_{табл.} = 3,9$)		

Лишь внесение по зернобобовому предшественнику полного удобрения с двойной и тройной дозой азота по отношению к фосфору ($N_{104}P_{52}K_{52}$ и $N_{104}P_{52}K_{52}+N_{52}$) позволило не только достичь уровня первого года, но и превысить его на 0,26–0,35 т/га. По подсолнечнику также только применение самой высокой дозы рядкового удобрения с подкормкой ($N_{104}P_{52}K_{52}+N_{52}$) способствовало получению урожайности на уровне первого года.

Сравнение урожайности озимой пшеницы в третий год прямого посева с урожайностью в технологии с рекомендуемой системой обработки почвы показало существенное преимущество рыхления почвы при использовании практически всех видов и доз удобрений по обоим предшественникам. Различия в урожайности между технологиями при внесении одинаковых доз удобрений по предшественнику горох

находились в пределах 0,18–1,32 т/га; по подсолнечнику – 0,27–1,16 т/га. Практически равный по величине урожай (с несущественной разностью 0,07–0,08 т/га) сформировался лишь при внесении по зернобобовому предшественнику N₅₂P₅₂K₅₂ и N₅₂P₅₂+N₅₂; по подсолнечнику – N₁₀₄P₅₂K₅₂. Достигнуть более высокой урожайности озимой пшеницы (на 0,16–0,35 т/га) при прямом посеве без обработки почвы по сравнению с традиционной технологией возможно только при размещении её после гороха и с внесением в рядки N₅₂ или N₁₀₄P₅₂K₅₂ (таблица 5).

Таблица 5 – Сравнение урожайности озимой пшеницы при прямом посеве и в технологии с рекомендуемой обработкой почвы, т/га (среднее за 2016–2019 гг.)

Доза рядкового удобрения, кг д.в./га	Доза подкормки, кг д.в./га	По предшественнику горох		По предшественнику подсолнечник	
		рекомендуемая	прямой посев третьего года	рекомендуемая	прямой посев третьего года
0	0	4,43	3,83	4,03	3,17
N ₆ P ₂₆		5,22	4,60	3,95	3,68
N ₁₂ P ₅₂		5,91	4,59	4,50	3,83
N ₂₄ P ₁₀₄		6,15	5,36	4,55	4,11
N ₅₂ P ₅₂		6,10	5,58	4,95	4,23
N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂		5,92	6,00	5,33	4,63
N ₅₂		5,08	5,43	4,83	4,03
N ₁₀₄ P ₅₂ K ₅₂		6,74	6,89	6,00	5,92
0		N ₅₂	4,95	3,68	4,57
N ₆ P ₂₆	5,41		5,20	5,30	4,73
N ₁₂ P ₅₂	5,81		5,18	5,59	4,84
N ₂₄ P ₁₀₄	5,99		5,69	6,11	4,98
N ₅₂ P ₅₂	5,80		5,87	6,27	5,13
N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	6,32		6,05	6,29	5,68
N ₅₂	5,14		4,97	5,32	4,16
N ₁₀₄ P ₅₂ K ₅₂	7,12		6,47	6,77	6,46
HCP ₀₅			0,16 т/га (F _{факт.} = 40,3; F _{табл.} = 3,9)		0,15 т/га (F _{факт.} = 133,9; F _{табл.} = 3,9)

К важным показателям технологических свойств и пищевой ценности зерна относится содержание сырой клейковины. Значения этого показателя находились в тесной зависимости от метеорологических условий года и питательного режима почвы (вида и дозы удобрения). В обеих изучаемых технологиях и по обоим предшественникам зерно с наибольшим содержанием клейковины (27,0–31,3 %) сформировалось в 2018/19 сельскохозяйственном году с засушливым периодом весенне-летней вегетации при внесении в рядки N₁₀₄P₅₂K₅₂ (таблица 6). За весь период исследований в обеих технологиях по предшественнику горох применение при посеве этой дозы удобрения, а также N₅₂, позволило получать зерно более высокого класса качества в сравнении с контролем и другими вариантами удобрений. При этом прослеживалась тенденция к тому, что во влажный год (2016/17) массовая доля сырой клейковины в зерне была выше при прямом посеве культуры (на 0,7–5,9 %), а в засушливый год (2018/19) – в классической технологии с обработкой почвы (на 1,5–5,7 %). По подсолнечнику вероятность получения зерна с высокими показателями качества существенно ниже, чем по гороху, особенно при прямом посеве культуры. Вместе с тем, применение при посеве N₅₂, N₅₂P₅₂K₅₂ и N₁₀₄P₅₂K₅₂ также способствовало в отдельные годы формированию зерна с более высоким классом качества (III, IV класс). В вегетационный сезон 2018/19 года зерно с высоким содержанием сырой клейковины не соответствовало требованиям II класса из-за низких показателей общей стекловидности – 47,2–49,2 %. Во все годы исследования в обеих технологиях и по обоим предшественникам независимо от вида и дозы удобрения общая стекловидность зерна была ниже 60 %.

За весь период исследований наиболее низкие показатели качества зерна отмечены в 2017/18 сельскохозяйственном году, хотя по количеству выпавших осадков и температурному режиму этот год не был экстремальным – очень влажным или очень сухим. Существенному снижению содержания клейковины в зерне способствовали крайне неблагоприятные условия репродуктивного периода. В июне налив зерна проходил при температурах, превышающих климатическую норму на 3,3 °С и при полном отсутствии осадков. К тому же перед уборкой выпали осадки ливневого характера. Это привело в большинстве вариантов опыта к формированию зерна V класса качества. Как было отмечено выше, даже в таких неблагоприятных условиях лишь внесение при посеве N₁₀₄P₅₂K₅₂ или N₅₂ позволило получить продовольственное зерно IV класса с массовой долей сырой клейковины 18,1–22,8 %.

Таблица 6 – Массовая доля сырой клейковины в зерне при разных технологиях возделывания озимой пшеницы, %

Технология	Доза удобрения при посеве, кг д.в./га	По предшественнику горох			По предшественнику подсолнечник		
		2016/17 г.	2017/18 г.	2018/19 г.	2016/17 г.	2017/18 г.	2018/19 г.
Рекомендуемая	0	19,2	13,2	26,9	17,9	16,4	22,0
	N ₆ P ₂₆	19,8	15,0	24,1	18,4	14,2	19,8
	N ₁₂ P ₅₂	18,7	13,0	23,6	19,1	16,9	20,3
	N ₂₄ P ₁₀₄	18,9	13,7	25,4	17,7	13,8	21,2
	N ₅₂ P ₅₂	20,2	13,0	25,8	16,6	14,6	23,4
	N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	20,5	15,9	25,6	16,8	15,3	25,7
	N ₅₂	23,6	20,2	28,8	17,4	20,1	28,7
	N ₁₀₄ P ₅₂ K ₅₂	23,6	22,8	30,4	19,0	21,2	31,3
Прямой посев без обработки почвы	0	20,6	15,5	21,5	18,7	7,4	22,9
	N ₆ P ₂₆	21,4	12,8	20,0	17,8	9,1	21,8
	N ₁₂ P ₅₂	19,4	11,9	18,3	17,7	10,5	22,0
	N ₂₄ P ₁₀₄	22,9	12,2	19,7	16,7	6,0	21,3
	N ₅₂ P ₅₂	22,5	14,4	21,3	17,0	10,3	22,5
	N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	26,4	15,4	22,7	19,7	10,3	24,3
	N ₅₂	24,6	22,0	27,0	18,5	15,4	25,4
	N ₁₀₄ P ₅₂ K ₅₂	25,6	21,5	28,9	19,5	18,1	27,0
НСР ₀₅ по технологиям	0,97	F _{факт} < F _{табл}	0,98	F _{факт} < F _{табл}	1,83	F _{факт} < F _{табл}	
НСР ₀₅ по дозам удобрений	1,93	2,49	1,96	F _{факт} < F _{табл}	3,66	1,98	

Выводы

Результаты исследований показали высокую отзывчивость озимой пшеницы на припосевное применение минеральных удобрений в третий год возделывания культур в технологии прямого посева без обработки почвы на черноземе обыкновенном Ставропольского края. Прибавка урожайности по сравнению с контролем без применения удобрений по предшественнику горох варьировала в пределах от 0,76 до 3,06 т/га; по подсолнечнику – от 0,51–2,75 т/га. В технологии прямого посева по обоим предшественникам наибольшую и стабильную урожайность (коэффициент вариации 8–11 %) обеспечило внесение в рядки N₁₀₄P₅₂K₅₂ – 6,89 и 5,92 т/га соответственно. Применение этой дозы удобрения способствовало формированию урожайности озимой пшеницы на уровне первого года прямого посева и технологии с рекомендуемой системой обработки почвы. При этом формировалось зерно III и IV класса качества с более высоким содержанием сырой клейковины по сравнению с другими дозами удобрений: по гороху – на 1,6–

9,8 % и по подсолнечнику – на 1,1–11,5 %. По обоим предшественникам влияние азотного удобрения, внесённого в рядки при посеве культуры, оказалось сильнее действия ранневесенней подкормки. В технологии прямого посева азотная подкормка сыграла существенную роль в повышении урожайности культуры лишь по предшественнику подсолнечник, прибавка в среднем составила 0,21–0,86 т/га. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности применения повышенных доз минеральных удобрений, особенно азотных, на начальном этапе возделывания озимой пшеницы без обработки почвы даже по зернобобовому предшественнику.

Литература

1. Derpsch R., Friedrich T., Kassam A., Li H. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits // *J. Agricultural and Biological Engineering*. 2010. Vol. 3. P. 1–25.
2. Соколов М. С., Глинушкин А. П., Спиридонов Ю. Я., Торопова Е. Ю., Филипчук О. Д. Технологические особенности почвозащитного ресурсосберегающего земледелия (в развитие концепции ФАО) // *Агрохимия*. 2019. № 5. С. 3–20. DOI: 10.1134/S000218811905003X.
3. Kudeyarov V. N. Soil-Biogeochemical Aspects of Arable Farming in the Russian Federation // *Soil Science*. 2019. No. 1. P. 109–121. DOI: 10.1134/S0032180X1901009X.
4. Байбеков Р.Ф. Природоподобные технологии – основа стабильного развития земледелия // *Земледелие*. 2018. № 2. С. 5–8. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10201.
5. Wall P. Experiences with crop residue cover and direct seeding in the Bolivian highlands // *Mountain Research and Development*. 1999. Vol. 19. No. 4. P. 313–317.
6. Дридигер В. К. Опыт внедрения технологии прямого посева в Аргентине // *Сборник трудов Международной конференции «Инновационные пути развития агропромышленного комплекса: задачи и перспективы»*. Зеленоград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2012. С. 191–206.
7. Быкин А. В., Бордюжа Н. П., Тарасенко А. В. Оптимизация азотного питания кукурузы на зерно при консервативных способах обработки почвы // *Агрохимический вестник*. 2014. № 2. С. 32–34.
8. Чевердин Ю. И., Сапрыкин С. В., Пшеничная И. А. Влияние минимизации приемов основной обработки почвы на плотность сложения чернозема сегрегационного и урожайность озимой пшеницы // *Агрохимия*. 2018. № 10. С. 12–26. DOI: 10.1134/S000218811810006X.
9. Сычёв В. Г., Шафран С. А. Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений. М.: ВНИИА, 2013. 296 с.
10. Malhi S. S., Nyborg M., Goddard T., Puurveen D. Long-term tillage, straw management and N fertilization effects on quantity and quality of organic C and N in a Black Chernozem soil // *Nutr. Cycl. Agroecosyst*. 2011. Vol. 90. P. 227–241.
11. Шустикова Е. П., Шаповалова Н. Н. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественника, минеральных удобрений и условий увлажнения в длительном полевом опыте на черноземе обыкновенном // *Агрохимия*. 2012. № 7. С. 48–56.
12. Zavalin A. A., Dridiger V. K., Belobrov V. P., Yudin S. A. Nitrogen in chernozems with traditional processing technology and direct sowing (review) // *Soil science*. 2018. No. 2. P.1506–1516. DOI: 10.1134/S0032180X18120146.
13. Kiryushin V. I. Management of soil fertility and productivity of agrocenoses in adaptive landscape systems of agriculture // *Soil science*. 2019. No. 9. P. 1130-1139. DOI: 10.1134/S0032180X19070062.
14. Удовыдченко В. И., Петрова Л. Н., Дридигер В. К., Антонов С. А., Андрианов Д. Ю., Дзыбов Д. С., Кравцов В. В., Ерошенко Ф. В., Куприченко М. Т., Ковтун В. И., Кузыченко Ю. А., Шустикова Е. П., Хрипунов А. И., Шаповалова Н. Н., Чертов В. Г., Володин А. Б., Комаров Н. М., Лапенко Н. Г., Галушко Н. А., Давидянц Э. С., Чапцев А. Н., Чапцева Т. В., Шлыкова Т. Д., Браткова Л. Г., Чумакова В. В., Общия Е. Н., Багринцева В. Н., Ходжаева Н. А., Федотов А. А., Нешин И. В Система земледелия нового поколения Ставропольского края: монография. Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет АГРУС, 2013. 520 с.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
16. Сычёв В. Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования. М.: РАН, 2019. С. 7.
17. Беляева О. Н. Система No-till и её влияние на доступность азота почв и удобрений: обобщение опыта // *Земледелие*. 2013. № 7. С. 16–18.

References

1. Derpsch R., Friedrich T., Kassam A., Li H. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits // *J. Agricultural and Biological Engineering*. 2010. Vol. 3. P. 1–25.

2. Sokolov M. S., Glinushkin A. P., Spiridonov Yu. Ya., Toropova E. Yu., Filipchuk O. D. Technological features of soil protection resource-saving agriculture (in development of the FAO concept) // *Agrohimia*. 2019. No. 5. P. 3–20. DOI: 10.1134/S000218811905003X.
3. Kuderyarov V. N. Soil-biogeochemical aspects of arable farming in the Russian Federation // *Soil Science*. 2019. No. 1. P. 109–121. DOI: 10.1134/S0032180X1901009X.
4. Baibekov R. F. Nature-like technologies is the basis for sustainable development of agriculture // *Zemledelie*. 2018. No. 2. P. 5–8. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10201.
5. Wall P. Experiences with crop residue cover and direct seeding in the Bolivian highlands // *Mountain Research and Development*. 1999. Vol. 19. No. 4. P. 313–317.
6. Drydiger V. K. Experience in the introduction of direct sowing technology in Argentina // Collection of works of the International Conference “Innovative Ways for the Development of the Agro-Industrial Complex: Challenges and Prospects”. Zernograd: Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE “Don State Agrarian University” in Zernograd, 2012. P. 191–206.
7. Bykin A. V., Bordyuzha N. P., Tarasenko A. V. Optimization of nitrogen nutrition of corn at direct sowing // *Agrochemical herald*. 2014. No. 2. P. 32–34.
8. Cheverdin Yu. I., Saprykin S. V., Pshenichnaya I. A. Effect of minimization of main soil tillage methods on bulk density of segregated chernozem and winter wheat yield // *Agrohimia*. 2018. No.10. P. 12–26. DOI: 10.1134/S000218811810006X.
9. Sychev V. G., Shafran S. A. *Agrochemical properties of soils and efficiency of mineral fertilizers*. Moscow: VNIIA, 2013. 296 p.
10. Malhi S. S., Nyborg M., Goddard T., Puurveen D. Long-term tillage, straw management and N fertilization effects on quantity and quality of organic C and N in a Black Chernozem soil // *Nutr. Cycl. Agroecosyst*. 2011. Vol. 90. P. 227–241.
11. Shustikova E. P., Shapovalova N. N. The yield of winter wheat depending on the predecessor, mineral fertilizers and humidification conditions in a long field experience on ordinary chernozem // *Agrohimia*. 2012. No. 7. P. 48–56.
12. Zavalin A. A., Dridiger V. K., Belobrov V. P., Yudin S. A. Nitrogen in chernozems with traditional processing technology and direct sowing (review) // *Soil science*. 2018. No. 2. P.1506–1516. DOI: 10.1134/S0032180X18120146.
13. Kiryushin V. I. Management of soil fertility and productivity of agrocenoses in adaptive landscape systems of agriculture // *Soil science*. 2019. No. 9. P. 1130–1139. DOI: 10.1134/S0032180X19070062.
14. Udovychenko V. I., Petrova L. N., Dridiger V. K., Antonov S. A., Andrianov D. Yu., Dzybov D. S., Kravtsov V. V., Eroshenko F. V., Kuprichenko M. T., Kovtun V. I., Kuzychenko Yu. A., Shustikova E. P., Khripunov A. I., Shapovalova N. N., Chertov V. G., Volodin A. B., Komarov N. M., Lapenko N. G., Galushko N. A., Davidyants E. S., Chaptsev A. N., Chaptseva T. V., Shlykova T. D., Bratkova L. G., Chumakova V. V., Obshchiya E. N., Bagrintseva V. N., Khodzhaeva N. A., Fedotov A. A., Neshin I. V., Kulintsev V. V., Godunova E. I., Zhelnakova L. I. *System of agriculture of the new generation of the Stavropol Territory: monograph*. Stavropol: Publishing house of the Stavropol State Agrarian University AGRUS, 2013. 520 p.
15. Dospikhov B. A. *Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results)*. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
16. Sychev V. G. *The current state of soil fertility and the main aspects of its regulation*. Moscow: RAS, 2019. P. 7.
17. Belyaeva O. N. System No-till system and its influence on availability of soil nitrogen and fertilizers: generalization of the experience // *Zemledelie*. 2013. No.7. P. 16–18.

UDC 631.8:633.11«324»:631.5

Shapovalova N. N., Voropaeva A. A., Galushko N. A., Menkina E. A, Akhmedshina D. A.
**YIELD AND QUALITY OF WINTER WHEAT GRAIN ON THE BACKGROUND
OF FERTILIZERS AND DIRECT SOWING ON ORDINARY CHERNOZEM
UNDER STAVROPOL CONDITIONS**

Summary. The problem of reducing crop yields during the transition from classical technology of cultivation to the technology without tillage (no-till) can be solved by the most effective use of fertilizers. The purpose of the research was to study the influence of mineral fertilizers on the yield and quality of winter wheat grain under direct sowing in the Stavropol Territory. Studies were carried out in 2015-2019 on the experimental field of the North Caucasus Federal Agricultural Research Centre. Winter wheat was sown using two cultivation techniques for growing crops with and without

*disturbing the soil through tillage. Preceding crops – pea and sunflower. Fertilizers were added to the rows simultaneously with the *Triticum vulgare* L. sowing; topsoil dressing was carried out using N_{52} according to the method of splitting dividers. Options (amount of fertilizers added to the rows): 1. Without fertilizers; 2. N_6P_{26} ; 3. $N_{12}P_{52}$; 4. $N_{24}P_{104}$; 5. $N_{52}P_{52}$; 6. $N_{52}P_{52}K_{52}$; 7. N_{52} ; 8. $N_{104}P_{52}K_{52}$. In the third year of direct sowing (2017–2019), winter wheat showed high responsiveness to the addition of all doses of fertilizers in rows. The yield increase in case of pea being preceding crop varied between 0.76–3.06 t/ha; sunflower – 0.51–2.75 t/ha. $N_{104}P_{52}K_5$ contributed to the highest and most stable yield – 6.89 t/ha and 5.92 t/ha after pea and sunflower, respectively. The increase from 1 kg of the active substance of the fertilizer was 14.7 and 13.2 kg of grain. The use of this dose of fertilizer minimized crop losses compared to the first year of wheat cultivation using no-till farming and classical agricultural technique. At the same time, the 3rd and 4th class grain was formed. Higher content of raw gluten compared to other doses of fertilizers was noted likewise: 1.6–9.8 % (preceding crop – pea) and 1.1–11.5 % (preceding crop – sunflower) more. Nitrogen fertilization played a significant role in increasing yields only after sunflower (the average increase was 0.21–0.86 t/ha).*

Keywords: direct sowing, winter wheat (*Triticum vulgare* L.), mineral fertilizers, fertilizers in rows, nitrogen feeding, grain quality.

Шаповалова Надежда Николаевна, заведующая лабораторией почвоведения и агрохимии, научный сотрудник, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; 356241, Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; e-mail: schapovalova.nadejda@yandex.ru.

Воропаева Анастасия Анатольевна, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; 356241, Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; e-mail: kerya008@rambler.ru.

Галушко Наталия Алексеевна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией качества зерна, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; 356241, Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; e-mail: natasotka@mail.ru.

Менькина Елена Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории почвоведения и агрохимии, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; 356241, Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; e-mail: zzigen@list.ru.

Ахмедшина Дарья Андреевна, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; 356241, Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; e-mail: dariaxmed@gmail.com.

Shapovalova Nadezhda Nikolaevna, researcher, head of the Laboratory of soil science and agrochemistry, FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre” (North Caucasus FARC); 49, Nikonova str., Mikhaylovsk, Stavropol territory, 356241, Russia; e-mail: schapovalova.nadejda@yandex.ru.

Voropaeva Anastasia Anatolievna, junior researcher, FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre” (North Caucasus FARC); 49, Nikonova str., Stavropol territory, 356241, Russia; e-mail: kerya008@rambler.ru.

Galushko Natalia Alekseevna, Cand. Sc. (Biol.), leading researcher, head of the grain quality Laboratory, FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre” (North Caucasus FARC); 49, Nikonova str., Stavropol territory, 356241, Russia; e-mail: natasotka@mail.ru.

Menkina Elena Aleksandrovna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher, FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre” (North Caucasus FARC); 49, Nikonova str., Stavropol territory, 356241, Russia; e-mail: zzigen@list.ru

Akhmedshina Darya Andreevna, junior researcher, FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre” (North Caucasus FARC); 49, Nikonova str., Stavropol territory, 356241, Russia; e-mail: dariaxmed@gmail.com.

Дата поступления в редакцию – 21.07.2020.

Дата принятия к печати – 05.09.2020

