



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

ТАВРИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК АГРАРНОЙ НАУКИ

научный журнал

ISSN 2542-0720



№ 4 (16)
2018



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

ТАВРИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК АГРАРНОЙ НАУКИ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

TAURIDA HERALD
OF THE AGRARIAN SCIENCES

№ 4 (16)

2018

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: tvestnik@niishk.ru

Издатели:

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

ФГБНУ «АНЦ «Донской», 347740,
Ростовская обл., Зерноградский р-н,
г. Зерноград, ул. Научный городок, 3,
т/ф. (863-59) 41-4-68,
e-mail: vnizk30@mail.ru

Формат 60x84/8, усл. печ. л. 10.00
Заказ № 12А/17.
Тираж 500 экз.

Подписано к печати 14.11.2018.
Отпечатано с оригинал-макета
в типографии ИП Бражников Д.А.,
295053, Республика Крым,
Симферополь, ул. Оленчука, 63,
тел.: +7 978 71-72-902
e-mail: braznikov@mail.ru

Дата выхода: 18.12.2018 г.
Дизайн и верстка - Н.С. Овчаренко,
Е.А. Дунаева
© ФГБУН «НИИСХ Крыма», 2018.
© Авторы статей, 2018.
© Авторы иллюстраций, 2018.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Алабушев А.В., д.с.-х.н., профессор, академик РАН, директор ФГБНУ «АНЦ «Донской»; 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»; Бабанина С.С., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Бабина Р.Д., к.с.-х.н., ФГБУН «НБС-ННЦ»; Бабицкий Л.Ф., д.т.н., профессор АБиП ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»; Баденко В.Л., д.т.н., профессор СПбПУ; 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»; Гревцова С.А., к.б.н., ФГБОУ ВО «Горский ГАУ»; Дидович С.В., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Донник И.М., д.б.н., профессор, академик РАСХН, вице-президент РАН; Дунаева Е.А., к.т.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Егорова Н.А., д.б.н., ФГБУН «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»; Лупян Е.А., д.т.н., ФГБУН «ИКИ РАН»; Мельничук Т.Н., д.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Митрофанова И.В., д.б.н., ФГБУН «НБС-ННЦ», профессор ФГБОУ ВПО «Уральский ГАУ»; Мишнёв А.В., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Моисеев К.Г., к.т.н., ФГБНУ АФИ; Мягих Е.Ф., к.б.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Надыкта В.Д., д.т.н., профессор, академик РАН, вице-президент ВПРС МОББ, чл.-корр. Академии технологических наук, директор ФГБНУ ВНИИБЗР; Невкрытая Н.В., к.б.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Немтинов В.И., д.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Овчаренко Н.С., к.б.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Остапчук П.С., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Паштецкий В.С., д.с.-х.н., директор ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Плугатарь Ю.В., д.с.-х.н., директор ФГБУН «НБС-ННЦ»; Просянкина И.Б., к.б.н., Таврическая академия ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»; Радченко Л.А., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Сейтумеров Э.Э., к.т.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Скипор О.Б., к.с.-х.н., ФГБУН «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 ФГБОУ ВО «КГМТУ»; Тарасенко В.С., д.г.-м.н., профессор, ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Терлеев В.В., д.с.-х.н., профессор СПбПУ; Тимашёва Л.А., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Тихонович И.А., д.б.н., академик РАН, директор ФГБНУ «ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии»; Тищенко А.П., д.с.-х.н., Крымский филиал ФГБНУ «РосНИИПМ»; Топунов А.Ф., д.б.н., профессор ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН; Турина Е.Л., к.с.-х.н., ФГБУН «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; Цугкиев Б.Г., д.с.-х.н., профессор ФГБОУ ВО «Горский ГАУ»; Чайковская Л.А., д.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Чеходариди Ф.Н., д.в.н., профессор ФГБОУ ВО «Горский ГАУ»; Шагапсоев С.Х., д.б.н., профессор «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова».

В журнале печатаются ранее неопубликованные 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.

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 No708-11/2015 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.

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

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, Simferopol, Kievskaya Str., 150.

E-mail: priemnaya@niishk.ru

Периодичность выхода научного журнала «Таврический вестник аграрной науки» - четыре раза в год. Подписной индекс - 65981

СОДЕРЖАНИЕ

Алабушев А. В., Попов А. С., Овсянникова Г. В., Сухарев А. А., Игнатъева Н. Г. ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЙ ПОД МЯГКУЮ ОЗИМУЮ ПШЕНИЦУ В ЮЖНОЙ ЗОНЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ	8
Дунаева Е. А., Ёлкина Е. С., Барталёв С. А., Плотников Д. Е., Вечерков В. В., Головастова Е. С. ОСОБЕННОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОСЕВОВ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ СРЕДСТВАМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ	17
Иванисов М. М., Ионова Е. В., Марченко Д. М., Рыбась И. А., Некрасов Е. И., Гричаникова Т. А., Романюкина И. В. ИЗУЧЕНИЕ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО МОРОЗОСТОЙКОСТИ, ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВУ ЗЕРНА	31
Капустин С. И., Володин А. Б., Кравцов В. В., Капустин А. С. МОГАР – ЦЕННАЯ КОРМОВАЯ КУЛЬТУРА	41
Кацкая А. Г. ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ КОЛЛЕКЦИИ БАКЛАЖАНА В КРЫМУ	49
Корсакова С. П. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ПАСПОРТА РАСТЕНИЙ	56
Кривошеев Г. Я., Игнатъев А. С. РАЗРАБОТКА МОДЕЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ, СОЗДАВАЕМЫХ ДЛЯ ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЙ	65
Мельничук Т. Н., Абдурашитов С. Ф., Андронов Е. Е., Еговцева А. Ю., Абдурашитова Э. Р., Гонгало А. А., Турин Е. Н., Зубоченко А. А. ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА МИКРОБИОМА ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО ПРИ ВЛИЯНИИ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ	75
Мельничук Т. Н., Еговцева А. Ю., Абдурашитов С. Ф., Андронов Е. Е., Абдурашитова Э. Р., Радченко А. Ф., Ганоцкая Т. Л., Радченко Л. А. АССОЦИАТИВНЫЕ БАКТЕРИИ К <i>TRITICUM AESTIVUM</i> L. ЧЕРНОЗЕМОВ ЮЖНОГО И ОБЫКНОВЕННОГО	87
Невкрытая Н. В., Мишнев А. В. АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФИРОМАСЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ (ОБЗОР. ЧАСТЬ I)	101
Пахомов В. И., Бахчевников О. Н., Брагинец С. В., Рухляда А. И. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА СВЧ-ВАКУУМНОЙ СУШКИ ЛЮЦЕРНЫ	124
Пехова О. А., Тимашева Л. А., Данилова И. Л. О МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНКРЕТА В СЫРЬЕ РОЗЫ ЭФИРОМАСЛИЧНОЙ И ШАЛФЕЯ МУСКАТНОГО	134
Поползухин П. В., Василевский В. Д., Гайдар А. А. СИСТЕМА УСКОРЕННОГО РАЗМНОЖЕНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВО НОВЫХ СОРТОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР	143

Потрахов Н. Н., Белецкий С. Л., Архипов М. В. АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЗЕРНА НА ОСНОВЕ ПЕРЕДВИЖНОЙ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПРДУ-02	151
Скиба А. В., Кравченко Г. Д. ЭТАПЫ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ СЕЛЕКЦИОННОЙ РАБОТЫ ПО СОЗДАНИЮ СКОРОСПЕЛОГО СОРТА КОРИАНДРА, ПРИГОДНОГО ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПРИ ОЗИМОМ СРОКЕ СЕВА	159
Филиппов Р. А., Хорт Д. О., Смирнов И. Г. ОТКЛОНЯЕМАЯ ФРЕЗЕРНАЯ СЕКЦИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ПРИСТВОЛЬНЫХ ЗОНАХ МНОГОЛЕТНИХ НАСАЖДЕНИЙ	165
Хапчаева С. А., Зотов В. С., Дидович С. В., Топунов А. Ф. МАРКИРОВАНИЕ МИКРОСИМБИОНТОВ <i>PHASEOLUS VULGARIS</i> L. И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ БОБОВО- РИЗОБИАЛЬНОГО СИМБИОЗА	175
Хатефов Э. Б., Керв Ю. А., Бойко В. Н., Головина М. А., Аппаев С. П. РАСШИРЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА ИСХОДНОГО СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА КУКУРУЗЫ МЕТОДОМ РЕДИПЛОИДИЗАЦИИ ТЕТРАПЛОИДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ	191

CONTENTS

Alabushev A. V., Popov A. S., Ovsyannikova G. V., Sukharev A. A., Ignatieva N. G. OPTIMIZATION OF FERTILIZING SYSTEM FOR WINTER SOFT WHEAT IN THE SOUTHERN PART OF THE ROSTOV REGION	8
Dunaieva Ie. A., Elkina E. S., Plotnikov D. E., Bartalev S. A., Vecherkov V. V., Golovastova E. S. FEATURES OF WINTER GRAIN CROPS IDENTIFICATION BY MEANS OF REMOTE SENSING	17
Ivanisov M. M., Ionova E. V., Marchenko D. M., Rybas I. A., Nekrasov E. I., Grichanikova T. A., Romanyukina I. V. STUDY OF WINTER SOFT WHEAT VARIETIES FOR HARDINESS, PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY	31
Kapustin S. I., Volodin A. B., Kravtsov V. V., Kapustin A. S. MOGAR IS A VALUABLE FODDER CROP	41
Katskaya A. G. VARIABILITY OF ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS OF THE COLLECTION OF EGGPLANTS IN THE CRIMEA	49
Korsakova S. P. CRITERIA FOR EVALUATING THE PARAMETERS OF ECO- PHYSIOLOGICAL PASSPORT OF PLANTS	56
Krivosheev G. Ya., Ignatev A. S. DEVELOPMENT OF MODEL VALUES OF PRODUCTIVITY ELEMENTS OF MAIZE HYBRIDS CREATED FOR ARID CONDITIONS	65
Melnichuk T. N., Abdurashytov S. F., Andronov E. E., Egovtseva A. Yu., Abdurashytova E. R., Gongalo A. A., Turin E. N., Zubochenko A. A. CHANGES IN THE COMPOSITION OF THE SOUTHERN CHERNOZEMS SOIL MICROBIOME UNDER THE INFLUENCE OF FARMING SYSTEMS AND MICROBIAL PREPARATIONS	75
Melnichuk T. N., Egovtseva A. Yu., Abdurashitov S. F., Andronov E. E., Abdurashitova E. R., Radchenko A. F., Ganotskaya, T. L., Radchenko L. A. ASSOCIATIVE TO TRITICUM AESTIVUM L. BACTERIA FROM CHERNOZEMS SOUTHERN AND ORDINARY	87
Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V. ACTUAL AND CONTEMPORARY DIRECTIONS OF BIOCHEMICAL RESEARCH OF OIL-BEARING PLANTS (REVIEW, PART I)	101
Pakhomov V. I., Bakhchevnikov O. N., Braginets S.V., Rukhlyada A. I. RESULTS OF THE EXPERIMENTAL STUDY ON ALFALFA MICROWAVE-VACUUM DRYING PROCESS	124
Pekhova O. A., Timasheva L. A., Danilova I. L. METHODOLOGY FOR DETERMINATION THE CONCRETE IN RAW MATERIALS OF ROSE (<i>ROSA L.</i>) AND SAGE (<i>SALVIA SCLAREA L.</i>)	134
Popolzukhin P. V., Vasilevskiy V. D., Gaidar A. A. SYSTEM OF ACCELERATED REPRODUCTION AND INTRODUCTION OF NEW VARIETIES OF GRAIN CROPS IN AGRICULTURAL PRODUCTION	143

Potrakhov N. N., Beletsky S. L., Arkhipov M. V. HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR QUALITY CONTROL OF SEEDS ON THE BASIS OF A TRAVELING X-RAY DIAGNOSTIC INSTALLATION PGU-02	151
Skiba A. V., Kravchenko G. D. STAGES AND EFFICIENCY OF BREEDING WORK ON CREATION OF THE EARLY RIPENING VARIETY OF CORIANDER SUITABLE FOR WINTER SOWING	159
Filippov R. A., Khort D. O., Smirnov I. G. REMOTE MILLING UNIT FOR THE SOIL CULTIVATION IN THE NEAR- TREE-TRUNK ZONE OF FRUIT PLANTS	165
Khapchaeva S. A., Zotov V. S., Didovich S. V., Topunov A. F. MARKING OF NODULE BACTERIA AND EFFECTIVIZATION APPROACHES OF LEGUME-RHIZOBIUM SYMBIOSIS	175
Khatefov E. B., Kerv Yu. A., Boyko V. N., Golovina M. A., Appaev S. P. EXPANSION OF THE GENETIC POLYMORPHISM OF THE INITIAL SELECTION MATERIAL OF CORN BY THE METHOD OF RE- DYPLOIDIZATION OF TETRAPLOID POPULATIONS	191

DOI: 10.25637/TVAN2018.04.01.

УДК: 633.11: 631.5: 631.559.2: 631.8: 631.8.022.3

Алабушев А. В., Попов А. С., Овсянникова Г. В., Сухарев А. А., Игнатьева Н. Г.

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЙ ПОД МЯГКУЮ ОЗИМУЮ ПШЕНИЦУ В ЮЖНОЙ ЗОНЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»

Реферат. В России удобрения вносят лишь на 53,3 % от всех посевных площадей, что приводит к снижению качества получаемой продукции. Цель исследований – определение эффективных доз минеральных удобрений под мягкую озимую пшеницу, которые не только будут способствовать росту урожайности и качества получаемой продукции, но и обеспечат окупаемость затрат и рентабельность производства зерна. Исследования влияния минеральных удобрений на урожайность и качество зерна различных сортов мягкой озимой пшеницы, высеваемой по предшественникам чёрный пар и подсолнечник, проводили в 2014–2016 гг. Определено, что по предшественнику чёрный пар прибавки урожайности в зависимости от сорта озимой пшеницы и дозы внесения удобрений составили 0,57–0,73 т/га, а качественные показатели продукции практически не изменились, оставаясь на уровне II класса. Исследования показали, что по предшественнику подсолнечник влияние минеральных удобрений было более значимым, так как прибавки урожайности достигали 0,69–2,09 т/га в зависимости от дозы удобрений и изучаемого сорта пшеницы. Установлено, что по предшественнику подсолнечник внесение дополнительных азотных подкормок в дозе N_{30} способствовало повышению качества полученного зерна. В контроле (без внесения удобрений) и в вариантах $N_{20}P_{30}K_{20}$, $N_{40}P_{60}K_{40}$, $N_{20}P_{30}K_{20}+N_{30}$ содержание белка в зерне находилось на уровне 11,1–11,9 % а клейковины – 23,1–23,7 % что соответствует продукции IV класса. В вариантах с увеличенной дозой минеральных удобрений ($N_{40}P_{60}K_{40}+N_{30}$) и в варианте с дополнительной подкормкой азотными удобрениями ($N_{20}P_{30}K_{20}+2N_{30}$) содержание белка в зерне составило 12,2–12,6 %, а клейковины – 25,5–26,4 %, что соответствует продукции III класса. Оценка экономической эффективности применения удобрений показала, что по предшественнику чёрный пар дополнительное внесение высоких доз минеральных удобрений экономически не оправдано. Высокий экономический эффект применяемых доз минеральных удобрений отмечен при возделывании мягкой озимой пшеницы по предшественнику подсолнечник, где в вариантах с внесением удобрений рентабельность производства достигала 90,6–130,7 %, тогда как в контроле она не превышала 34,2–45,0 %.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., озимая пшеница, сорт, предшественник, минеральные удобрения, урожайность, экономическая эффективность.

Введение

В Российской Федерации большая часть производимого зерна обладает низкими хлебопекарными качествами и относится к III–IV классу, причём зерна III класса с содержанием клейковины 25 % и более выращивается крайне мало [1]. Снижение качества получаемой продукции объясняется как размещением озимой пшеницы по неудовлетворительным предшественникам (подсолнечник), так и тем, что количество вносимых удобрений остаётся на низком уровне, более того, в Российской Федерации удобрения вносят лишь на 53,3 % от всех посевных площадей [2].

Небольшое количество вносимых удобрений можно объяснить высокой стоимостью туков и опасением сельхозтоваропроизводителей получить низкую

прибыль – ведь в условиях рыночной экономики определяющим фактором целесообразности применения удобрений будет их положительное влияние на урожайность и качество озимой пшеницы.

Цель исследований – определение эффективных доз минеральных удобрений под мягкую озимую пшеницу, которые не только могут способствовать росту урожайности и качества получаемой продукции, но и обеспечат окупаемость затрат и рентабельность производства зерна.

Материалы и методы исследований

Опыты проводили в севообороте лаборатории технологии возделывания зерновых культур ФГБНУ «АНЦ “Донской”» в 2014–2016 гг. Исследованы новые сорта мягкой озимой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ “Донской”». По предшественнику чёрный пар высевали сорта Находка и Аксинья. Варианты доз удобрений: контроль (без внесения удобрений), $P_{30}K_{20}$, $P_{60}K_{40}$, $P_{30}K_{20}+N_{30}$, $P_{60}K_{40}+N_{30}$, $P_{30}K_{20}+2N_{30}$, $P_{60}K_{40}+2N_{30}$. По предшественнику подсолнечник высевали сорта Лилит, Изюминка, Капризуля, Лидия, Капитан. Варианты доз удобрений: контроль, $N_{20}P_{30}K_{20}$, $N_{40}P_{60}K_{40}$, $N_{20}P_{30}K_{20}+N_{30}$, $N_{40}P_{60}K_{40}+N_{30}$, $N_{20}P_{30}K_{20}+2N_{30}$, $N_{40}P_{60}K_{40}+2N_{30}$.

Закладку опытов и дальнейшие исследования осуществляли по общепринятым методикам [3–5]. Повторность в опыте – четырехкратная, расположение делянок – рендомизированное. Общая площадь делянки в опытах – 55 м². Все агротехнические мероприятия выполнены в оптимальные сроки в соответствии с современными требованиями [6, 7]. Норма высева – 5 млн шт. всхожих семян на 1 га. Учёт урожая проведен методом прямого комбайнирования комбайном Сампо SR 2010.

Почва опытного участка – обыкновенный чернозём, рельеф выровненный. Климатические условия 2013–2014 сельскохозяйственных годов характеризуются температурами выше среднесуточных (среднесуточная температура воздуха составила 10,8 °С (норма – 9,6 °С), сумма осадков составила 519,8 мм, что ниже нормы (582,4 мм), выпадали они неравномерно по сезонам и месяцам. Однако условия осени 2013 г. были благоприятны для вегетации озимой пшеницы, так как среднесуточная температура воздуха составила 10,0 °С (норма – 9,7 °С), а количество выпавших осадков было выше нормы и составило 168,0 мм (норма – 131,5 мм). Такие погодные условия способствовали появлению дружных всходов, хорошему развитию растений озимых и перезимовке их в фазе кущения (два–пять стеблей) по всем предшественникам.

Осень 2014 г. была засушливой, что привело к сильному иссушению почвы по непаровым предшественникам, однако выпадение продуктивных осадков во второй и третьей декадах октября (30,8 и 23,5 мм осадков соответственно) способствовало достаточному промачиванию посевного слоя и позволило получить всходы. По непаровым предшественникам развитие растений перед зимовкой было слабым. Однако пониженный температурный режим первой декады апреля, а также интенсивные осадки в апреле и первой декаде мая оказали благоприятное влияние на рост, развитие озимых культур и формирование высокой урожайности зерна по всем изучаемым предшественникам.

Осень 2015 г. была острозасушливой. Всходы озимой пшеницы получены лишь в первой декаде ноября, после выпадения в третьей декаде октября 38,6 мм продуктивных осадков. Вегетация была прекращена 16 ноября, и растения не успели достаточно развиться. Тем не менее, низкие температуры января не повредили растениям, так как высота снежного покрова была достаточной. В зимний период, при наступлении оттепелей, растения озимой пшеницы возобновляли вегетацию, кустились, и ко времени возобновления весенней вегетации (23 февраля) имели, в зависимости от предшественника, один–три стебля. Продуктивные осадки в апреле

отсутствовали, их общее количество не превысило 12,0 мм. В мае осадков выпало в 3,1 раза больше среднемноголетней нормы. Обилие осадков и высокая влажность воздуха способствовали развитию сорной растительности, а также распространению стеблевых и листовых болезней.

Результаты и их обсуждение

В связи с тем, что по предшественнику чёрный пар условия для роста и развития озимой пшеницы близки к оптимальным, дополнительное внесение минеральных удобрений в меньшей степени влияло на урожайность и качество зерна (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы при посеве по предшественнику чёрный пар в зависимости от доз внесения минеральных удобрений

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Превышение контроля, т/га	Белок, %	Клейковина, %	Класс продукции
сорт Находка (в среднем за 2014–2016 гг.)					
Контроль	6,19	–	14,4	29,5	II
P ₃₀ K ₂₀	6,59	0,40	15,0	31,5	II
P ₆₀ K ₄₀	6,64	0,45	15,1	30,7	II
P ₃₀ K ₂₀ +N ₃₀	6,67	0,48	15,9	32,4	I
P ₆₀ K ₄₀ +N ₃₀	6,78	0,59	15,6	30,8	II
P ₃₀ K ₂₀ +2N ₃₀	6,80	0,61	15,7	31,7	II
P ₆₀ K ₄₀ +2N ₃₀	6,92	0,73	15,5	31,9	II
сорт Аксинья (в среднем за 2015–2017 гг.)					
Контроль	7,53	–	14,5	29,7	II
P ₃₀ K ₂₀	7,86	0,33	15,1	31,3	II
P ₆₀ K ₄₀	7,93	0,40	14,8	30,3	II
P ₃₀ K ₂₀ +N ₃₀	7,97	0,44	15,1	30,9	II
P ₆₀ K ₄₀ +N ₃₀	8,02	0,49	15,0	30,2	II
P ₃₀ K ₂₀ +2N ₃₀	8,03	0,50	15,1	30,6	II
P ₆₀ K ₄₀ +2N ₃₀	8,10	0,57	15,2	31,5	II

Примечание. НСР₀₅ т/га – 0,34. Доля влияния факторов: фактор А (удобрения) – 15,2 %; фактор В (сорт) – 66,7 %; взаимодействие АВ – 1,6 %.

Сорт мягкой озимой пшеницы Находка при посеве в контроле формировал урожайность на уровне 6,19 т/га, а сорт Аксинья – 7,53 т/га. Внесение минимальной (P₃₀K₂₀) и оптимальной (P₆₀K₄₀) дозы удобрений способствовало повышению урожайности сорта Находка на 0,40–0,45 т/га, а сорта Аксинья – на 0,33–0,40 т/га. Дополнительная однократная азотная подкормка в вариантах с минимальной (P₃₀K₂₀+N₃₀) и оптимальной (P₆₀K₄₀+N₃₀) дозами способствовала увеличению урожайности сорта Находка на 0,48–0,59 т/га, а сорта Аксинья – на 0,44–0,49 т/га по сравнению с контрольным вариантом. Двукратные азотные подкормки в вариантах P₃₀K₂₀+2N₃₀ и P₆₀K₄₀+2N₃₀ повышали урожайность сорта Находка на 0,61–0,73 т/га, а сорта Аксинья – на 0,50–0,57 т/га соответственно. Математическая обработка данных показала, что практически все вносимые дозы удобрений превышали наименьшую среднюю разницу, однако доля влияния удобрений на урожайность находилась на низком уровне – 15,2 %.

Содержание белка и клейковины в зерне озимой пшеницы под влиянием вносимых доз минеральных удобрений при возделывании её по предшественнику чёрный пар изменялось слабо. Если в контроле озимая пшеница сорта Находка накапливала в зерне 14,4 % белка и 29,5 % клейковины, то внесение минеральных

удобрений увеличивало содержание белка до 15,0–15,9 %, а содержание клейковины – до 30,7–31,9 %. Однако, несмотря на рост показателей качества, на класс продукции внесение удобрений не оказывало практически никакого влияния. Вся продукция соответствовала II классу, лишь сорт Находка при внесении минимальной дозы удобрений и однократной азотной подкормке формировал продукцию I класса.

Несмотря на то, что при внесении удобрений по предшественнику чёрный пар были сформированы прибавки, их величина не могла компенсировать возросшие затраты на производство зерна (таблица 2).

Таблица 2 – Производственная эффективность сортов мягкой озимой пшеницы при посеве по предшественнику чёрный пар в зависимости от внесения минеральных удобрений (в среднем за 2014–2016 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Затраты, р./га	Валовой доход, р./га	Условный чистый доход, р./га	Себестоимость, р./т	Рентабельность, %
сорт Находка						
Контроль	6,19	24326	68882	44556	3930	183,2
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	6,59	25949	73334	47385	3938	182,6
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	6,64	27548	73890	46342	4149	168,2
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +N ₃₀	6,67	27148	74187	47039	4072	173,3
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +N ₃₀	6,78	28742	75448	46706	4239	162,5
сорт Аксинья						
Контроль	7,53	24326	83831	59505	3229	244,6
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	7,86	25949	87466	61517	3301	237,1
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	7,93	27548	88208	60660	3475	220,2
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +N ₃₀	7,97	27148	88653	61505	3408	226,6
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +N ₃₀	8,02	28742	89209	60467	3585	210,4

В среднем за 2014–2016 гг. рентабельность производства в контрольном варианте была выше, чем в вариантах с внесением удобрений, поэтому можно сделать вывод о неэффективности применения минеральных удобрений под озимую пшеницу по предшественнику чёрный пар.

По предшественнику подсолнечник наблюдалась совершенно противоположная зависимость, так как он является одним из худших предшественников под озимую пшеницу из-за высокого выноса питательных веществ из почвы. Согласно нашим исследованиям, по предшественнику подсолнечник озимая пшеница проявила высокую отзывчивость на внесение минеральных удобрений (таблица 3).

Если в контроле урожайность сорта Лилит составила 3,98 т/га, то даже минимальная доза внесения удобрений – на уровне N₂₀P₃₀K₂₀ повышала урожайность на 0,72 т/га. Более высокая доза – на уровне оптимальной N₄₀P₆₀K₄₀ повышала урожайность до 1,00 т/га в среднем за годы исследований. Дополнительная азотная подкормка по таломёрзлой почве в варианте N₂₀P₃₀K₂₀+N₃₀ позволила получить прибавку 0,38 т/га, что увеличило урожайность на 1,10 т/га в сравнении с контрольным вариантом.

В варианте с внесением N₄₀P₆₀K₄₀+N₃₀ прибавка урожайности составила 1,43 т/га. Дополнительная подкормка азотом в вариантах N₂₀P₃₀K₂₀+2N₃₀ и N₄₀P₆₀K₄₀+2N₃₀ позволила увеличить урожайность мягкой озимой пшеницы на 1,35–1,61 т/га соответственно в среднем за годы исследований.

Таблица 3 – Урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы при посеве по предшественнику подсолнечник в зависимости от внесения минеральных удобрений (в среднем за 2014–2016 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Превышение контроля, т/га	Белок, %	Клейковина, %	Класс продукции
сорт Лилит					
Контроль	3,98	–	11,9	23,7	IV
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	4,70	0,72	11,1	23,1	IV
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	4,98	1,00	11,4	23,2	IV
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +N ₃₀	5,08	1,10	11,5	23,6	IV
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +N ₃₀	5,41	1,43	12,2	25,5	III
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +2N ₃₀	5,33	1,35	12,6	26,4	III
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +2N ₃₀	5,59	1,61	13,5	28,0	II
сорт Изюминка					
Контроль	3,98	–	11,3	22,7	IV
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	4,67	0,69	11,0	22,1	IV
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	5,00	1,02	11,3	22,5	IV
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +N ₃₀	5,11	1,13	11,8	23,9	IV
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +N ₃₀	5,55	1,57	12,4	24,9	III
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +2N ₃₀	5,39	1,41	12,3	26,1	III
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +2N ₃₀	5,84	1,86	13,3	26,1	III
сорт Капризуля					
Контроль	4,16	–	11,3	22,6	IV
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	4,90	0,74	10,9	21,6	IV
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	5,32	1,16	11,3	22,3	IV
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +N ₃₀	5,28	1,12	11,8	22,8	IV
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +N ₃₀	5,77	1,61	11,8	24,5	IV
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +2N ₃₀	5,56	1,40	12,7	25,3	III
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +2N ₃₀	6,06	1,90	13,1	26,5	III
сорт Лидия					
Контроль	4,09	–	11,4	21,4	IV
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	4,99	0,90	11,7	22,9	IV
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	5,46	1,37	11,5	24,4	IV
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +N ₃₀	5,44	1,35	12,4	24,1	III
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +N ₃₀	6,01	1,92	11,9	23,9	IV
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +2N ₃₀	5,56	1,47	13,0	27,7	III
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +2N ₃₀	6,18	2,09	13,1	26,4	III
сорт Капитан					
Контроль	3,85	–	11,7	22,4	IV
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	4,64	0,79	11,7	23,8	IV
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	5,17	1,32	11,9	25,0	IV
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +N ₃₀	5,13	1,28	12,4	23,6	III
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +N ₃₀	5,56	1,71	12,2	24,2	III
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +2N ₃₀	5,21	1,36	13,3	27,0	III
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +2N ₃₀	5,65	1,80	13,5	26,3	III

Примечание. НСР₀₅ т/га – 0,32; Доля влияния факторов: фактор А (удобрения) – 67,7 %; фактор В (сорт) – 18,3 %; взаимодействие АВ – 2,8 %.

Вносимые дозы минеральных удобрений в различной степени повлияли на качественные показатели продукции. Если качество зерна мягкой озимой пшеницы сорта Лилит в вариантах: контроль, N₂₀P₃₀K₂₀, N₄₀P₆₀K₄₀, N₂₀P₃₀K₂₀+N₃₀ было практически одинаковым, и возросло лишь количество урожая, то в вариантах с внесением N₄₀P₆₀K₄₀+N₃₀, N₂₀P₃₀K₂₀+2N₃₀, N₄₀P₆₀K₄₀+2N₃₀ возросли и качественные показатели зерна.

В вариантах: контроль, $N_{20}P_{30}K_{20}$, $N_{40}P_{60}K_{40}$, $N_{20}P_{30}K_{20}+N_{30}$ содержание белка в зерне находилось на уровне 11,1–11,9 % а клейковины – 23,1–23,7 % что соответствует продукции четвертого класса. В вариантах с увеличенной дозой минеральных удобрений ($N_{40}P_{60}K_{40}+N_{30}$) и в варианте с дополнительной подкормкой азотными удобрениями ($N_{20}P_{30}K_{20}+2N_{30}$) содержание белка в зерне составило 12,2–12,6 %, а клейковины – 25,5–26,4 %, что соответствует продукции третьего класса. В варианте с внесением $N_{40}P_{60}K_{40}+2N_{30}$ качество продукции соответствовало второму классу, так как содержание белка в зерне достигало 13,5 %, а клейковины – 28,0 %.

Другие изучаемые сорта показали сходные прибавки по урожайности. Максимальную прибавку по сравнению с контролем показал сорт Лидия – 2,09 т/га в варианте с внесением $N_{40}P_{60}K_{40}+2N_{30}$. Математическая обработка данных опыта подтвердила высокую эффективность внесения удобрений под озимую пшеницу на предшественнике подсолнечник. Полученные прибавки урожайности значительно превосходили наименьшую среднюю разницу, а доля влияния удобрений на урожайность достигала 67,7 %.

Самое высокое качество продукции показал сорт Лилит, который в варианте с внесением $N_{40}P_{60}K_{40}+2N_{30}$ формировал продукцию второго класса в среднем за годы исследований. Сорт мягкой озимой пшеницы Капитан был более отзывчив на внесение азотных удобрений, так как формировал зерно третьего класса даже при минимальной дозе внесения минеральных удобрений с дополнительной азотной подкормкой $N_{20}P_{30}K_{20}+N_{30}$. Сорт Лидия в целом сходен по реакции на удобрения с сортом Капитан, однако в варианте с внесением оптимальной дозы $N_{40}P_{60}K_{40}+N_{30}$ из-за большей урожайности (6,01 т/га) однократной подкормки может быть недостаточно для формирования продукции третьего класса по предшественнику подсолнечник.

По предшественнику подсолнечник сорт мягкой озимой пшеницы Капризуля лишь при внесении дополнительной азотной подкормки формировал урожай зерна с качеством, соответствующим третьему классу. В вариантах с внесением $N_{20}P_{30}K_{20}+2N_{30}$ и $N_{40}P_{60}K_{40}+2N_{30}$ содержание белка в зерне составило 12,7 и 13,1 %, а клейковины – 27,7 и 26,4 % соответственно.

Увеличение урожайности, а также рост качественных показателей зерна оказал влияние на экономическую эффективность возделывания мягкой озимой пшеницы (таблица 4). Во всех изученных вариантах внесения удобрений по предшественнику подсолнечник наблюдалась высокая экономическая эффективность по сравнению с контролем, несмотря на возросший уровень материальных затрат. Максимальная рентабельность получена при возделывании сорта мягкой озимой пшеницы Лилит в варианте с внесением оптимальной дозы удобрений и двух азотных подкормок ($N_{40}P_{60}K_{40}+2N_{30}$) – 130,7 % при уровне условного чистого дохода 35 244 р./га. В контрольном варианте уровень рентабельности не превышал 38,6 %, а условный чистый доход составил лишь 7 758 р./га.

Сорт мягкой озимой пшеницы Изюминка в вариантах с внесением $N_{20}P_{30}K_{20}+2N_{30}$ и $N_{40}P_{60}K_{40}+2N_{30}$ показывал максимальную рентабельность производства – 98,8 и 97,2 % соответственно. Высокая рентабельность отмечена и при внесении оптимальной дозы с однократной азотной подкормкой ($N_{40}P_{60}K_{40}+N_{30}$) – 95,6 %. В контрольном варианте показатель рентабельности не превысил 38,6 % в среднем за годы исследований.

Сорт мягкой озимой пшеницы Капризуля показывал максимальный уровень рентабельности в вариантах с двукратными азотными подкормками – 104,4–105,2 %, а сорт Капитан в вариантах с однократными азотными подкормками – 96,1–98,3 %.

Сорт мягкой озимой пшеницы Лидия максимальную рентабельность показал при внесении минимальной дозы удобрений с однократной азотной подкормкой ($N_{20}P_{30}K_{20}+N_{30}$) – 110,3 %. Практически не уступал по рентабельности (108,5 %) и вариант с внесением оптимальной дозы удобрений с двумя подкормками $N_{40}P_{60}K_{40}+2N_{30}$.

Таблица 4 – Производственная эффективность сортов мягкой озимой пшеницы при посеве по предшественнику подсолнечник в зависимости от внесения минеральных удобрений (в среднем за 2014–2016 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Затраты, р./га	Валовой доход, р./га	Условный чистый доход, р./га	Себестоимость, р./т	Рентабельность, %
сорт Лилит						
Контроль	3,98	20079	27837	7758	5049	38,6
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	4,70	22559	32900	10341	4799	45,8
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	4,98	24663	34860	10197	4952	41,3
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +N ₃₀	5,08	23525	35583	12058	4627	51,3
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +N ₃₀	5,41	25820	49201	23381	4775	90,6
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +2N ₃₀	5,33	24668	48533	23865	4625	96,7
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +2N ₃₀	5,59	26962	62206	35244	4823	130,7
сорт Изюминка						
Контроль	3,98	20079	27837	7758	5049	38,6
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	4,67	22559	32713	10154	4827	45,0
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	5,00	24663	35023	10360	4929	42,0
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +N ₃₀	5,11	23525	35770	12245	4603	52,1
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +N ₃₀	5,55	25820	50505	24685	4652	95,6
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +2N ₃₀	5,39	24668	49049	24381	4576	98,8
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +2N ₃₀	5,84	26962	53174	26212	4614	97,2
сорт Капризуля						
Контроль	4,16	20079	29120	9041	4826	45,0
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	4,90	22559	34323	11764	4600	52,1
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	5,32	24663	37240	12577	4635	51,0
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +N ₃₀	5,28	23525	36937	13412	4458	57,0
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +N ₃₀	5,77	25820	40413	14593	4472	56,5
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +2N ₃₀	5,56	24668	50626	25958	4434	105,2
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +2N ₃₀	6,06	26962	55116	28154	4451	104,4
сорт Лидия						
Контроль	4,09	20079	28630	8551	4909	42,6
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	4,99	22559	34930	12371	4520	54,8
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	5,46	24663	38220	13557	4517	55,0
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +N ₃₀	5,44	23525	49474	25949	4327	110,3
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +N ₃₀	6,01	25820	42070	16250	4296	62,9
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +2N ₃₀	5,56	24668	50596	25928	4436	105,1
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +2N ₃₀	6,18	26962	56208	29246	4365	108,5
сорт Капитан						
Контроль	3,85	20079	26950	6871	5215	34,2
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	4,64	22559	32480	9921	4861	44,0
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	5,17	24663	36190	11527	4770	46,7
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +N ₃₀	5,13	23525	46653	23128	4588	98,3
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +N ₃₀	5,56	25820	50626	24806	4641	96,1
N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ +2N ₃₀	5,21	24668	47441	22773	4731	92,3
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ +2N ₃₀	5,65	26962	51385	24423	4774	90,6

Выводы

В условиях южной зоны Ростовской области по предшественнику чёрный пар, при возделывании новых сортов мягкой озимой пшеницы Аксинья и Находка внесение минеральных удобрений не рентабельно, даже при увеличении урожайности до 0,57–0,73 т/га, а качественные показатели зерна, выращенного по предшественнику чёрный пар, достигают II класса даже без внесения удобрений.

По предшественнику подсолнечник внесение минеральных удобрений было эффективным, прибавка урожайности после внесения удобрений составила 0,69–2,09 т/га в зависимости от сорта, а дополнительные азотные подкормки позволили повысить качество продукции, что увеличило рентабельность производства до 90,6–130,7 %, тогда как в контроле уровень рентабельности не превышал 34,2–45,0 %.

Литература

1. Алабушев А. В., Гуреева А. В., Раева С. А. Состояние и направление развития зерновой отрасли. Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2009. 192 с.
2. Манжина С. А. Анализ обеспеченности АПК России удобрениями // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 3(27). С. 199–221.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.
4. Моисейченко В. Ф., Трифонова В. Ф., Заверюха А. Х., Ещенко В. Е. Основы научных исследований в агрономии. М.: Колос, 1996. 336 с.
5. Звягинцев Д. Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых её показателей // Почвоведение. 1978. № 6. С. 48–55.
6. Алабушев А. В., Янковский Н. Г., Овсянникова Г. В., Скрипка О. В., Кравченко М. Е., Сухарев А. А., Гричаникова Т. А., Дёрова Т. Г. Возделывание мягкой озимой пшеницы в Ростовской области. Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2011. 64 с.
7. Бондаренко С. Г., Горбаченко Ф. И., Горячев В. П., Гринько А. В., Егорова О. В., Каптулев С. И., Костылев П. И., Кравченко А. Н., Лабынцев А. В., Пасько С. В., Пахомов В. И., Рыков В. Б., Фетюхин И. В., Целуйко О. А., Шурупов В. Г. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы. Ч. II. Ростов-на-Дону, 2013. 272 с.

References

1. Alabushev A. V., Gureeva A. V., Raeva S. A. State and direction of the grain industry development. Rostov-on-Don: Kniga, 2009. 192 p.
2. Manzhina S. A. Analysis of provision of Russian agroindustrial complex with fertilizers// Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii [Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems]. 2017. No. 3 (27). P.199–221.
3. Dospikhov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
4. Moiseychenko V. F., Trifonova V. F., Zaveryukha A. Kh., Eshchenko V. E. Fundamentals of research in agronomy. Moscow: Kolos, 1996. 336 p.
5. Zvyagintsev D. G. Soil biological activity and scales for assessing some of its indicators // Soil science. 1978. No. 6. P. 48–55.
6. Alabushev A. V., Yankovskiy N. G., Ovsyannikova G. V., Skripka O. V., Kravchenko M. E., Sukharev A. A., Grichanikova T. A., Derova T. G. Cultivation of soft winter wheat in the Rostov region. Rostov-on-Don: Kniga, 2011. 64 p.
7. Bondarenko S. G., Gorbachenko F. I., Goryachev V. P., Grinko A. V., Egorova O. V., Kaptulev S. I., Kostylev P. I., Kravchenko A. N., Labyntsev A. V., Pasko S. V., Pakhomov V. I., Rykov V. B., Fetyukhin I. V., Tseluyko O. A., Shurupov V. G. Zonal farming systems of the Rostov region on the years of 2013–2020. Part II. Rostov-on-Don, 2013. 272 p.

UDC: 633.11: 631.5: 631.559.2: 631.8: 631.8.022.3

Alabushev A. V., Popov A. S., Ovsyannikova G. V., Sukharev A. A., Ignatieva N. G.

OPTIMIZATION OF FERTILIZING SYSTEM FOR WINTER SOFT WHEAT IN THE SOUTHERN PART OF ROSTOV REGION

Summary. *In Russia, fertilizers are applied only to 53.3 % of the total acreage, which reduces the quality of the obtained products. The aim of the research was to determine the effective doses of mineral fertilizer for winter soft wheat, which not only can contribute to the growth of yield and quality improvement, but also ensure cost recovery and profitability of grain production. Field experiments on mineral fertilizer effect on productivity and quality of different varieties of winter soft wheat sown after bare fallow and sunflower were conducted from 2014 to 2016. Research had shown that when wheat was sown after bare fallow its productivity increased by 0.57–0.73 t/ha*

depending on the winter wheat variety and the fertilizer dose, but the quality of the product remained practically the same, i.e. at a level of the 2nd class product. At the same time, the effect of mineral fertilizer on winter soft wheat sown after sunflower was more significant since its productivity increased by 0.69–2.09 t/ha, depending on the fertilizer dose and the wheat variety. It had been established that introduction of additional nitrogen fertilizer in the dose of N₃₀ improved quality of wheat grain (when the preceding crop was sunflower). In the control variants (without fertilization), N₂₀P₃₀K₂₀, N₄₀P₆₀K₄₀ and N₂₀P₃₀K₂₀+N₃₀ protein content was 11.1–11.9 % and gluten content was 23.1–23.7 %, which corresponds to the 4th class product. In the variants with an increased dose of mineral fertilizers (N₄₀P₆₀K₄₀+N₃₀) and in the variant with additional nitrogen fertilizers (N₂₀P₃₀K₂₀+2N₃₀) protein content was 12.2–12.6 %, gluten content was 25.5–26.4 %, which corresponds to the 3rd class product. Evaluation of the economic efficiency of fertilizer use had shown that the additional application of high doses of mineral fertilizers was not economically justified for wheat sown after bare fallow. The high economic benefit of the applied doses of fertilizers was determined in the cultivation of winter soft wheat sown after sunflower. In the variants with fertilizer application, the profitability of production reached 90.6–130.7 %, while the level of profitability of the control variant did not exceed 34.2–45.0 %.

Keywords: *Triticum aestivum L., winter wheat, variety, preceding crop, mineral fertilizers, yield, economic efficiency.*

Алабушев Андрей Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, директор ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347730, Россия, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Попов Алексей Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией технологии возделывания зерновых культур, ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347730, Россия, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Овсянникова Галина Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347730, Россия, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Сухарев Александр Александрович кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347730, Россия, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Игнатьева Наталья Геннадьевна, агроном, ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347730, Россия, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Alabushev Andrey Vasilyevich, Dr. Sc. (Agr.), professor, corresponding member of RAS, Director of FSBSI "Agricultural Research Center “Donskoy””; 3, Nauchny Gorodok str., Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Popov Aleksey Sergeevich, Cand. Sc. (Agr.), head of the Laboratory of technology of grain crops cultivation, FSBSI "Agricultural Research Center “Donskoy””; 3, Nauchny Gorodok str., Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Ovsyannikova Galina Vladimirovna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the Laboratory of technology of grain crops cultivation, FSBSI "Agricultural Research Center “Donskoy””; 3, Nauchny Gorodok str., Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Sukharev Aleksandr Aleksandrovich, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher of the Laboratory of technology of grain crops cultivation, FSBSI "Agricultural Research Center “Donskoy””; 3, Nauchny Gorodok str., Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Ignatieva Natalia Gennadievna, agronomist, FSBSI "Agricultural Research Center “Donskoy””; 3, Nauchny Gorodok str., Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 07.08.2018.

Дата принятия к печати – 01.10.2018.

DOI: 10.25637/TVAN2018.04.02.

УДК 631.6:556.1:528.8

Дунаева Е. А.¹, Ёлкина Е. С.², Барталёв С. А.², Плотников Д. Е.², Вечерков В. В.¹,
Головастова Е. С.¹

ОСОБЕННОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОСЕВОВ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ СРЕДСТВАМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

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

²ФГБУН «Институт космических исследований РАН»

Реферат. Цель исследования – проведение анализа и оценка методов раннего распознавания озимых культур по спутниковым данным среднего и высокого пространственного разрешения, а также разработка методике получения региональных карт озимых культур с использованием сервиса спутникового мониторинга «ВЕГА» (sci-vega.ru). Выполненные исследования позволили создать методику и оценить возможности комплексирования данных ДЗЗ (дистанционного зондирования Земли) среднего (MODIS) и высокого (Landsat 8, Sentinel-2, Sentinel-1) пространственного разрешения в среде сервиса «ВЕГА» для оценки состояния озимых культур 2017–2018 гг. на примере двух районов Крыма. Предлагаемый подход идентификации озимых культур, основанный на интерактивной кластеризации временной серии спутниковых изображений с использованием опорных данных и с учетом связи биофизических показателей и дистанционных измерений, проверен с помощью выборочных полевых обследований. Общая точность новых региональных карт озимых культур составила для Красногвардейского района – 92 %, для Белогорского – 89 %. Использование предложенного метода позволило существенно уточнить карты озимых культур для указанных районов по сравнению с построенными по данным среднего разрешения MODIS и доступными в «ВЕГЕ» картами, а также установить природу ошибок идентификации, что в дальнейшем позволит корректировать карты озимых культур для всего Крыма. Полученные по результатам исследований разработки войдут в систему спутникового мониторинга крымского региона и будут доступны широкому кругу пользователей сервиса «ВЕГА».

Ключевые слова: спутниковый мониторинг, сервис «ВЕГА», озимые культуры, Республика Крым.

Введение

Ввиду существенного снижения водообеспеченности Крымского полуострова выращивание озимых культур и мониторинг их состояния становится стратегической основой устойчивого развития сельских территорий региона. Использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для идентификации сельскохозяйственных культур, определения площадей их возделывания, мониторинга хода развития и состояния, а также для оценки факторов, влияющих на биопродуктивность посевов, является актуальным для устойчивого сельского хозяйства на территории полуострова, позволяя снижать затраты на сбор необходимой информации, повышать ее достоверность, объективность и оперативность получения. Работа направлена на исследование возможностей и поиск эффективных путей получения информативных дистанционных характеристик культур, удовлетворяющих требованиям задач мониторинга сельскохозяйственного производства.

Значительный потенциал использования данных дистанционного зондирования со спутников для мониторинга сельскохозяйственных земель к настоящему времени продемонстрирован результатами ряда исследований [1–3].

Актуальными в исследовании посевов из космоса являются задачи идентификации культур [3], оценки биомассы растений, оценки состояния (степени угнетенности) посевов, оценки воздействия неблагоприятных факторов, прогнозирования урожайности [4–8]. К особенностям идентификации озимых культур можно, прежде всего, отнести появление их всходов в осенний период и ускоренный рост перезимовавших растений ранней весной. Такое сезонное развитие посевов напрямую влияет на интенсивное изменение спектрального отклика во времени в оптическом диапазоне [9, 10], что обеспечивает возможность классификации культур с помощью повторяемой спутниковой съемки.

Анализ состояния посевов на протяжении вегетационного сезона во многом основан на применении серий временных срезов их спектральных характеристик, например, значений вегетационных индексов [3].

На основе анализа сезонной динамики NDVI (по разности максимальных и средних выборочных значений вегетационного индекса на конкретные сроки), кроме основных этапов роста посевов, удается оценивать влияние сроков сева и условий перезимовки на их развитие [11].

Проведенные ранее исследования [12, 13] показали перспективы использования спутникового сервиса «ВЕГА» для мониторинга сельскохозяйственных посевов Крымского полуострова и определения состояния культур в динамике. Оценка точности получаемых карт в масштабе регионов [14] показывает, что данные карты в среднем демонстрируют высокую точность для значимых в сельскохозяйственном отношении регионов Южного, Центрального и Приволжского федерального округов.

При этом существующий метод получения региональных карт по данным MODIS, реализованный в сервисе «ВЕГА», имеет ряд ограничений – в частности, он ограниченно применим к регионам с невысокими среднегодовыми значениями посевной площади озимых и с небольшими размерами полей, также его особенности вызваны задействованием в технологии построения актуальных карт используемых пахотных земель России, точность которых также варьирует для различных регионов страны [15]. Исследование достоверности распознавания озимых культур в регионах с низким уровнем осадков [14, 16] указывает на достаточно высокую вероятность их совпадения с участками сухих степей, обладающих схожей фенологической динамикой после выпадения осадков в осенне-зимний или весенне-летний период [17]. Таким образом, некоторые регионы страны нуждаются в построении более точных карт озимых культур, в частности, Республика Крым [13]. Данная задача может быть решена с помощью использования временных серий спутниковых данных высокого разрешения. Предлагаемые в данной работе подходы по оценке состояния посевов озимых культур на территории тестовых участков полуострова Крым представляются перспективными в рамках построения системы мониторинга посевов на территории всей республики, а также в целях развития отечественного геоинформационного сервиса спутникового мониторинга растительности «ВЕГА».

Для проверки разрабатываемого метода отобраны репрезентативные участки в Красногвардейском (степная зона Крыма, среднегодовое количество осадков – 439 мм) и Белогорском районах (предгорная зона, расчлененный рельеф, среднегодовое количество осадков – 528 мм). Данные территории отражают структуру землепользования, характерную для степной и предгорной зон Крыма.

Цель исследований – анализ и оценка особенностей методов распознавания озимых по спутниковым данным среднего и высокого пространственного разрешения, и разработка методики получения карт в сервисе «ВЕГА» с более высокой точностью идентификации культур.

Материалы и методы исследований

Характерные для посевов озимых культур фенологические особенности развития, позволяющие отделять их от остальных культур, служат основой разработки методов их выявления по данным ДЗЗ. Для создания методики распознавания озимых культур по изображениям высокого разрешения использован архив данных ДЗЗ, доступный онлайн в сервисе «ВЕГА», встроенные инструменты подготовки и обработки данных, а также готовые геоинформационные продукты – карты растительного покрова, пахотных земель и озимых культур, регулярно обновляемые для территории России. Данные карты открывают потенциальную возможность их применения в качестве опорных/обучающих для классификатора [18], что позволяет использовать преимущества данных дистанционного зондирования различного пространственного и временного разрешения.

В основе предлагаемого метода получения региональных карт озимых культур лежит использование временных серий оптических и радиолокационных спутниковых данных высокого пространственного разрешения для классификации без обучения (кластеризации) с последующим экспертным решением о присвоении соответствующего класса к кластеру по опорным данным. Схема алгоритма работы метода приведена на рисунке 1 и состоит из трёх этапов: подготовительного (1), этапа классификации с целью маскирования садов, иной древесной растительности и трав (2) и этапа распознавания озимых (3) [19].

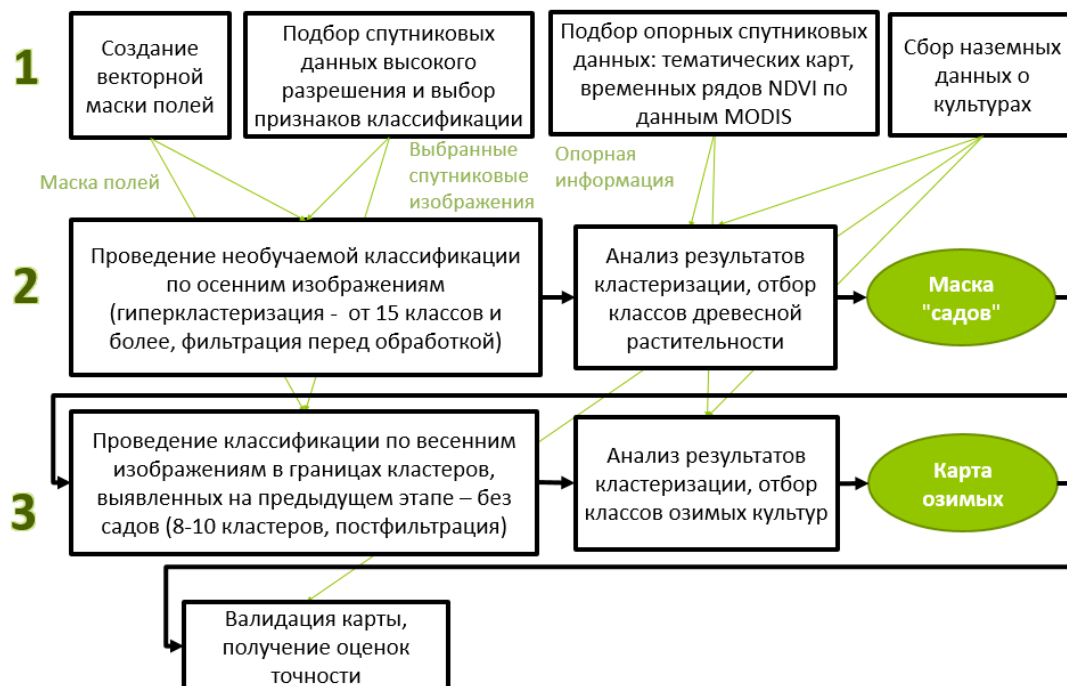


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма работы метода для распознавания озимых культур по данным ДЗЗ интерактивными инструментами сервиса «ВЕГА»

Подготовительные работы включали в себя следующие этапы:

1. Сбор наземной информации и создание векторных границ полей.

В качестве наземной информации использовали данные структуры сельскохозяйственных посевов ФГБУН «НИИСХ Крыма» за период 2016–2018 гг., а также картографические и табличные данные, предоставленные Красногвардейской райгосадминистрацией за 2017–2018 гг. Наземные данные включали сведения о расположении посевов озимых зерновых (культура, сроки сева и уборки,

фенологические фазы), яровых культур (сроки сева и уборки), многолетних насаждений, границы населенных пунктов. Наличие данной информации необходимо для выбора сцен для классификации и идентификации озимых культур по индексу NDVI, исключения многолетних культур и насаждений.

2. Подбор спутниковых данных и выбор признаков классификации.

Правила выбора спутниковых данных определяются их способностью к описанию сезонной фенологии растений. Для выбора наиболее информативных снимков определяются периоды максимального различия развития озимых с иными культурами с помощью анализа динамики временных рядов «эталонов» типов растительности, доступных в сервисе «БЕГА». Под эталонами понимаются временные ряды вегетационного индекса NDVI для различных типов растительности, построенные по маскам тематических карт, усредненные и сглаженные для каждого района. Наличие наземной информации о сроках сева и уборки культур позволило корректнее определить интервал выбора спутниковых изображений. Для проведения предварительной классификации с целью маскирования садов, залежей, многолетних трав, которые можно спутать с озимыми культурами весной, подбираются осенние сцены года сева озимых культур года (в данном эксперименте – конец сентября – начало ноября, рисунок 2). На этом этапе использованы данные радара с синтезированной аппаратурой (РСА), позволившие дополнить недостающий ряд безоблачных оптических данных и увеличить точность распознавания древесно-кустарниковой растительности (садов). Максимальная разделяемость древесной растительности (леса, садов), травянистой растительности и убранных/без всходов полей наблюдается с 36 (10 сентября) недели по 43 (29 октября).

Набор снимков, полученных в осенний период, для классификации Белогорского района: сцены SENTINEL-2 в красном и инфракрасном канале (ИК) от 14.09.2018 и 04.10.2018, сцены SENTINEL-1 в поляризации vv и vh от 02.10.2017, 20.10.2017 и 26.10.2017 гг. Набор сцен периода осенней вегетации культур для классификации для Красногвардейского района: сцены SENTINEL-2 в красном и ИК канале от 14.09.2018 и 04.10.2018, сцены SENTINEL-B в поляризации vv и vh от 19.09.2017, 01.10.2017 и 19.10.2017 гг. Радарные данные подобраны с учетом погодных условий.

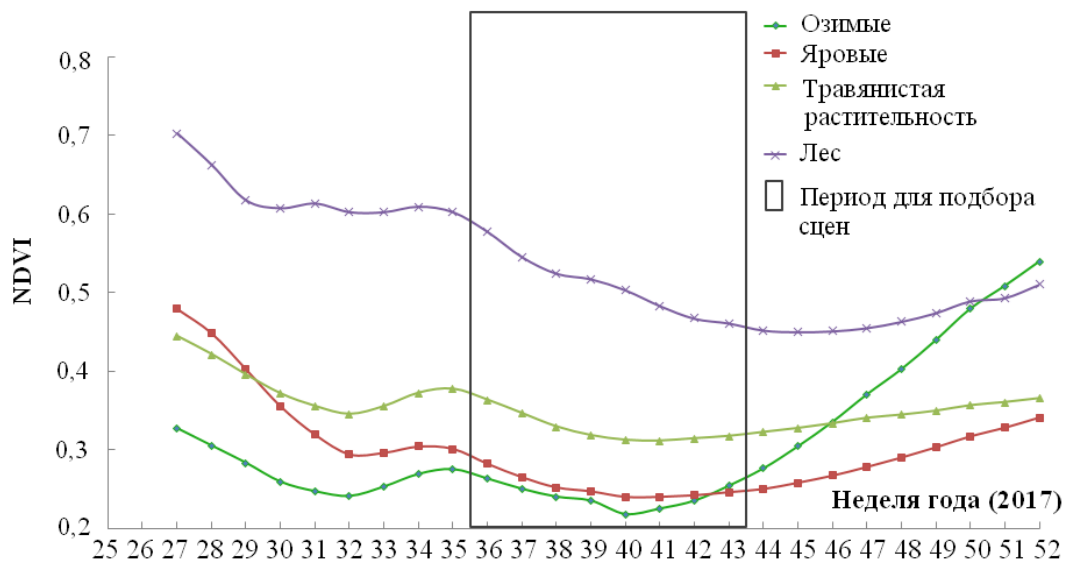


Рисунок 2 – Оптимальный временной интервал спутниковой съёмки, подходящий для решения задачи для Красногвардейского района, осень 2017

Для итоговой классификации (раннего распознавания озимых) использовали сцены конца марта–начала мая (рисунок 3): сцены SENTINEL-2A в красном и ИК канале от 07.04.2018 и 22.04.2018 для обоих районов. Использованные для классификации спутниковые изображения прошли этапы радиометрической калибровки и атмосферной коррекции. Для подавления спекл-шума на радарных изображениях и генерализации результатов классификации использованы возможности фильтрации изображений.

Максимум NDVI для озимых культур был достигнут на 15 неделе (15 апреля 2018), что примерно соответствует фазе колошения озимой пшеницы.

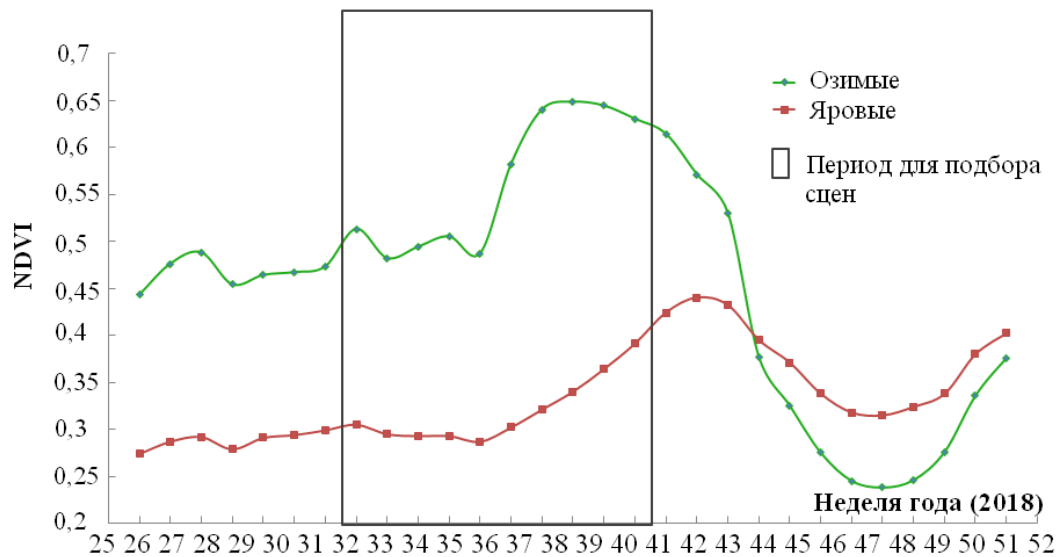


Рисунок 3 – Определение периода выбора спутниковых изображений для Красногвардейского района, весна 2018. Максимальная разделимость яровых культур и озимых культур наблюдается с 8 недели (4 марта) по 17 (29 апреля)

3. Подбор опорных спутниковых данных для территории исследования в сервисе «ВЕГА» представляет собой выбор тематических карт, упрощающих принятие решение экспертом об отнесении объекта к выделяемым кластерам. К таким данным, дающим априорную информацию о расположении озимых, относятся карты растительности, карты озимых культур по данным MODIS, регулярно и автоматически создаваемые в ИКИ РАН, временные ряды NDVI для полей и «эталонные» культуры для района.

Подготовленные данные подаются на вход классификатора без обучения. В работе использована кластеризация на основе метода k-средних, с заданием количества кластеров заведомо большим, чем требуется (гиперкластеризация), для последующего уточнения и объединения в два кластера: озимых и иных культур. Кластеризация проводится в векторных границах полей области исследования. Результат кластеризации подвергается экспертному анализу. Для анализа – определения принадлежности кластера к классу озимых и создания итоговой карты используются имеющиеся наземные данные, а также опорные спутниковые данные, доступные в сервисе «ВЕГА».

В результате формируется маска озимых культур района высокого пространственного разрешения (рисунок 4).

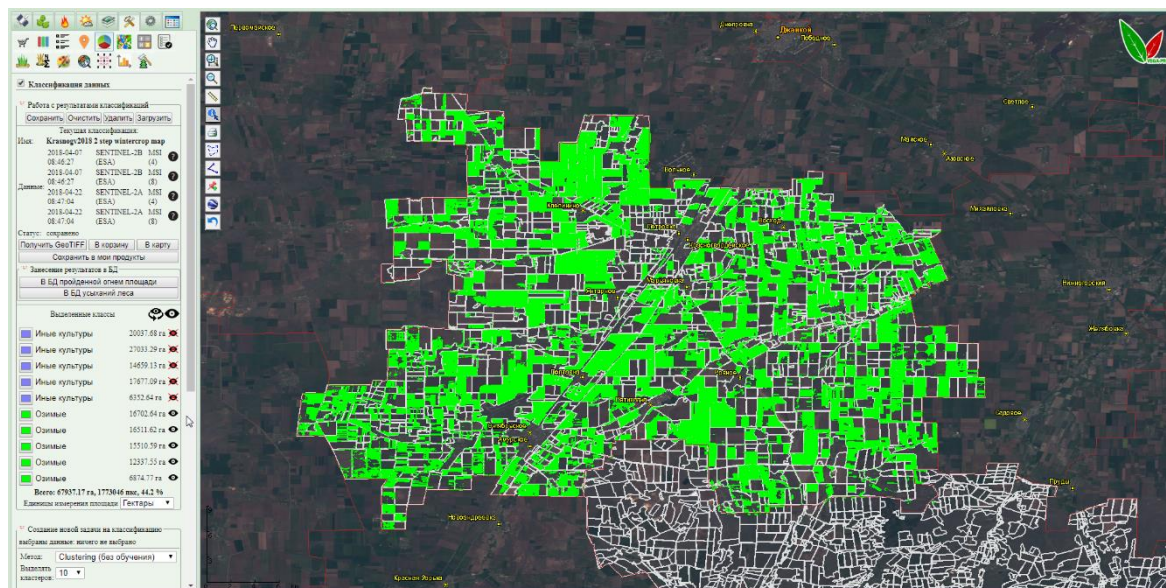


Рисунок 4 – Результат классификации (маска озимых культур (зелёный) для Красногвардейского района) в интерфейсе сервиса «ВЕГА»

Для оценок точности карты проводили выборочную верификацию и валидацию с помощью наземных данных, подробнее описанных в следующем разделе статьи.

Результаты и их обсуждение

В результате проведенного исследования сформирована База данных структуры землепользования по Красногвардейскому и Белогорскому районам, включая информацию о структуре посевных площадей для пилот-территорий. Набор векторных покрытий для территории исследований сформирован в ПО QGIS 2.18 в формате *.shp. Каждому объекту присвоен уникальный идентификатор и дан тип использования земель: пахотные, непахотные, населенные пункты.

Границы полей (выделялись по данным высокого разрешения) позволили исключить непахотные земли из классификации, а наземные данные о культурах – провести валидацию карт (таблица 1).

Таблица 1 – Описание объекта исследований и наличие наземных данных для верификации

Характеристика района	Район	
	Красногвардейский	Белогорский
Климатический тип	равнинно-степной	предгорный
Средний размер поля (га)	82	28
Количество полей	1883	4053
Полей с наземными данными	128	120
из них озимые	90	60
Площадь озимых в 2018 г., га (статистика)*	73866	22079

Примечание. * предварительные статистические данные Министерства сельского хозяйства Крыма.

Во избежание наложения контуров проведена проверка топологии объектов (рисунок 5).

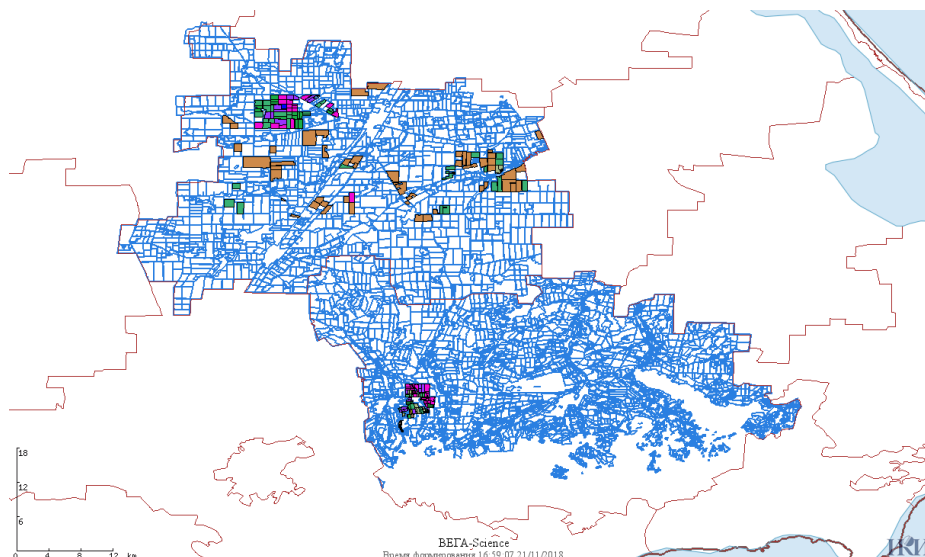


Рисунок 5 – Карта границ полей и информация о культурах (Красногвардейский и Белогорский районы)

Получены карты озимых культур сезона 2017–2018 гг. для тестовых участков (Красногвардейского и Белогорского районов) с пространственным разрешением 10 м (рисунок 6).

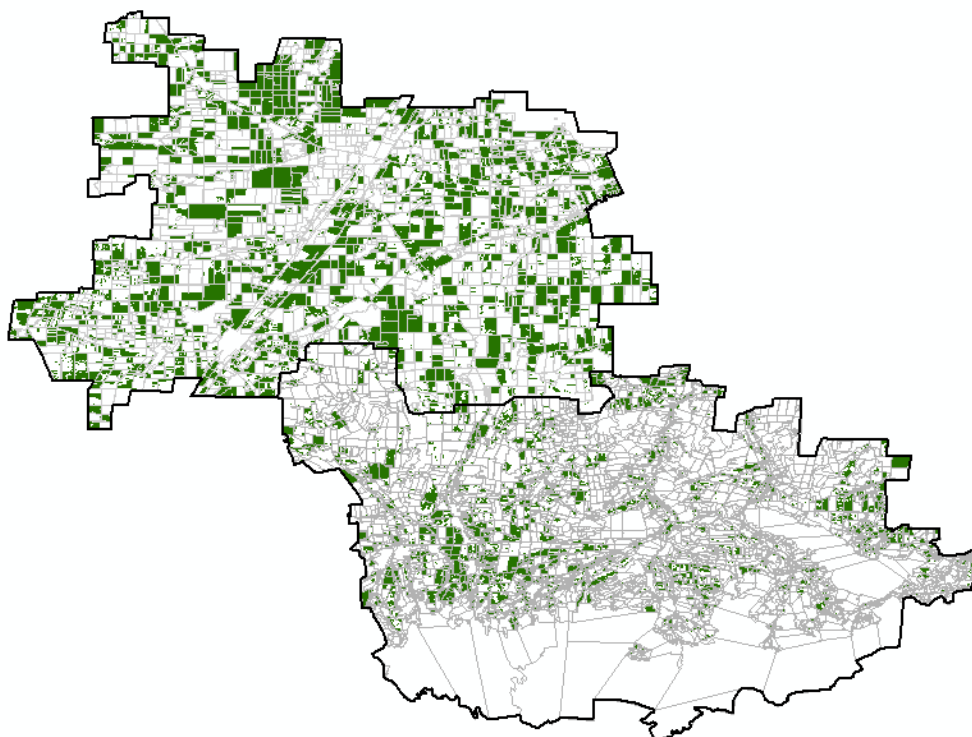


Рисунок 6 – Карты расположения озимых культур сезона 2017–2018 гг., полученные по спутниковым данным высокого разрешения на конец апреля 2018 г.

Проведено сравнение карты озимых по данным MODIS и полученной по описанной выше методике классификации спутниковых данных высокого разрешения, включая данные о площади и расположении посевов (см. таблицу 2 и рисунки 7–9). В ходе работ откорректированы участки полей и их контуры по

состоянию на 2018 г. Корректировки внесены с использованием данных Sentinel-2A и материалов наземных наблюдений.

Для оценки результатов использована таблица сопряженности (матрица ошибок) и рассчитанные метрики (см. таблицу 2). Общая точность карты идентификации озимых культур для Красногвардейского района составляет 92 %, для Белогорского – 89 %.

Таблица 2 – Сравнение методов идентификации озимых культур

Данные	Район	
	Красногвардейский	Белогорский
Площадь озимых в 2018 г., га (статистика)*	72271	18055
Площадь по данным MODIS, га	80542	12906
Расхождение со статистикой, %	11,4	–28,5
Площадь по уточненной карте, га (комплексирование данных ДЗЗ среднего и высокого пространственного разрешения)	67898	20543
Расхождение со статистикой, %	–6,05	13,8
Точность уточненной карты (overall accuracy)	0,92	0,89
F-score по классу озимых	0,94	0,87
F-score по классу неозимых	0,83	0,89
Каппа Коэна	0,77	0,77

Примечание. * предварительные статистические данные Министерства сельского хозяйства Крыма.

Удалось существенно повысить пространственную точность картирования озимых культур как для Красногвардейского, так и Белогорского района. В предгорном районе карта озимых, полученная по данным среднего пространственного разрешения, не идентифицировала более 28 % посевов озимых культур. На уточненной карте расхождение со статистическими данными Минсельхоза Крыма в два раза меньше. Сравнение карт проиллюстрировано на рисунках 8 и 9.

Метрика F-score используется при несбалансированной выборке и рассчитывается отдельно для каждого класса как гармоническое среднее двух, получаемых из ошибок первого и второго рода, показателей точности по искомому классу [20]. Значение F-score для класса «не озимых» показывает нормализованную ошибку ложного детектирования озимых на полях других культур, для обоих районов она превышает 0,8, что говорит о возможной вероятности включения других классов в карту посевов озимых культур на уровне 0,2. Коэффициент согласованности («каппа») Коэна – статистическая метрика, показывающая надежность классификации. Анализируемые карты имеют коэффициент 0,77, что говорит о высокой согласованности между наземными данными и результатом классификации.

По результатам ретроспективного анализа наземной информации и данных ДЗЗ выявлены факторы, влияющие на точность идентификации озимых культур с учетом специфики региона исследований. К числу основных ошибок, выявленных по результатам анализа идентификации сервисом «ВЕГА» посевов озимых культур сезона 2016–2017 и 2017–2018 гг. в степной и предгорной зоне Крыма, относятся: наложение идентифицированных контуров озимых культур на другие виды землепользования (карьер, дороги); присвоение статуса озимых культур другим видам сельскохозяйственных земель (многолетние насаждения – сады, виноградники и другое). Алгоритм распознавал как озимые культуры многолетние травы, а также схожие с ними по периодам вегетации культуры.

В ходе работы выделены участки, которые требуют более подробной классификации по снимкам высокого разрешения.

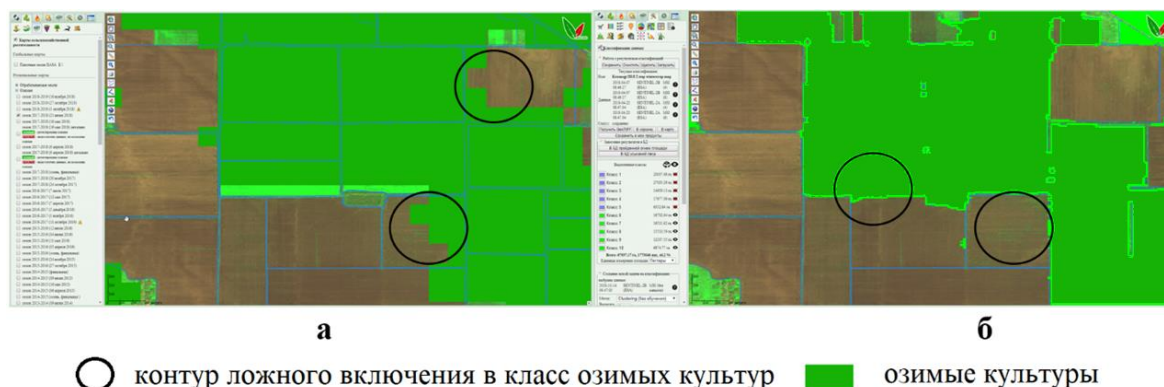


Рисунок 8 – Сравнение участков при классификации посевов (территория Красногвардейского района): а – MODIS; б – карта, полученная на основе метода комплексирования изображений

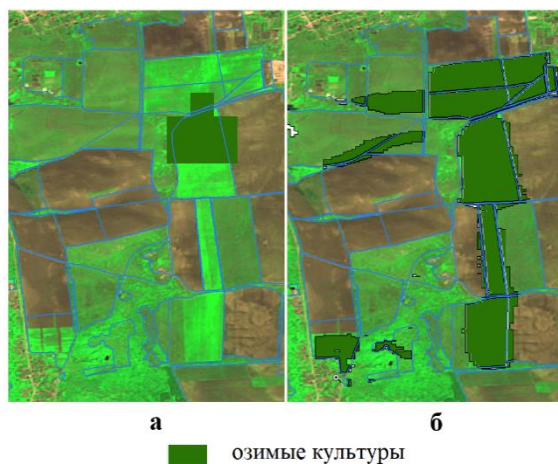


Рисунок 9 – Визуализация точности картирования на уровне полей (территория Белогорского района): а – MODIS (ошибка пропуска); б – уточненная карта участка

Важными причинами возникновения ошибок при распознавании озимых с использованием вышеизложенного метода также являются размер сельскохозяйственных полей и рельеф местности, распаханность земель, разбивка полей на участки с возделыванием разных культур внутри поля на небольших площадях (4–6 га) с разными технологиями земледелия.

Описывая точность карт среднего разрешения, следует упомянуть, что на правильность идентификации культур существенное влияние оказывает пространственное разрешение снимков MODIS, особенно для предгорных и горных территорий с расчлененным рельефом местности. Например, по тестовому участку в Белогорском районе (сезон 2017–2018 гг.) ошибка идентификации составила около 28 % (возможная причина – засушливые условия и поздний сев озимых культур).

Неоспоримыми преимуществами карты среднего пространственного разрешения являются её автоматизированное получение, локальная адаптивность, охват и относительная тематическая точность. Ограничениями – пространственное разрешение и зависимость от точности карты пахотных земель, в границах которых

она строится. В случае предгорного Белогорского района указанные карты имеют погрешности, вызывающие недооценку площадей озимых культур в регионе.

Таким образом, подтверждается актуальность данных исследований и необходимость совершенствования методики обработки данных высокого пространственного разрешения с использованием инструментов веб-сервиса «ВЕГА» для получения карт озимых культур для территории Республики Крым.

Проведенные эксперименты по построению карт озимых культур в Крыму позволили описать методику их получения и уточнить как площади, так и пространственное расположение озимых культур для сезона 2017–2018 гг. Данная методика, реализуемая в сервисе «ВЕГА», предоставляет широкому кругу пользователей способ получения более точных региональных карт раннего распознавания озимых.

Использование данных высокого пространственного разрешения позволяет уточнить границы посевов озимых культур, а для регионов с относительно небольшими размерами полей – существенно увеличить её точность по сравнению с маской озимых культур по MODIS. В последующих исследованиях планируется проведение дополнительных оценок точности создаваемых карт с учетом количества подспутниковых данных, а также более информативные оценки карты по сенсору MODIS.

Выводы

Для реализации поставленной цели исследований выполнены следующие работы:

- сбор и дополнение баз данных (БД) картографической информации по структуре землепользования с выделением типа сельскохозяйственных угодий для территории Белогорского и Красногвардейского районов. Сбор информации по структуре посевных площадей за период 2016–2018 гг. Создание набора векторных покрытий;
- разработка интерактивной методики распознавания озимых с помощью описанных методов и материалов;
- апробация и верификация алгоритмов распознавания озимых культур по данным ДЗЗ и их калибровка с использованием наземной информации.

В ходе исследований проведен эксперимент и описана методика работы в «ВЕГА» по получению локальных карт озимых культур. Выполнена оценка точности и сравнение с картами среднего разрешения, сделаны следующие выводы:

- использование оптических и радиолокационных данных ДЗЗ обеспечивает точность распознавания озимых культур около 90 % уже на ранней стадии их развития;
- наличие тематических карт среднего разрешения и временных рядов NDVI, включающих в себя временные ряды «эталонов» типов растительности, позволяет использовать их как опорные данные для создания локальных масок озимых культур методом необучаемой классификации с последующим экспертным анализом кластеров.

К ограничениям предложенного метода можно отнести интерактивность (необходимо участие эксперта и при выборе признаков, и при принятии решения о принадлежности кластера классу объектов) и необходимость в наличии векторной маски полей (данная проблема может быть решена с помощью подхода предварительной сегментации спутникового изображения).

К положительным сторонам метода относятся простота реализации за счёт формализации условий выбора спутниковых данных и использования удобных инструментов поиска и анализа данных в сервисе «ВЕГА», минимальные требования

к вычислительным ресурсам, а также то, что доступные в «ВЕГЕ» спутниковые данные автоматически предобработаны, ряды NDVI – сглажены и интерполированы, что существенно сокращает время выполнения работы.

Использование предложенного метода позволило откорректировать существующие маски озимых культур для двух районов Крыма, выявить типичные ошибки идентификации и исключить их, что в дальнейшем даст возможность корректировать карту озимых культур для Крыма в целом. Наличие актуальных данных о расположении посевов озимых культур совместно с данными мониторинга их состояния, уровня почвенных влагозапасов и прогноза метеоусловий позволит прогнозировать их урожайность для региона.

Полученные по результатам исследований разработки могут войти в систему спутникового мониторинга крымского региона и будут доступны широкому кругу пользователей сервиса «ВЕГА».

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Министерства образования, науки и молодежи Республики Крым в рамках научного проекта № 18-416-910011 p_a с использованием инфраструктуры Центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды [21].

Литература

1. Кондратьев К. Я., Козодеров В. В., Федченко П. П. Аэрокосмические исследования почв и растительности. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 226 с.
2. Wiegand C. L., Richardson A. J., Escobar D. E., Gerbermann A. H. Vegetation Indices in Crop Assessments // Rem. Sens. Environment. 1991. No. 35. P. 105–119.
3. Барталев С. А., Егоров В. А., Лупян Е. А., Плотников Д. Е., Уваров И. А. Распознавание пахотных земель на основе многолетних спутниковых данных спектрорадиометра MODIS и локально-адаптивной классификации // Компьютерная оптика. 2011. Т. 35. № 1. С. 103–116.
4. Повх В. И., Шляхова Л. А., Воробейчик Е. А. Использование технологий дистанционного зондирования Земли для решения задач прогноза урожайности зерновых культур в Республике Адыгея // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2009. Вып. 6. Т. 2. С. 419–424.
5. De Wit A. J. W., Van Diepen C. A. Crop model data assimilation with the Ensemble Kalman filter for improving regional crop yield forecasts // Agricultural and Forest Meteorology. 2007. Vol. 146. P. 38–56.
6. Береза О. В., Страшная А. И., Лупян Е. А. О возможности прогнозирования урожайности озимой пшеницы в Среднем Поволжье на основе комплексирования наземных и спутниковых данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 1. С. 18–30.
7. Skakun S., Franch B., Vermote E., Roger J.-C., Becker-Reshef I., Justice C., Kussul N. Early season large-area winter crop mapping using MODIS NDVI data, growing degree days information and a Gaussian mixture model // Remote Sensing of Environment. 2017. Vol. 195. P. 244–258.
8. Kogan F., Kussul N., Adamenko T., Skakun S., Kravchenko O., Kryvobok O., Shelestov A., Kolotii A., Kussul O., Lavrenyuk A. Winter wheat yield forecasting in Ukraine based on Earth observation, meteorological data and biophysical models // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2013. Vol. 23. P. 192–203.
9. Плотников Д. Е., Барталев С. А., Жарко В. О., Михайлов В. В., Просяникова О. И. Экспериментальная оценка распознаваемости агрокультур по данным сезонных спутниковых измерений спектральной яркости // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. 2011. Т. 8. № 1. С. 199–208.
10. Миклашевич Т. С., Барталев С. А. Метод определения фенологических характеристик растительного покрова на основе временных рядов спутниковых данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 1. С. 9–24.
11. Терехин Э. А. Информативность спектральных вегетационных индексов для дешифрирования сельскохозяйственной растительности // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 4. С. 243–248.
12. Дунаева Е. А., Попович В. Ф. Информационный аспект картографирования территорий и посевов сельскохозяйственных культур для целей экосистемного анализа. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 3 (63). С. 217–224.

13. Паштецкий В. С., Дунаева Е. А. Использование спутниковых сервисов для сельскохозяйственного мониторинга // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 3 (11). С. 124–131.
14. Плотников Д. Е., Барталев С. А., Лупян Е. А., Толпин В. А. Оценка точности выявления посевов озимых культур в весенне-летний период вегетации по данным прибора MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 4. С. 132–145. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-4-132-145.
15. Bartalev S. A., Plotnikov D. E., Loupian E. A. Mapping of arable land in Russia using multiyear time series of MODIS data and the LAGMA classification technique // Remote Sensing Letters. 2016. Vol. 7. No. 3. P. 269–278.
16. Плотников Д. Е. Разработка методов дистанционной оценки растительного покрова на основе многолетних спутниковых измерений квазипериодических вариаций спектральной яркости. Автореф. дисс. ... канд. физико-математических наук. М.: ФГБУН «ИКИ РАН», 2011. 25 с.
17. Плотников Д. Е., Барталев С. А., Лупян Е. А., Савин И. Ю. Использование данных спутникового радиометра MODIS для распознавания пахотных земель, чистого пара и посевов озимых культур // Материалы Всероссийской научной конференции «Методическое обеспечение мониторинга земель сельскохозяйственного назначения». Сборник научных статей. М.: РАСХН, 2010. С. 417–422.
18. Кашницкий А. В., Балашов И. В., Толпин В. А., Барталев С. А. Инструменты сервиса Вега-Science для уточнения карт растительного покрова с использованием спутниковой информации различного пространственного разрешения // Четырнадцатая всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Тезисы докладов. М.: ИКИ РАН, 2016. С. 92.
19. Ёлкина Е. С., Дунаева Е. А., Барталев С. А., Плотников Д. Е. Оценка возможностей выявления озимых культур с использованием инструментов сервиса Вега // Шестнадцатая Всероссийская Открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов)». Тезисы докладов. М.: ИКИ РАН, 2018. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=153&thesis=7343 (дата обращения 29.11.2018).
20. Stehman S. V. Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy // Remote Sensing of Environment. 1997. Vol. 62. Is.1. P. 77–89.
21. Лупян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А., Балашов И. В., Барталев С. А., Ефремов В. Ю., Кашницкий А. В., Мазуров А. А., Матвеев А. М., Суднева О. А., Сычугов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 263–284.

References

1. Kondratiev K. Ya., Kozoderov V. V., Fedchenko P. P. Aerospace studies of soil and vegetation. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1986. 226 p.
2. Wiegand C. L., Richardson A. J., Escobar D. E., Gerbermann A. H. Vegetation indices in crop assessments // Rem. Sens. Environment. 1991. No. 35. P. 105–119.
3. Bartalev S. A., Egorov V. A., Loupian E. A., Plotnikov D. E., Uvarov I. A. Recognition of arable lands using multi-annual satellite data from spectroradiometer MODIS and locally adaptive supervised classification // Computer Optics. 2011. Vol. 35. No. 1. P. 103–116.
4. Povkh V. I., Shlyakhova L. A., Vorobeychik E. A. Application of the Earths remote sensing technologies to solve problems of the grain-crops yield forecast in Adygeya Republic // Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2009. Is. 6. Vol. 2. P. 419–424.
5. De Wit A. J. W., Van Diepen C. A. Crop model data assimilation with the Ensemble Kalman filter for improving regional crop yield forecasts // Agricultural and Forest Meteorology. 2007. Vol. 146. P. 38–56.
6. Bereza O. V., Strashnaya A. I., Loupian E. A. On the possibility to predict the yield of winter wheat in the Middle Volga region on the basis of integration of land and satellite data // Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2015. Vol. 12. No. 1. P. 18–30.
7. Skakun S., Franch B., Vermote E., Roger J.-C., Becker-Reshef I., Justice C., Kussul N. Early season large-area winter crop mapping using MODIS NDVI data, growing degree days information and a Gaussian mixture model // Remote Sensing of Environment. 2017. Vol. 195. P. 244–258.
8. Kogan F., Kussul N., Adamenko T., Skakun S., Kravchenko O., Kryvobok O., Shelestov A., Kolotii A., Kussul O., Lavrenyuk A. Winter wheat yield forecasting in Ukraine based on Earth observation, meteorological data and biophysical models // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2013. Vol. 23. P. 192–203.
9. Plotnikov D. E., Bartalev S. A., Zharko V. O., Mihailov V. V., Prosyannikova O. I. An experimental assessment of crop types recognisability using time-series of intra-seasonal spectral reflectance

measurements by satellite sensor // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2011. Vol. 8. No. 1. P. 199–208.

10. Miklashevich T. S., Bartalev S. A. Method for estimating vegetation cover phenological characteristics from satellite data time series// *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2016. Vol. 13. No. 1. P. 9–24.

11. Terekhin E. A. The efficiency of spectral indices for interpretation agricultural vegetation // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2012. Vol. 9. No 4. P. 243–248.

12. Dunaieva Ie. A., Popovych V. F. Information aspect of mapping of territories and crops of agricultural cultures for the purpose of ecosystem analysis // *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya*. 2016. No. 3 (63). P. 217–224.

13. Pashtetskiy V. S., Dunaieva Ie. A. Satellite service use for agricultural monitoring // *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2017. No. 3 (11). P. 124–131.

14. Plotnikov D. E., Bartalev S. A., Loupian E. A., Tolpin V. A. Accuracy assessment for winter crops mapping in spring-summer growing season with MODIS data // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmos*. 2017. Vol. 14. No. 4. P. 132–145. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-4-132-145.

15. Bartalev S. A., Plotnikov D. E., Loupian E. A. Mapping of arable land in Russia using multi-year time series of MODIS data and the LAGMA classification technique // *Remote Sensing Letters*. 2016. Vol. 7. No. 3. P. 269–278.

16. Plotnikov D. E. Development of methods for remote assessment of vegetation on the basis of long-term satellite measurements of quasi-periodic variations of spectral brightness. Authors' abstract Cand. Sc. (Physics and Mathematics). Moscow: ISR RAS, 2011. 25 p.

17. Plotnikov D. E., Bartalev S. A., Loupian E. A., Savin I. Yu. Use of MODIS satellite radiometer data for recognition of arable land, clean steam and winter crops // *Materials of the All-Russian scientific conference "Methodological support of monitoring of agricultural lands"*. Collection of scientific articles. Moscow: RAAS, 2010. P. 417–422.

18. Kashnitskiy A. V., Balashov I. V., Tolpin V. A., Bartalev S. A. Vega-Science service tools for specifying land cover maps using satellite information of different spatial resolution // *Fourteenth All-Russian Open Conference "Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space"*. Abstracts. Moscow. Space Research Institute of the RAS, 2016. P. 92.

19. Elkina E. S., Dunaieva Ie. A., Bartalev S. A., Plotnikov D. E. Assessing the possibility of identifying winter crops using the tools of the Vega service // *Sixteenth All-Russian Open Conference "Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space"*. Abstracts. Moscow. Space Research Institute of the RAS, 2018. [Electronic resource]. Access point: http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=153&thesis=7343 (reference's date 29.11.2018).

20. Stehman S. V. Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy // *Remote Sensing of Environment*. 1997. Vol. 62. Is. 1. P. 77–89.

21. Loupian E. A., Proshin A. A., Burtsev M. A., Balashov I. V., Bartalev S. A., Efremov V. Yu., Kashnitskiy A. V., Mazurov A. A., Matveev A. M., Sudneva O. A., Sychugov I. G., Tolpin V. A., Uvarov I. A. IKI center for collective use of satellite data archiving. Processing and analysis systems aimed at solving the problems of environmental study and monitoring // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2015. Vol. 12. No. 5. P. 263–284.

UDC 631.6:556.1:528.8

Dunaieva Ie. A., Elkina E. S., Plotnikov D. E., Bartalev S. A., Vecherkov V. V.,
Golovastova E. S.

FEATURES OF WINTER GRAIN CROPS IDENTIFICATION BY MEANS OF REMOTE SENSING

Summary. *The purpose of the study was to analyze and evaluate methods for early recognition of winter crops using satellite data of medium and high spatial resolution, as well as to develop methods for obtaining regional maps of winter crops using the 'VEGA' satellite monitoring service (sci-vega.ru). The studies made it possible to create the methodology and evaluate the possibility of combining medium remote sensing data (MODIS) and high (Landsat 8, Sentinel-2, Sentinel-1) spatial resolution in the 'VEGA' service environment for assessing the condition of winter crops 2017–2018 on the example of two regions of the Crimea. The proposed approach of identifying winter crops based on interactive clustering of a time series of satellite images using reference data was verified using random field surveys and taking into account the relationship of biophysical*

indicators and remote measurements. The overall accuracy of the new regional maps of winter crops was 92 % for Krasnogvardeisky district and 89 % for Belogorsky district. The use of the proposed method made it possible to refine the maps of winter crops for the indicated areas compared to the maps constructed according to the average resolution of MODIS and available in 'VEGA', as well as to establish the nature of identification errors, which will make it possible to correct winter crop maps for the whole Crimea. The developments obtained from the results of the research will be included in the satellite monitoring system of the Crimean region and will be available to a wide range of users of the 'VEGA' service.

Keywords: *satellite monitoring, 'VEGA' service, winter crops, Republic of Crimea.*

Дунаева Елизавета Андреевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории ГИС технологий и моделирования агроэкосистем, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: dunaeva_e@niishk.ru.

Ёлкина Евгения Сергеевна, инженер лаборатории спутникового мониторинга наземных экосистем, ФГБУН «Институт космических исследований РАН»; 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная 84/32; e-mail: elkina@d902.iki.rssi.ru.

Плотников Дмитрий Евгеньевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории спутникового мониторинга наземных экосистем, ФГБУН «Институт космических исследований РАН»; 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная 84/32; e-mail: dmitplot@d902.iki.rssi.ru.

Барталев Сергей Александрович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией спутникового мониторинга наземных экосистем, ФГБУН «Институт космических исследований РАН»; 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная 84/32; e-mail: bartalev@d902.iki.rssi.ru.

Вечерков Валентин Валериевич, младший научный сотрудник лаборатории ГИС технологий и моделирования агроэкосистем, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: v.valenteen11@yandex.ru.

Головастова Екатерина Сергеевна, младший научный сотрудник, лаборатории ГИС технологий и моделирования агроэкосистем, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: k.golovastova96@mail.ru.

Dunaeva Ielizaveta Andreevna, Cand. Sc. (Techn.), senior researcher of GIS technology and agroecosystem modeling Laboratory, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: dunaeva_e@niishk.ru.

Elkina Evgenia Sergeevna, engineer, Terrestrial Ecosystems Monitoring Laboratory, Space Research Institute (IKI) of the Russian Academy of Sciences; 84/32, Profsoyuznaya Str., Moscow, 117997, Russia; e-mail: elkina@d902.iki.rssi.ru.

Plotnikov Dmitry Evgenievich, Cand. Sc. (Phys.-Math.), senior researcher, Terrestrial Ecosystems Monitoring Laboratory, Space Research Institute (IKI) of the Russian Academy of Sciences; 84/32, Profsoyuznaya Str., Moscow, 117997, Russia; e-mail: dmitplot@d902.iki.rssi.ru.

Bartalev Sergey Aleksandrovich, Dr. Sc. (Techn.), Professor, leading researcher, head of Terrestrial Ecosystems Monitoring Laboratory, Space Research Institute (IKI) of the Russian Academy of Sciences; 84/32, Profsoyuznaya Str., Moscow, 117997, Russia; e-mail: bartalev@d902.iki.rssi.ru.

Vecherkov Valentin Valerievich, junior researcher of GIS technology and agroecosystem modeling Laboratory, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: v.valenteen11@yandex.ru.

Golovastova Ekaterina Sergeevna, junior researcher of GIS technology and agroecosystem modeling Laboratory, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: k.golovastova96@mail.ru.

Дата поступления – 03.09.2018.

Дата принятия в печать – 24.10.2018.

УДК 633.11:631.52

Иванисов М. М., Ионова Е. В., Марченко Д. М., Рыбась И. А., Некрасов Е. И.,
Гричаникова Т. А., Романюкина И. В.

ИЗУЧЕНИЕ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО МОРОЗОСТОЙКОСТИ, ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВУ ЗЕРНА

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»

Реферат. Цель исследований – выделить сорта озимой мягкой пшеницы, обладающие высокой морозостойкостью, урожайностью и качеством зерна, а также выявить корреляционные связи между изучаемыми признаками. Приведены результаты изучения 80 сортов озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения. Исследования проводились в 2014–2016 годах в лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полунтенсивного типа «АНЦ «Донской»». Сохранность растений варьировала от 0,8 % (сорта Алтиго, Анаш, СО 911, СО 1044, Дагмар, Франция; Тацитус, Австрия) до 84,5 % (сорт Боярыня, Россия). Достоверно превысили сорт-классификатор по морозостойкости Тарасовская 29 (НСР₀₅ 14,1 %) девять (11,3 %) изучаемых сортов. Урожайность варьировала от 5,36 т/га (сорт Бис, Россия) до 8,07 т/га (сорт Доля, Россия). Дон 107 сформировал 6,37 т/га. Между морозостойкостью и продуктивностью выявлена достоверная отрицательная корреляционная связь ($r = -0,49 \pm 0,10$). Выделены сорта озимой мягкой пшеницы селекции АНЦ «Донской»: Вольница, Вольный Дон, Полина, сочетающие в себе повышенный уровень морозостойкости (72,3–78,3 %) и урожайности (7,08–7,89 т/га). Представлены результаты изучения качественных показателей зерна и муки сортов озимой мягкой пшеницы (содержание белка, содержание клейковины, SDS-седиментации и сила муки). Содержание белка в 2014–2016 гг. варьировало от 12,02 % (сорт Лауреат, Россия) до 14,25 % (сорт Находка, Россия). Содержание клейковины по образцам изменялось от 19,1 % (сорт Адель, Россия) до 28,9 % (сорт Аскет, Россия). В наших исследованиях показатель SDS-седиментации находился в пределах от 45 мл (сорт Солоха, Украина) до 61 мл (сорт Иришка, Россия). В среднем за 2014–2016 гг. сила муки варьировала от 134 е.а. (сорт Полина, Россия) до 309 е.а. (сорт Находка, Россия). Выявлены положительные корреляционные связи морозостойкости с этими показателями ($r = 0,22-0,43$).

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

Введение

По продовольственной значимости и объемам производства первое место в мире занимает пшеница [8]. Площади под озимой пшеницей в Ростовской области составляют более 2 млн га. Согласно «Зональным системам земледелия Ростовской области на период 2013–2020 гг.» площадь под озимой пшеницей к 2020 г. возрастет до 2,4 млн га [1].

Роль озимой пшеницы значительно возрастает в связи с изменяющимися климатическими условиями. Поэтому для более полного использования биоклиматического потенциала региона необходимо создавать и ускоренно внедрять в производство высокопродуктивные, с повышенной устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессорам, высококачественные сорта озимой мягкой пшеницы. Ускоренное и устойчивое наращивание объемов производства зерна – главная задача сельскохозяйственного производства. В связи с этим селекция призвана сыграть

важнейшую роль в повышении урожайности культур путем создания новых высокоурожайных генотипов [6].

Сорт – один из главных факторов устойчивого производства зерна озимой пшеницы [3, 5, 9]. Одной из главных причин снижения урожайности озимой пшеницы и ее стабильности является гибель из-за неблагоприятных при перезимовке условий. В России ежегодно погибает до 11 % посевов. В годы с суровыми зимами наблюдается особенно большой процент гибели. Так, например, на Дону в период с 1955 по 1989 гг. каждые четыре года посевы озимой пшеницы гибли на площади 700 тыс. га и более [4]. Поэтому создание высокоморозостойких сортов озимой мягкой пшеницы является актуальным.

Цель исследований – выделить сорта озимой мягкой пшеницы, обладающие высокой морозостойкостью, урожайностью и качеством зерна, а также выявить корреляционные связи между изучаемыми признаками.

Материал и методы исследований

Исследования проводили в лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полунтенсивного типа ФГБНУ «АНЦ “Донской”» в 2014–2016 гг. Объект исследований – 80 сортов мягкой озимой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ “Донской”», ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко», ФРАНЦ (ФГБНУ «Федеральный ростовский аграрный научный центр») и других селекционных учреждений, включенных в Государственный реестр селекционных достижений России или проходящих государственное изучение на сортоучастках.

Посев озимой пшеницы осуществляли сеялкой Wintersteiger Plotseed на глубину 4–6 см по предшественнику кукуруза на зерно с нормой высева 550 всхожих зерен на 1 м². Учетная площадь делянок – 10 м², повторность – двукратная. Закладку опытов проводили согласно методике полевого опыта Б. А. Доспехова [2]. В качестве стандарта использовали сорт Дон 107.

Морозостойкость определяли лабораторным способом (промораживанием в камере КНТ-1 выращенных в посевных ящиках растений). Сорт-классификатор по сохранности растений к низким отрицательным температурам – Тарасовская 29.

Математическая обработка данных произведена с помощью компьютерных программ Excel, Statistica 10.

Почвенный покров опытного участка представлен черноземом обыкновенным. Климат зоны носит континентальный характер. Свойственно неравномерное распределение осадков в течение года, в летний период они носят преимущественно ливневый характер. Погодно-климатические условия 2014–2016 гг. существенно различались между собой, что способствовало всесторонней оценке изучаемых образцов озимой мягкой пшеницы.

Результаты исследований и их обсуждение

Основной способ создания провокационного фона при определении морозостойкости озимых культур – промораживание растений, выращенных в посевных ящиках в камерах низких температур.

В наших исследованиях сохранность по изучаемым образцам варьировала от 0,8 до 84,5 % (рисунок 1). Сорт-классификатор по морозостойкости – Тарасовская 29 после проморозки (при температуре –20 °С) сохранил 55,3 % живых растений. Самая низкая сохранность отмечена у иностранных сортов озимой пшеницы (Алтиго, Апаш, СО 911, СО 1044, Дагмар (Франция); Тацитус (Австрия)).

Достоверно превысили стандарт по морозостойкости (НСР₀₅ 14,1 %) девять (11,3 %) изучаемых сортов, 38 (47,5 %) образцов имели низкую сохранность растений после проморозки (меньше 41,2 %). Лучшую сохранность растений после промораживания за годы изучения показали сорта: Боярыня, Дон 107, Аскет,

Вольница, Вольный Дон и др. (таблица 1). В среднем за три года морозостойкость данных сортов находилась в пределах от 72,3 до 84,5 %.

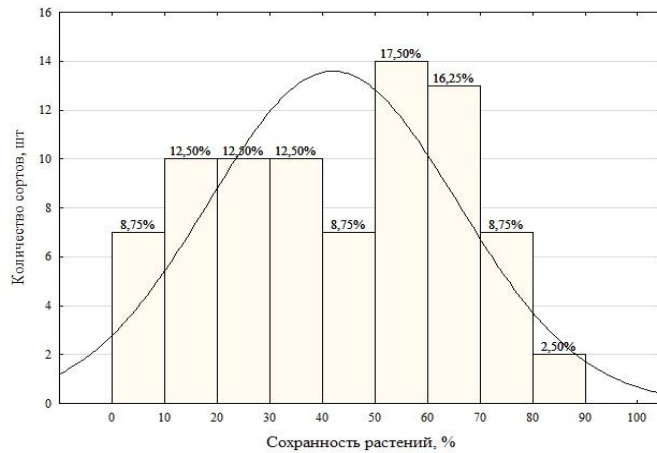


Рисунок 1 – Распределение сортов озимой мягкой пшеницы по сохранности растений (2014–2016 гг.)

Таблица 1 – Сохранность растений лучших по морозостойкости сортов озимой мягкой пшеницы (2014–2016 гг.)

Сорт	Происхождение	Сохранность растений, %			
		2014 г.	2015 г.	2016 г.	среднее
Тарасовская 29*	ФРАНЦ	57,8	57,3	50,9	55,3
Зерноградка 11	АНЦ “Донской”	63,1	95,9	69,9	76,3
Донская безостая	АНЦ “Донской”	90,3	82,7	61,5	78,1
Боярыня	ФРАНЦ	84,0	79,1	90,5	84,5
Камышанка 6	Нижне-Волжский НИИСХ	73,5	75,5	68,9	72,6
Вольный Дон	АНЦ “Донской”	83,3	78,3	73,3	78,3
Полина	АНЦ “Донской”	71,9	77,2	67,9	72,3
Дон 107	АНЦ “Донской”	89,8	81,5	80,1	83,8
Аскет	АНЦ “Донской”	83,7	80,3	70,2	78,1
Вольница	АНЦ “Донской”	74,6	82,3	71,1	76,0
НСР ₀₅		16,2	22,9	17,6	14,1

Примечание. * сорт-классификатор по морозостойкости.

Урожайность у изучаемых сортов (2014–2016 гг.) изменялась от 5,36 т/га (Бис, Россия) до 8,07 т/га (Доля, Россия). Стандартный сорт Дон 107 сформировал 6,37 т/га урожайности (рисунок 2).

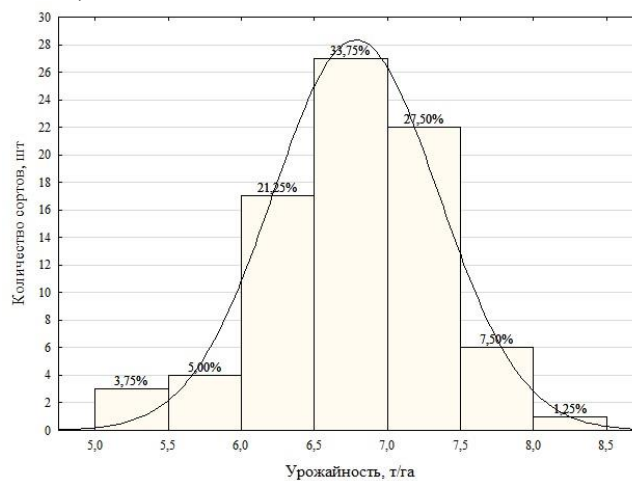


Рисунок 2 – Распределение сортов озимой мягкой пшеницы по урожайности (2014–2016 гг.)

В 2014 г. урожайность сортов находилась в пределах от 4,45 т/га (Проза, Россия) до 8,18 т/га (Лауреат, Россия). В наиболее благоприятном для растений озимой пшеницы 2015 г. получена максимальная урожайность за изучаемый период от 5,58 т/га (Донэра, Россия) до 9,30 т/га (Лауреат, Россия). В 2016 г. размах по продуктивности находился в пределах от 4,09 т/га (Донская безостая, Россия) до 8,25 т/га (Донстар, Россия). В среднем за три года достоверно превысили стандарт (НСР₀₅ 0,56 т/га) 30 (37,5 %) сортов озимой мягкой пшеницы, показав урожайность выше 6,93 т/га (Лауреат, Доля, Россия; Чорнява, Украина и др.). В таблице 2 представлены лучшие по урожайности (2014–2016 гг.) сорта озимой мягкой пшеницы.

Таблица 2 – Урожайность выделившихся сортов озимой мягкой пшеницы (2014–2016 гг.)

Сорт	Происхождение	Урожайность, т/га			
		2014 г.	2015 г.	2016 г.	среднее
Дон 107 (St.)	АНЦ “Донской”	6,29	7,76	5,05	6,37
Лауреат	НЦЗ имени П.П. Лукьяненко	8,18	9,30	6,46	7,98
Доля	НЦЗ имени П.П. Лукьяненко	7,79	8,82	7,60	8,07
Чорнява	Украина	7,99	8,76	6,27	7,67
Вольный Дон	АНЦ “Донской”	7,62	8,62	7,44	7,89
Краса Дона	АНЦ “Донской”	8,08	8,71	7,31	8,03
НСР ₀₅		0,62	0,46	0,48	0,56

Урожайность стандарта Дон 107 варьировала от 5,05 до 6,29 т/га. Лучшие сорта сформировали от 6,27 до 9,30 т/га.

Известно, что между продуктивностью и устойчивостью растений к низким отрицательным температурам наблюдается отрицательная связь, что и было подтверждено в наших исследованиях – коэффициент корреляции составил $0,49 \pm 0,10$ (рисунок 3).

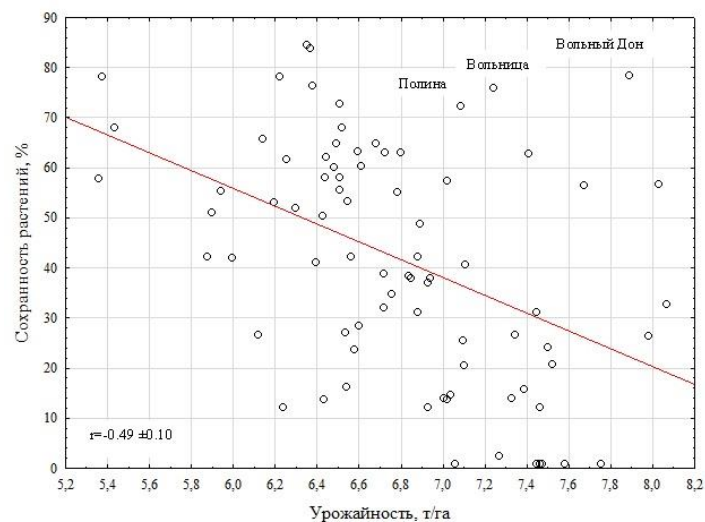


Рисунок 3 – Взаимосвязь морозостойкости и урожайности сортов озимой мягкой пшеницы (2014–2016 гг.)

Однако стоит отметить новые сорта селекции АНЦ “Донской”: Полина, Вольница и Вольный Дон, которые сочетают высокую морозостойкость (72,3–78,3 %) и урожайность зерна (7,08–7,89 т/га), превышая стандартный сорт на 0,71–1,52 т/га.

Основными показателями качества зерна озимой пшеницы являются содержание белка и клейковины.

Содержание белка находилось в пределах от 12,02 % (Лауреат, Россия) до 14,25 % (Находка, Россия) (рисунок 4).

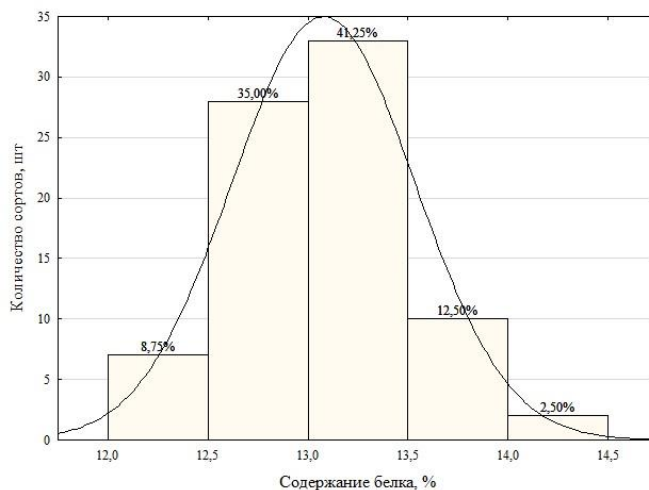


Рисунок 4 – Распределение сортов озимой мягкой пшеницы по содержанию белка в зерне (2014-2016 гг.)

Второму классу качества (13,50–14,50 %) согласно ГОСТ Р 52554-2006 [10] соответствовали 15 % изучаемых сортов, остальные 85 % по содержанию белка отнесены к третьему классу (12,00–13,50 %).

Содержание клейковины по образцам варьировало от 19,1 % (Адель, Россия) до 28,9% в 2014–2016 гг. (Аскет, Россия) (рисунок 5).

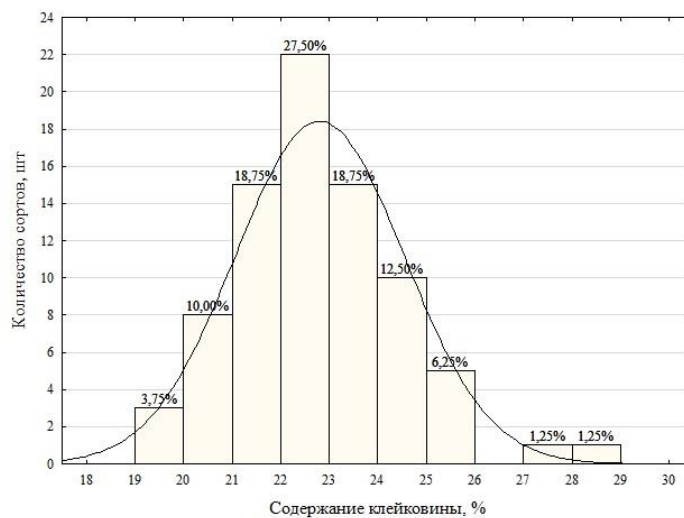


Рисунок 5 – Распределение сортов озимой мягкой пшеницы по содержанию клейковины в зерне (2014–2016 гг.)

По содержанию клейковины изучаемые сорта соответствовали продовольственной пшенице (второй–четвертый класс). Четвертому классу качества соответствовали 48 сортов или 60 %, третьему классу – 31 или 38,75 %. Следует выделить сорт Аскет, у которого содержание клейковины составило 28,9 % (второй класс качества).

В ходе экспресс метода оценки хлебопекарных свойств муки озимой пшеницы определена величина седиментационного осадка [7]. В наших исследованиях данный показатель находился в пределах от 45 мл (Солоха, Украина) до 61 мл (Иришка, Россия) (рисунок 6). У стандартного сорта Дон 107 SDS-седиментация составила 57 мл.

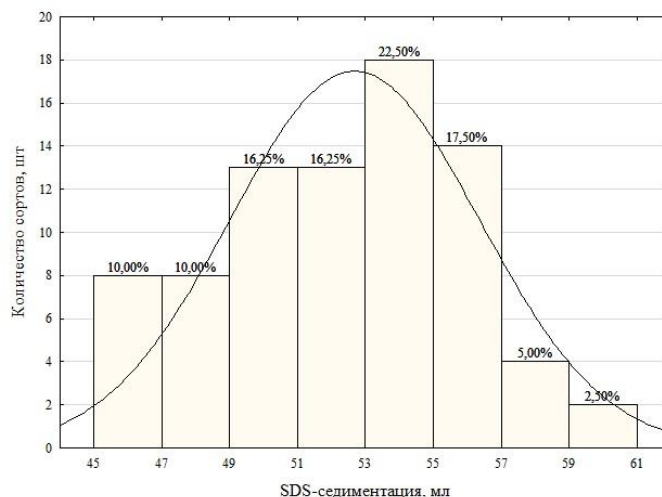


Рисунок 6 – Распределение сортов озимой мягкой пшеницы по содержанию SDS-седиментации (2014–2016 гг.)

По данному показателю к средней группе (45–54 мл) отнесены 52 образца (65 %), к сильной – 28 сортов (35 %). Это такие сорта, как Станичная, Аскет, Вольница, Вольный Дон (АНЦ “Донской”), Борвий (Украина), Морозко (НЦЗ имени П. П. Лукьяненко).

Сила муки – важный показатель качества муки озимой пшеницы. Из качественных признаков он является наиболее генетически обусловленным. В среднем за 2014–2016 гг. показатели силы муки варьировали от 134 е.а. (Полина, Россия) до 309 е.а. (Находка, Россия). У стандарта Дон 107 сила муки составила 228 е.а. (рисунок 7).

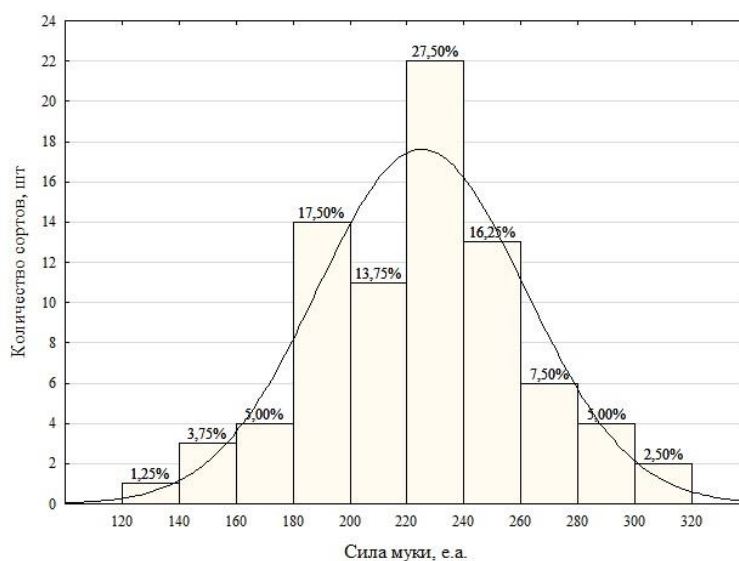


Рисунок 7 – Распределение сортов озимой мягкой пшеницы по силе муки (2014–2016 гг.)

Из 80 сортов 61 (76,25 %) имел значение силы муки от 180 до 260 е.а., что соответствует среднему значению данного показателя. Высокое значение (более 260 е.а.) получено у 12 сортов (15,0 %): Донская юбилейная, Находка, Иришка, Камышанка 6, Одиссея, Спутница (Россия) и др.

По комплексу признаков (устойчивость к низким отрицательным температурам, урожайность и качество зерна) выделились два новых сорта селекции АНЦ “Донской” – Вольница и Вольный Дон (таблица 3)

Таблица 3 – Характеристика сортов, выделившихся по комплексу признаков (2014–2016 гг.)

Сорт	Сохранность растений, %	Урожайность, т/га	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	SDS-седиментация, мл	Сила муки, е.а.
Дон 107 (St.)	83,8	6,37	12,67	20,4	57	228
Вольница	76,0	7,24	13,87	25,6	58	222
Вольный Дон	78,3	7,89	13,19	22,2	59	208
НСР ₀₅	14,1	0,56	–	–	–	–

Представленные в таблице сорта проходят испытания на госсортучастках Российской Федерации.

По результатам корреляционного анализа выявлены слабые и средние положительные связи между морозостойкостью и качественными показателями зерна и муки озимой мягкой пшеницы (рисунок 8).

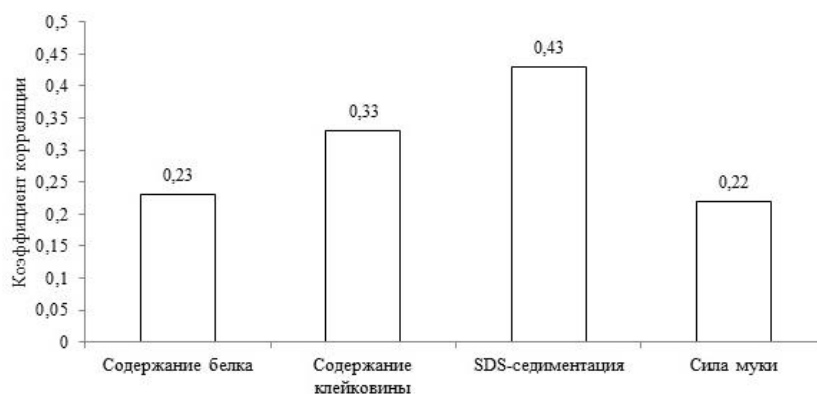


Рисунок 8 – Корреляционные связи между морозостойкостью и качественными показателями зерна и муки озимой мягкой пшеницы (2014–2016 гг.)

Слабые связи выявлены между морозостойкостью содержанием белка и силой муки, коэффициенты корреляции – $0,23 \pm 0,11$; $0,22 \pm 0,11$. Средние достоверные положительные связи наблюдались с содержанием клейковины и SDS-седиментацией ($0,33 \pm 0,11$ и $0,43 \pm 0,10$).

Выводы

Морозостойкость имеет отрицательную связь с урожайностью зерна ($r = -0,49$). Однако, в ходе селекции возможно получение высокоморозостойких и высокопродуктивных сортов озимой мягкой пшеницы. Это подтверждают новые сорта АНЦ “Донской”: Вольница, Вольный Дон, Полина.

Максимальная урожайность (от 7,67 до 8,07 т/га) отмечена у таких сортов, как Лауреат, Доля (НЦЗ имени П. П. Лукьяненко), Чорнява (Украина), Вольный Дон, Краса Дона (АНЦ “Донской”).

Лучшими по качеству зерна оказались сорта: Находка, Аскет (АНЦ “Донской”), Иришка (НЦЗ имени П. П. Лукьяненко).

Выявлены положительные взаимосвязи морозостойкости с качественными показателями зерна и муки: содержанием белка и клейковины, SDS-седиментацией и силой муки (коэффициенты корреляции составили 0,23; 0,33; 0,43; 0,22, соответственно).

Литература

1. Зональные системы земледелия Ростовской области (на период 2013–2020 гг.). В 3-х ч. Ч. 2. Ростов-на-Дону: Министерство сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области, 2012. 272 с. [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://don-agro.ru/files/2020/zonsyszem/Sistema_zemled_do_2020_2.docx (дата обращения 10.09.2018).
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Егушова Е. А., Кондратенко Е. П. Изменчивость хозяйственно-ценных признаков озимой пшеницы в условиях лесостепной зоны Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 9 (95). С. 19–24.
4. Ионова Е. В., Иванисов М. М. Морозостойкость озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2014. № 4 (34). С. 36–40.
5. Кириченко А. А., Выгновская Ю. И. Концептуальные основы формирования и реализация национальных аграрных инновационных программ // Актуальные проблемы экономики. 2011. № 10 (112). С. 93.
6. Марченко Д. М. Взаимосвязь между урожайностью и элементами ее структуры у сортов мягкой озимой пшеницы // Научный журнал КубГАУ. 2011. № 68. С. 1–12.
7. Подгорный С. В., Самофалов А. П., Скрипка О. В. Генетические источники высокого содержания и качества белка для селекции озимой мягкой пшеницы // Аграрный Вестник Урала. 2016. № 06 (148). С. 51–55.
8. Шоков Н. Р. Урожай и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от условий ее выращивания на черноземах Западного Предкавказья. Краснодар: КГАУ, 1999. 176 с.
9. Юшкевич Л. В., Щитов А. Г., Егорова Н. И., Штро Е. В. Резервы повышения урожайности ячменя в южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 9 (95). С. 15–19.
10. ГОСТ Р 52554-2006. Пшеница. Технические условия. М.: изд-во стандартов, 2007. 14 с.

References

1. Zonal farming systems of Rostov region for 2013-2020. In 3 parts. Part II. Rostov-on-Don: Ministry of Agriculture and Food of Rostov region, 2013. 272 p. [Electronic resource]. Access point: http://don-agro.ru/files/2020/zonsyszem/Sistema_zemled_do_2020_2.docx (reference's date 10.09.2018).
2. Dospikhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Alyans, 2014. 351 p.
3. Yegushova Ye. A., Kondratenko Ye. P. Variation of economically valuable characters of winter wheat in forest-steppe conditions of West Siberia // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2012. No. 9 (95). P. 19–24.
4. Ionova E. V., Ivanisov M. M. Frost tolerance of winter wheat // Grain Economy of Russia. 2014. No. 4 (34). P. 36–40.
5. Kirichenko A. A., Vygnovskaya Yu. I. Conceptual foundations of the formation and implementation of national agricultural innovation programs // Actual problems of the economy. 2011. No. 10 (112). P. 93.
6. Marchenko D. M. Interrelations between productivity and elements of its structure at grades of soft winter wheat // Scientific journal of KubSAU. 2011. No. 68. P. 1–12.
7. Podgorny S. V., Samofalov A. P., Skripka O. V. Genetic sources of high content and quality of protein for soft winter wheat breeding // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. No. 06 (148). P. 51–55.
8. Shokov N. R. Yield and grain quality of winter wheat depending on the conditions of its cultivation on the black soil of the Western Pre-Caucasus. Krasnodar: KSAU, 1999. 176 p.
9. Yushkevich L. V., Shchitov A. G., Egorova N. I., Shtro E. V. Reserves of barley yield increase in southern forest-steppe conditions of West Siberia // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2012. No. 9 (95). P. 15–19.
10. GOST R 52554-2006. Wheat. Specifications. Moscow: Publishing House of Standards, 2007. 14 p.

UDC 633.11:631.52

Ivanisov M. M., Ionova E. V., Marchenko D. M., Rybas I. A., Nekrasov E. I.,
Grichanikova T. A., Romanyukina I. V.

**STUDY OF WINTER SOFT WHEAT VARIETIES FOR HARDINESS,
PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY**

Summary. *The purpose of the study was to identify winter soft wheat varieties with high frost tolerance, productivity and grain quality, as well as to estimate correlation between the studied traits. This article presents the results of the study of 80 varieties of winter soft wheat of various ecological and geographical origin. The research was conducted in the laboratory of breeding and seed-growing of winter soft wheat of half-intensive type of the Agricultural Research Center “Donskoy” in 2014–2016. Plant viability ranged from 0.8 % (varieties ‘Altigo’, ‘Apash’, ‘SO 911’, ‘SO 1044’, ‘Dagmar’ (France); ‘Tatsitus’ (Austria)) to 84.5 % (variety ‘Boyarynya’ (Russia)). Nine varieties (11,3 %) significantly exceeded variety-classifier ‘Tarasovskaya 29’ for frost resistance ($LSD_{05} \pm 14.1$ %). Productivity of the studied varieties ranged from 5.36 t/ha (variety ‘Bis’ (Russia)) to 8.07 t/ha (variety ‘Dolya’ (Russia)). The yield of variety ‘Don 107’ was 6.37 t/ha. A reliable negative correlation between frost resistance and productivity was found ($r = -0,49 \pm 0,10$). Winter soft wheat varieties that were bred in the Agricultural Research Center “Donskoy”, namely: ‘Volnitsa’, ‘Volniy Don’, ‘Polina’, were identified as the best ones for the combination of a higher degree of frost resistance (72.3–78.3 %) and better productivity (7.08–7.89 t/ha). The article also presents the study results of the qualitative characteristics of grain and flour obtained from the winter soft wheat varieties (protein content, gluten content, SDS-sedimentation and flour strength). During the years of research, the protein content varied from 12.02 % (variety ‘Laureat’ (Russia)) to 14.25 % (variety ‘Nakhodka’ (Russia)). The gluten content ranged from 19.1 % (variety ‘Adel’ (Russia)) to 28.9 % (variety ‘Asket’ (Russia)). SDS-sedimentation varied from 45 ml (variety ‘Solokha’ (Ukraine)) to 61 ml (variety ‘Irishka’ (Russia)). Flour strength ranged from 134 W (alveograph units) (variety ‘Polina’ (Russia)) to 309 W (variety ‘Nakhodka’ (Russia)). Positive correlations of frost resistance with these indicators ($r = 0.22–0.43$) were revealed.*

Keywords: *Triticum aestivum L., winter soft wheat, variety, frost resistance, productivity, quality.*

Иванисов Михаил Михайлович, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полунтенсивного типа, ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: ivanisov561991@yandex.ru.

Ионова Елена Витальевна, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора по науке, ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, 3; e-mail: vniizk@mail.ru.

Марченко Дмитрий Михайлович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полунтенсивного типа, ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, 3; email: wiza101@mail.ru.

Рыбась Ирина Аликовна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полунтенсивного типа, ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, 3; e-mail: rybasia@yandex.ru.

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

Гричаникова Татьяна Александровна, агроном лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»; 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, 3; e-mail: vniizk@mail.ru.

Романюкина Ирина Васильевна, техник-исследователь лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»; 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, 3; e-mail: vniizk@mail.ru.

Ivanisov Mikhail Mikhailovich, junior researcher of Laboratory of breeding and seed-growing of winter soft wheat of semi-intensive type, FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy"; 3, Nauchny Gorodok str., Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: ivanisov561991@yandex.ru.

Ionova Elena Vitalyevna, Dr. Sc. (Agr.), deputy director for science in FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy"; 3, Nauchny Gorodok str., Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Marchenko Dmitriy Mikhailovich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of Laboratory of breeding and seed-growing of winter soft wheat of semi-intensive type, FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy"; 3, Nauchny Gorodok str., Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: wiza101@mail.ru.

Rybas Irina Alikovna, Cand. Sc. (Agr.), researcher of Laboratory of breeding and seed-growing of winter soft wheat of semi-intensive type, FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy"; 3, Nauchny Gorodok str., Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: rybasia@yandex.ru.

Nekrasov Evgeniy Igorevich, junior researcher of Laboratory of breeding and seed-growing of winter soft wheat of semi-intensive type, FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy"; 3, Nauchny Gorodok str., Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: 89585748977@yandex.ru.

Gričhanikova Tatyana Aleksandrovna, agronomist of Laboratory of breeding and seed-growing of winter soft wheat of semi-intensive type, FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy"; 3, Nauchny Gorodok str., Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Romanyukina Irina Vasilyevna, technician-researcher of Laboratory of breeding and seed-growing of winter soft wheat of semi-intensive type, FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy"; 3, Nauchny Gorodok str., Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 13.10.2018.

Дата принятия к печати – 03.11.2018.

DOI 10.25637/TVAN2018.04.04.

УДК 633.175:633.25+636.086.1

Капустин С. И.¹, Володин А. Б.¹, Кравцов В. В.¹, Капустин А. С.²

МОГАР – ЦЕННАЯ КОРМОВАЯ КУЛЬТУРА

¹ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»;

²ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»

Реферат. Могар используют для получения сена, сенажа, силоса, травяной муки. Зеленая масса содержит сбалансированные по содержанию аминокислот белки, углеводы, витамины, каротин, микроэлементы. Культура экономно расходует почвенную влагу. Сорт Стамога обладает хорошей устойчивостью к засушливым условиям. Цель исследований – изучение качественных показателей зеленой массы могоара сорта Стамога, уточнение перспективы использования этой культуры как страховой при поздних сроках сева. Поступление зеленой массы в степной зоне Ставропольского края происходит с пятого по 25 июля в первом укосе и с 25 августа по 20 сентября при втором скашивании или страживании животным. В среднем за 2012–2017 гг. сорт Стамога обеспечил поступление в первом укосе 26,06 т/га зеленой массы, а за два скашивания – 30,91 т/га. Урожайность сухого вещества составила 6,86 т/га. Зерно могоара используют в неразмолотом виде как корм для птиц, в размолотом виде его поедают многие животные. Также он является сырьем для производства спирта, дрожжей, крахмала и др. В наших опытах среднегодовая урожайность зерна при влажности 15 % составила 4,03 т/га. Культура имеет эффективное семеноводство. Урожайность семян суперэлиты могоара Стамога составила 3,23 т/га, первой репродукции – 2,96 т/га. Зеленая масса могоара хорошо сбалансирована по питательности, переваримость сухого вещества – 63,5 %. Количество кормовых единиц с 1 га составило 5705,3 ед.; переваримого протеина – 586,6 кг/га. В абсолютно сухом веществе величина сырого протеина имела значение 9,75 %, клетчатки в зеленой массе в фазе «выметывания» – 36,83 %. Обеспеченность одной кормовой единицы переваримым протеином составляет 103,7 г. Содержание листьев в зеленой массе при первом укосе – 40,5 %. Сорт Стамога можно сеять в поздние сроки. При посеве 29 мая и 15 июня урожайность зеленой массы составила 21,82 т/га и 20,26 т/га. Посев пятого июля снизил количество зеленой массы до 17,05 т/га.

Ключевые слова: могоар *Setaria italica* L. spp. *mocharium* Alf., сорт, зеленая масса, протеин, клетчатка, кормовая единица, облиственность, переваримость корма.

Введение

Получение дешевых кормов, улучшение их качества и энергонасыщенности является одной из основных проблем сельскохозяйственного производства. В структуре затрат на животноводческую продукцию расходы на корма доходят до половины их общего объема. В изменениях погоды за время вегетации растений в последние десятилетия наметился устойчивый тренд на потепление климата, что связано с периодами длительного отсутствия осадков и засухи [1].

Низкое качество разнотравных кормов связано с невысоким содержанием сухого вещества, высокой долей клетчатки, золы, лигнина, низким уровнем протеина [2]. В последние годы в Ставропольском крае увеличились площади посевов многолетних и однолетних трав, которые занимают соответственно 45–55 и 86–90 тыс. га. Наибольший экономический эффект от восстановления кормовых угодий обеспечит выращивание разносозревающих сортов и видов трав [3]. Проблемы с разнообразием культур можно решить интродукцией новых видов с высокими показателями устойчивости к изменяющимся условиям внешней среды и селекцией экологически специфических сортов традиционных кормовых культур [4]. Кроме сорго и суданской травы

практическое значение для выращивания в засушливых условиях юга России имеет могоар – *Setaria italica* L. spp. *mocharium* Alf. [5].

В двадцатые годы прошлого столетия он занимал в России более 50 % всей площади под однолетними травами. Из могоара получают сено, сенаж, силос, травяную муку, которые характеризуются высокими показателями химического состава [1, 6]. Эта культура обеспечивает животных зеленым кормом с лета до поздней осени. В зеленой массе содержится сахар, витамины, каротин, сбалансированные по содержанию аминокислот белки, углеводы, макро- и микроэлементы. В размолотом виде зерно поедается всеми видами животных, в неразмолотом – птицей. Зерно используется также как сырье для производства спирта, дрожжей, крахмала и др. Солома этой культуры содержит больше протеина, меньше клетчатки, чем ячменная, пшеничная и лучше переваривается. Могоар выращивается как пожнивная культура, является хорошим предшественником для большинства полевых культур. Посев его в смеси с бобовыми и крестоцветными культурами увеличивает содержание в корме сырого протеина и улучшает качество зеленой массы.

Возросший в последние годы спрос на семена могоара свидетельствует об актуальности и востребованности этой культуры. Могоар имеет мочковатую корневую систему, проникающую в почву на глубину 100–150 см [7]. Большая часть корней размещается в пахотном слое почвы. Всходы антоциановые, опорные корки развиты слабо, боковые стебли по высоте равны главному, ветвистость слабая, метелка заостренно-цилиндрическая, средневыдвинутая (10–15 см), длиной 15–20 см. Высота растений 135–170 см. Форма куста прямостоячая. Стебель имеет шесть–восемь междоузлий. Листья полупоникающие. Облиственность достигает 43–44 %. Колосковые чешуи при цветении антоциановые, а при созревании – соломенно-желтые. Щетинки густые, длиной 8–12 мм. Семена желтые, эллипсоидные, мелкие, масса 1000 зерен 2,8–3,6 г. [12]. Стебель опушенный, цилиндрический. Количество стеблей в кусте – два–семь. Лист длиной 45–50 см. Соцветие – колосовидная метелка. Колоски одноцветковые. Плод – зерновка эллипсоидной формы, размером меньше просяной [8].

Сорт Стамога среднеспелый, продолжительность развития растений до первого укоса – 65 дней, до созревания семян – 103–108 дней. Сорт устойчив к полеганию и осыпанию, хорошо отзывается на внесение минеральных удобрений, является востребованной покровной культурой.

Могоар – устойчивая к болезням и вредителям, засухоустойчивая, теплолюбивая культура. Семена начинают прорастать при температуре 10–12 °С. Недостаток влаги в почве приводит к остановке роста растений, а после выпадения осадков они формируют удовлетворительный урожай. Могоар экономно расходует почвенную влагу, коэффициент транспирации – 300. Хорошо произрастает на легких песчаных, а также суглинистых почвах. Лучшими для него являются черноземные поля. Нельзя его сеять на заболоченных и кислых участках [9]. Культура предъявляет повышенные требования к чистоте полей от сорняков. При благоприятных условиях отавность могоара достигает 25–40 % к основному укосу и зависит от сроков первого скашивания. Повторный укос осуществляют через 25–30 дней.

Цель исследований – и изучение качественных показателей зеленой массы могоара сорта Стамога, уточнение перспектив использования этой культуры как страховой при поздних сроках сева.

Материалы и методы исследований

Исследования по изучению кормовой эффективности могоара проводили в 2012–2017 гг. на опытном поле ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», расположенном в г. Михайловске Ставропольского края. Почвенный покров опытных участков представлен типичным малогумусным мицеллярно-карбонатным черноземом. Глубина

гумусового профиля составляет 120 см, содержание гумуса в пахотном слое 0–30 см – 3,2 %. Обеспеченность почвы подвижными формами минерального питания средняя. Количество осадков за май–сентябрь в 2012 г. составило 308 мм, в 2013 г. – 355 мм, в 2014 г. – 344 мм, 2015 г. – 214 мм, 2016 г. – 385 мм, 2017 г. – 305 мм. Среднесуточная температура воздуха за эти месяцы имела значения соответственно 19,8; 18,7; 20,1; 20,6; 18,6 и 20,4 °С. Поэтому 2013 и 2016 гг. были сравнительно влажными и умеренно-теплыми, 2012 и 2014 гг. – засушливыми, а 2015 и 2017 гг. – острозасушливыми.

В начальный период вегетации растения могоара растут медленно, поэтому поля под зерновые и особенно семенные посевы должны быть чистыми от сорняков. В засушливых условиях лучшими предшественниками являются озимые по пару, хорошими и удовлетворительными – яровые зерновые колосовые, зернобобовые и ранние пропашные. В наших исследованиях предшественник – озимая пшеница.

Осенняя подготовка почвы направлена на уничтожение сорняков и сохранение влаги. Она включает двукратное, с интервалом 10–15 дней, лущение жнивья и вспашку на 20–22 см. Весной при наступлении спелости почвы выполняют боронование зяби, а по мере появления всходов сорняков осуществляют две культивации в агрегате с боронами. Предпосевную культивацию проводят непосредственно перед посевом на глубину 4–5 см. Поверхность почвы должна быть хорошо выровненной. Перед посевом, а при сухой погоде – и после посева осуществляют прикатывание поверхности кольчатыми катками. Срок посева – первая декада мая, когда почва на глубине 10 см прогреется до 10–12 °С. Глубина заделки семян – 3–4 см. Способ посева зависит от цели культуры и состояния поля. Ширококорядный посев (45–70 см) целесообразно применять при возделывании могоара на семена, а сплошной (15–30 см) при выращивании на зерно, сено и зеленую массу. Ширококорядный посев следует применять в засушливых районах и на засоренных полях.

Норма высева – 1,5–2,0 млн всхожих семян на 1 га, что соответствует 6–8 кг/га, при массе 1000 зерен 3–3,5 г. При сплошном рядовом посеве (15 см) норма высева – 3,0–4,0 млн штук кондиционных семян на 1 га, что соответствует 12–15 кг/га.

На формирование одной тонны сена могоар потребляет из почвы: 17–20 кг азота, 4–5 кг фосфора, 15–17 кг калия. Рекомендуемая доза в условиях края составляет N₆₀P₄₅K₄₅ кг/га д.в. Особенно эффективны азотные туки, повышающие урожай сена этой культуры на 15–25 %. На песчаных почвах целесообразно применять калийные удобрения [9].

Проростки могоара страдают от почвенной корки и поэтому в случае её образования на поле следует провести боронование поперек рядков до появления всходов. Если почвенная корка образовалась, когда всходы уже появились, но еще недостаточно выросли, целесообразно использовать легкие сетчатые бороны. В фазе «три–пять листьев» у культурных растений проводят боронование всходов легкими боронами поперек или по диагонали к посеву со скоростью движения агрегата 3–4 км/ч. В эту же фазу, при наличии всходов широколиственных сорняков посев необходимо обработать разрешенными к применению гербицидами. В ширококорядных посевах при необходимости выполняют одну–две междурядные культивации.

В исследованиях использованы методы лабораторных и полевых опытов, учеты в конкурсном, коллекционном испытаниях, питомниках размножения могоара. Наблюдения, учеты, измерения выполняли в соответствии с методиками [10, 11]. Качественные показатели зеленой массы могоара рассчитывали в Ставропольском государственном сертифицированном центре агрохимической службы. Содержание протеина устанавливали методом Кьельдаля [13], клетчатки – методом Геннеберга и Штокмана [14], жира – экстракционным [15], сухого вещества – весовым [16].

Урожайные данные зеленой массы пересчитывали на 70 % влажность, зерна – 15 % влажность [17].

Результаты и их обсуждение

Сорт могоара Стамога внесен в Государственный реестр селекционных достижений с допуском использования по всей территории Российской Федерации. Выведен в Северо-Кавказском ФНАЦ методом индивидуального отбора из коллекционного образца К-1826.

В семеноводческих посевах в период выметывания и в начале цветения срезают под корень все нетипичные и больные растения, трудноотделимые, ядовитые, карантинные сорняки и растения других культур, встречающиеся в посевах. Для получения семян элиты и питомников размножения закладывали чистосортные посева массового (площадь 0,2–0,4 га) или индивидуально-семейственного отбора (400–500 потомств). В начале созревания семян проводили апробацию посевов в соответствии с требованиями ФГУ «Россельхозцентр» [11].

На сено и зеленый корм сорт Стамога убирают в фазе «начало выметывания». При более поздней уборке масса могоара быстро деревенеет. В ней снижается содержание протеина, увеличивается количество клетчатки, её кормовая ценность уменьшается. На сенаж и силос могоар убирают в фазу «молочно-восковой спелости», а на зерно и семена – при полной спелости зерна [6]. Уборку на зерно и семена проводят прямым способом. Комбайны тщательно регулируют и герметизируют. Зерно обладает высокой текучестью, оно мелкое и довольно легкое, поэтому возможны большие потери от выдувания ветром. Вымолачиваются семена из метелок трудно, поэтому следует тщательно регулировать обороты барабана и зазоры между деками и барабаном. Убранные семена и зерно незамедлительно очищают на семяочистительных машинах и при необходимости досушивают до 14–15 % влажности.

В условиях Ставропольского края урожайность зерна в среднем за шесть лет составила 4,03 т/га. Существенно более высокий урожай получен в умеренно-влажные 2016 г. (4,48 т/га) и 2013 г. (4,28 т/га). В острозасушливом 2015 г. урожайность зерна снизилась до 3,71 т/га.

Первый укос зеленой массы могоара в Центральном Предкавказье производится в период с 5 по 25 июля, второй – с 25 августа до 20 сентября. Эта культура и в засушливых условиях обеспечивает стабильный урожай, зеленая масса ее имеет высокое качество и, кроме того, посев могоара можно использовать на сено и выпас. Более раннее скашивание первого укоса характеризуется повышенным содержанием сырого протеина в зеленой массе и способствует более интенсивному отрастанию и формированию второго укоса.

Согласно данным таблицы 1, в среднем за 2012–2017 гг. урожайность зеленой массы могоара в первом укосе составила 26,06 т/га. Более высокий урожай (29,75–30,21 т/га) получен в умеренно влажные 2013 и 2016 гг. Во втором укосе в среднем за шесть лет получено по 4,85 т/га кормовой массы, величина которой также зависела от климатических особенностей года. За два укоса в среднем получено по 30,91 т/га зеленой массы. Величина полученной массы зависела от количества выпавших осадков и температуры воздуха за май–сентябрь. В умеренно-влажные 2013 и 2016 гг. урожайность могоара составила 34,06 и 35,60 т/га, в засушливые годы – 29,09–31,14 т/га. При выпадении в мае–сентябре 2015 г. только 214 мм осадков урожайность могоара составила 26,12 т/га, что ниже многолетних показателей на 4,79 т/га.

При анализе сухого вещества в зеленой массе установлено, что в среднем за шесть изучаемых лет его урожайность составила 6,86 т/га. Как и у зеленой массы, максимальные показатели получены в 2013 г. (7,22 т/га) и 2016 г. (7,48 т/га). Количество кормовых единиц с одного га составило 5705,3, переваримого протеина – 586,6 кг/га. Анализ химического состава абсолютно сухого вещества свидетельствует, что величина

сырого протеина у могара составляет в среднем 9,75 %, клетчатки в зеленой массе в фазе выметывания – 36,83 %. Содержание переваримого протеина на одну кормовую единицу – 103,7 г. Эти данные свидетельствуют о том, что по обеспеченности переваримым протеином кормовой единицы зеленая масса могара близка к зоотехнической норме. Переваримость сухого вещества могара в изучаемые годы составила 63,5 %.

Таблица 1 – Урожайность и качество корма из могара сорта Стамога (2012–2017 гг.)

Год учета	Урожайность, т/га					Химический состав		Количество		Переваримый протеин, г на 1 к.е.	Облиственность растений, %
	зерна	зеленой массы по укосам			сухого вещества	абсолютно сухого вещества, %		кормовых единиц, с 1 га	Переваримого протеина, кг/га		
		I	II	всего		протеин	клетчатка				
2012	3,90	25,57	3,99	29,56	6,98	9,81	37,39	5439,0	565,6	104	40,0
2013	4,28	29,75	4,31	34,06	7,22	9,77	37,33	6266,8	635,5	103	41,2
2014	3,83	23,62	5,38	29,09	6,25	9,77	36,30	5394,1	555,6	103	39,5
2015	3,71	21,16	4,96	26,12	6,09	9,75	36,24	4858,3	500,4	103	38,7
2016	4,48	30,21	5,39	35,60	7,48	9,73	36,88	6544,4	667,2	105	42,6
2017	3,98	26,07	5,07	31,14	7,14	9,69	36,86	5729,8	595,9	104	41,0
Среднее	4,03	26,06	4,85	30,91	6,86	9,75	36,83	5705,3	586,6	103,7	40,5
НСР ₀₅	0,17	–	–	1,21	–	0,38	1,74	281,3	21,3	–	1,9

В отдельные годы при пересеве погибших озимых или посевах поукосных культур возникает потребность в уточнении максимально возможных поздних сроков сева могара. В связи с этим в 2016–2017 гг. нами на опытном поле Северо-Кавказского ФНАЦ изучено влияние сроков сева на рост, развитие и формирование урожая зеленой массы могара. Согласно данным таблицы 2, продолжительность периода от всходов до выметывания могара снизилась с 61 дня (посев 29 мая) до 54 дней (пятое июля). Период от всходов до созревания семян составил 107–108 дней при посеве 29 мая – 15 июня. При севе пятого июля в оба года растения достигли фазы «молочная спелость семян». Высота растений более значительной установлена при посеве их 29 мая (131 см). Поздний посев пятого июля снизил высоту растений до 93 см.

Таблица 2 – Влияние сроков сева на рост, развитие и формирование урожая зеленой массы могара сорта Стамога (среднее за 2016–2017 гг.)

Срок сева	Продолжительность периода, дней			Высота растений, см	Урожайность зеленой массы, т/га		
	от всходов до выметывания	от всходов до цветения	от всходов до созревания семян		2016 г.	2017 г.	средняя
29.05	61	70	108	131	24,17	19,47	21,82
15.06	57	66	107	120	22,31	18,20	20,26
05.07	54	64	91	93	18,16	15,94	17,05
НСР ₀₅ для сроков сева, т/га					1,45	1,23	

Урожайность зеленой массы зависела от сроков сева и обеспеченности растений влагой. В умеренно влажном 2016 г. она уменьшилась от 24,17 т/га при посеве 29 мая до 18,16 т/га при севе пятого июля. В острозасушливом 2017 г. соответствующие показатели составили 19,47 и 15,94 т/га. Уменьшение имело значения 2,22–4,70 т/га.

В среднем за 2016–2017 гг. при поздних сроках сева получен сравнительно высокий урожай зеленой массы могара – 21,82 т/га при посеве 29 мая; 20,26 т/га при севе

15 июня и 17,05 т/га при посеве пятого июля. В оба года исследований сложились благоприятные условия обеспеченности почвы влагой в мае-июне.

Выводы

Сорт могора Стамога обладает хорошей устойчивостью к засушливым условиям степной зоны Ставропольского края. В среднем за 2012–2017 гг. он обеспечил получение в первом укосе 26,06 т/га зеленой массы, а за два укоса – 30,91 т/га. Урожайность сухого вещества составила 6,86 т/га, зерна при влажности 15 % – 4,03 т/га, семян суперэлиты – 3,23 т/га, первой репродукции – 2,96 т/га.

Поступление зеленого корма происходит с 5 по 25 июля в первом укосе и с 25 августа по 20 сентября при втором скашивании или стравливании животным.

Зеленая масса могора хорошо сбалансирована по питательности и имеет высокую переваримость (63,5 %). Количество сырого протеина составило в среднем за шесть лет 9,75 %, клетчатки в зеленой массе в фазе «выметывание» – 36,83 %. Сбор кормовых единиц с одного га насчитывает 5705,3 шт., переваримого протеина – 586,6 кг/га. Обеспеченность одной кормовой единицы переваримым протеином составила 103,7 г. Содержание листьев в зеленой массе при первом укосе доходит до 40,5 %.

Могор сорта Стамога при необходимости можно сеять в поздние сроки. При посеве 29 мая и 15 июня урожайность зелёной массы составила соответственно 21,82 и 20,26 т/га. Высев пятого июля уменьшает количество зеленой массы до 17,05 т/га.

Литература

1. Володин А. Б., Капустин С. И., Капустин А. С. Сорговые культуры – источник кормов для овцеводства // Сборник научных трудов ВНИИОК. 2017. Т. 1. Вып. 10. С. 54–59.
2. Володин А. Б., Капустин С. И., Колодкин А. В. Эффективность использования однолетних яровых культур в Ставропольском крае // Бюллетень СНИИСХ. 2015. № 7. С. 40–46.
3. Капустин С. И., Володин А. Б., Капустин А. С. Эффективность использования однолетних яровых кормовых культур в засушливых условиях Центрального Предкавказья // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 3 (11). С. 72–79.
4. Шкодина Е. П., Володин А. Б., Капустин С. И., Капустин А. С. Агроэкологическое испытание однолетних кормовых культур в Новгородской области // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве». Киров: ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока», 2018. С. 197–200.
5. Капустин С. И., Шепитько Е. Н. Виды и разновидности зерновых культур. Пособие для самостоятельной работы по растениеводству Луганск: ЛНАУ, 2010. 36 с.
6. Жукова М. П., Володин А. Б., Капустин С. И., Донец И. А., Голубь А. С. Перспектива использования однолетних яровых кормовых культур в кормопроизводстве // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 3 (19). С. 149–153.
7. Коломейченко В. В. Растениеводство. М: Агробизнесцентр, 2007. 597 с.
8. Кулинцев В. В., Володин А. Б., Капустин С. И. Возделывание однолетних кормовых культур в Ставропольском крае. Саратов: Амирит, 2015. 40 с.
9. Кулинцев В. В., Годунова Е. И., Желнакова Л. И., 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: Агрус, 2013. 520 с.
10. Федин М. А. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: МСХ СССР, 1985. 267 с.
11. Гуляев Г. В., Никитенко Г. Ф., Строна И. Г. Методические указания по производству семян элиты зерновых, зернобобовых и крупяных культур М.: Колос, 1982. 28 с.
12. Кулинцев В. В., Кравцов В. В., Чумакова В. В. Сорга и гибриды сельскохозяйственных культур селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Каталог. Ставрополь: Агрус, 2018. 176 с.
13. ГОСТ 13496.4-93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. М.: изд-во стандартов, 1995. 10 с.
14. ГОСТ 31675-2012. Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации. М.: изд-во стандартов, 2013. 12 с.

15. ГОСТ 13496.15-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира (с Изменением № 1). М.: изд-во стандартов, 1999. 12 с.
16. ГОСТ 31640-2012. Корма. Методы определения содержания сухого вещества. М.: изд-во стандартов, 1995. 8 с.
17. Практикум по агрохимии: учебное пособие // Под ред. Михнеева В. Г. М.: МГУ, 2001. 689 с.

References

1. Volodin A. B., Kapustin S. I., Kapustin A. S. Sorghum crops are source of forage for sheep breeding // Sbornik nauchnykh trudov VNIIOK. 2017. Vol. 1. Iss. 10. P. 54–59.
2. Volodin A. B., Kapustin S. I., Kolodkin A. V. Efficiency of using annual spring crops in the Stavropol Territory // Bulletin SNIISKH. 2015. No. 7. P. 40–46.
3. Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S. Annual spring fodder crops use efficiency in dry areas of the Central Ciscaucasia // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2017. No. 3 (11). P. 72–79.
4. Shkodina E. P., Volodin A. B., Kapustin S. I., Kapustin A. S. Agroecological testing of annual fodder crops in the Novgorod Region // Materials of the IV International Scientific and Practical Conference “Methods and technologies in plant breeding and plant growing”. Kirov: FSBSI “Federal Agrarian Scientific Center of the North-East named after N. V. Rudnitskiy”, 2018. P. 197–200.
5. Kapustin S. I., Shepit’ko E. N. Types and varieties of cereals. Manual for independent work on plant growing. Lugansk: LNAU, 2010. 36 p.
6. Zhukova M. P., Volodin A. B., Kapustin S. I., Donets I. A., Golub A. S. Outlook annual use of spring fodder crops in forage production // Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2015. No. 3 (19). P. 149–153.
7. Kolomeichenko V. V. Crop production. Moscow: Agrobusinesscentre, 2007. 597 p.
8. Kulintsev V. V., Volodin A. B., Kapustin S. I. Cultivation of annual fodder crops in the Stavropol Territory Saratov: Amirit, 2015. 40 p.
9. Kulintsev V. V., Godunova Ye. I., Zhelnakova L.I., Udovydchenko V. I., Petrova L. N., Dridiger V. K., Antonov S. A., Andrianov D. Yu., Dzybov D. S., Kravtsov V. V., Yeroshenko F. V., Kuprichenko M. T., Kovtun V. I., Kuzychenko Yu. A., Shustikova Ye. 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 Ye. N., Bagrintseva V. N., Khodzhayeva N. A., Fedotov A. A., Neshin I. V. The system of agriculture of the new generation of the Stavropol Territory [Monograph]. Stavropol: Agrus, 2013. 520 p.
10. Fedin M. A. Methodology of the State Variety Testing of Agricultural Crops. Moscow: Ministry of Agriculture of the USSR, 1985. 267 p.
11. Gulyayev G. V., Nikitenko G. F., Strona I. G. Methodical instructions for the production of seeds of elite cereals, legumes and cereals. Moscow: Kolos, 1982. 28 p.
12. Kulintsev V. V., Kravtsov V. V., Chumakova V. V. Varieties and hybrids of agricultural crops breeding FSBSI “North Caucasian FINC”. Catalog. Stavropol: Agrus, 2018. 176 p.
13. GOST 13496.4-93. Fodder, mixed fodder and animal feed raw stuff. Methods of nitrogen and crude protein determination. Moscow: Publishing house of standards, 1995. 10 p.
14. GOST 31675-2012. Feeds. Methods for determination of crude fibre content with intermediate filtration. Moscow: Publishing house of standards, 2013. 12 p.
15. GOST 13496.15-97. Forages, compound feeds, raw material for compound feeds. Methods for determining the raw fat content. Moscow: Publishing house of standards, 1999. 12 p.
16. GOST 31640-2012. Feeds. Methods for determination of dry matter content. Moscow: Publishing house of standards, 1995. 8 p.
17. Practical workbook on Agrochemistry: a textbook // Ed. by Mikhneev M. G. Moscow: Lomonosov Moscow State University, 2001. 689 p.

UDC 633.175:633.25+636.086.1

Kapustin S. I., Volodin A. B., Kravtsov V. V., Kapustin A. S.

FOXTAIL MILLET (*SETARIA ITALICA*) IS A VALUABLE FODDER CROP

Summary. Foxtail millet (Russian: *mogar*) is used for hay, haylage, silage, and herbal flour. The green mass contains proteins, carbohydrates, vitamins, carotene, trace elements that are balanced in amino acids content. This crop uses available water very efficiently. The ‘Stamoga’ variety it suitable for raising in dry areas. The aim of the research was to study the qualitative indicators of the green mass of the *mogar* variety ‘Stamoga’, to clarify the prospects for using this crop as an insurance for late planting dates. Harvest for green mass in the steppe zone of the Stavropol Territory can be made from July 5 to 25 during the first mowing and from August 25 to September 20 during the second mowing or grazing by animals. On average, for the years from 2012 to 2017 the yield of variety *Stamoga* during the first mowing was 26.06 t/ha

of green matter, during two mowings – 30.91 t/ha. The yield of dry matter was 6.86 t/ha. Mogar grains are used in an ungrounded form as bird food, in the grounded form – eaten by all kinds of animals. It is also used as raw material for the production of alcohol, yeast, starch, etc. In our experiments, the average annual yield of the grain at a humidity of 15 % was 4.03 t/ha. This crop is promising for effective seed production. The yield of the super-elite seeds of mogar variety 'Stamoga' was 3.23 t/ha, first reproduction – 2.96 t/ha. The mogar's green mass is well balanced in nutrition, the digestibility of dry matter is 63.5 %. The number of feed units per hectare was 5,705.3 units; digestible protein – 586.6 kg/ha. In absolutely dry matter, the value of the crude protein was 9.75 %, the fiber in the green mass in the "sweep" phase was 36.83 %. The provision of one feed unit with the digestible protein is 103.7 g. The leaf content in the green mass at the first mowing is 40.5 %. Stamoga can be planted in late spring date. When the crop was sown on May 29 and June 15, the yield of green mass was 21.82 t/ha and 20.26 t/ha. Sowing on July 5 reduced the amount of green mass to 17.05 t/ha.

Keywords: *mogar Setaria italica L. spp. mocharium Alf., variety, green mass, protein, fiber, fodder unit, leaf formation (leafiness), digestibility of feed.*

Капустин Сергей Иванович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства сорго, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; 356241, Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; e-mail: sniish@mail.ru.

Володин Александр Борисович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией селекции и первичного семеноводства сорго, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; 356241, Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; e-mail: sniish@mail.ru.

Кравцов Виктор Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник группы селекции и первичного семеноводства кормовых культур, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; 356241, Россия, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; e-mail: sniish@mail.ru.

Капустин Андрей Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, начальник отдела научнотехнической информации, наукометрии и экспортного контроля управления науки и технологии, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»; 355009, Россия, Ставропольский край, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1; e-mail: akapustin@ncfu.ru.

Kapustin Sergey Ivanovich, Cand. Sc. (Agr.), associate professor, senior researcher of the Laboratory of selection and primary seed sorghum breeding FSBSI "North-Caucasian Federal Scientific Agrarian Center"; 49, Nikonova str., Mihailovsk, 356241, Russia; e-mail: sniish@mail.ru.

Volodin Aleksandr Borisovich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher, head of the Laboratory of selection and primary seed sorghum breeding FSBSI "North-Caucasian Federal Scientific Agrarian Center"; 49, Nikonova str., Mihailovsk, 356241, Russia; e-mail: sniish@mail.ru.

Kravtsov Viktor Vasilevich, Dr. Sc. (Agr.), leading researcher of the selection and primary seed fodder cultivation group FSBSI "North-Caucasian Federal Scientific Agrarian Center"; 49, Nikonova str., Mihailovsk, 356241, Russia; e-mail: sniish@mail.ru.

Kapustin Andrey Sergeevich, Cand. Sc. (Agr.), head of the Department of scientific and technical information, science and metrology and export control of science and technology; Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "North-Caucasian Federal University"; 1, Pushkin str., Stavropol, 355009, Russia; e-mail: akapustin@ncfu.ru.

Дата поступления в редакцию – 27.07.2018.

Дата принятия к печати – 06.09.2018.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ КОЛЛЕКЦИИ БАКЛАЖАНА В КРЫМУ

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. *Разные сорта баклажана обладают различной генетической обусловленностью, следовательно, и разной продуктивностью. При оценке коллекционного материала и подборе исходных форм для селекции баклажана большое значение имеет норма реакции исследуемых сортов на изменение условий выращивания. Цель исследований – изучение внутривидового генофонда баклажана и отбор исходного материала для создания новых раннеспелых сортов, высокопродуктивных, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам среды для выращивания в южной зоне России. В отделе селекции и семеноводства овощных и бахчевых культур НИИСХ Крыма за период 2010–2017 гг. оценены 30 коллекционных образцов иностранной и отечественной селекции баклажана. Для создания сортов и гетерозисных гибридов баклажана определена фенотипическая изменчивость хозяйственно ценных признаков коллекционных форм: раннеспелости, продуктивности, средней массы плода. Установлена изменчивость признаков: низкая по «продолжительности вегетационного периода», средняя по «средней массе плода» у группы ранних образцов (14,2 %), и значительная у группы очень ранних (21,6 %); высокая по «продуктивности» по двум группам спелости. В условиях предгорной зоны Крыма для селекции баклажана выделены образцы: на скороспелость – Принц, Feng jieyi Lao и Бело-фиолетовые; на продуктивность – Буян и Черный красавец, при наибольшей продуктивности плодов 1212,3 и 966,6 г/растения соответственно; на среднюю массу плода – Буян (155,9 г) и Альбатрос (176 г).*

Ключевые слова: баклажан *Solanum melongena* L., сортообразец, признак, изменчивость, коэффициент агрономической стабильности, продуктивность.

Введение

Для обеспечения потребности населения продуктами питания главной задачей сельского хозяйства является увеличение их производства, одно из важных мест в решении этой проблемы занимает овощная продукция. Для консервной промышленности одним из основных овощей является баклажан [1]. Баклажан получил широкое распространение во многих странах мира. В мире статистика посевных площадей, средней урожайности и производства баклажана в 2013 г. следующая: посевные площади – 1,867 млн га, средняя урожайность – 26,464 т/га, произведено – 49,419 млн т (FAO, 2013) [2]. По России статистических данных нет. Крупные производители: Китай – 28,456 млн т, Индия – 13,444 млн т, Иран – 1,354 млн т, Египет – 1,194 млн т [3]. Основной регион производства баклажана в нашей стране – это юг России. Употребление в пищу плодов баклажана разнообразно: их жарят, запекают, готовят на пару, маринуют, сушат и солят.

В последнее десятилетие наблюдается быстрое увеличение валового производства баклажана за счет повышения урожайности. Главные факторы увеличения урожайности и улучшения качества продукции – создание и внедрение в производство новых высокопродуктивных сортов и гибридов F₁, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам среды [4].

Селекционная работа связана с оценкой и отбором исходного материала, от которого в значительной степени зависит успех создания сортов и гибридов разного

направления. Установлено, что под влиянием условий выращивания проходят изменения хозяйственно ценные признаки баклажана [5]. В результате действия окружающих факторов варьирует продолжительность вегетационного периода, масса плодов, что ведет к изменениям продуктивности растения. Знание закономерностей фенотипической изменчивости хозяйственно ценных признаков баклажана позволяет эффективно оценить исходный материал для селекционной работы.

Важным признаком, который определяет ценность сорта и его пригодность для выращивания в той или иной зоне, является скороспелость, к тому же, самыми рентабельными являются раннеспелые сорта и гибриды баклажана с продолжительным периодом плодоношения [6]. Продолжительность вегетационного периода – это генетически обусловленный сортовой признак, но он может меняться в зависимости от условий и способов выращивания.

Цель исследований – изучение внутривидового генофонда баклажана и отбор исходного материала для создания новых раннеспелых сортов, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам среды, высокопродуктивных, для выращивания в южной зоне России.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в отделе селекции и семеноводства овощных и бахчевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма» в период с 2010 по 2017 год. Исходным материалом служили 30 образцов баклажана отечественной и зарубежной селекции.

Почва на опытном участке – южный карбонатный тяжелосуглинистый чернозем. По гранулометрическому составу почва является тяжелым слабо-структурным суглинком. Содержание гумуса в пахотном слое – 4,8 %, азота – 2,3 мг/100 г, фосфора – 24 мг/100 г, калия – 74,5 мг/100 г почвы, рН солевой – 8,1.

Территория опытного участка относится к нижнему Предгорному агроклиматическому району Крыма. Климат района умеренно континентальный, характеризующийся неустойчивым увлажнением.

Оценку растений баклажана по комплексу признаков проводили согласно унифицированному классификатору СЭВ [7] и методическим указаниям [8]. Уровень фенотипической изменчивости изучали по методике Доспехова Б. А. [9].

Делянки коллекционного питомника однорядковые, без повторностей, по 18–20 растений в ряду, из которых 15 – учетные. Схема посадки – 90 + 50 × 25–30 см. Растения баклажана выращивали на капельном орошении.

Статистическая обработка полученных данных проведена с помощью программы Microsoft Excel 2007.

Результаты и их обсуждение

В исследованиях проведена оценка степени изменчивости вегетационного периода коллекционных сортообразцов баклажана. Как показывают данные, по продолжительности вегетационного периода половину исследованных образцов можно отнести к группе очень ранних (от всходов до технической спелости плодов – менее 100 суток), а вторую половину – к группе ранних (101–115 суток). Значения данного признака находились в пределах 92–114 суток (таблица 1).

Среди изученных образцов баклажана мы выделили наиболее раннеспелые, у которых продолжительность вегетационного периода находилась в пределах 92–95 дней. Сюда отнесены сортообразцы Принц (Россия), Feng jieyi Lao (Япония) и Белофиолетовые из Украины.

Степень изменчивости признака «продолжительность вегетационного периода» баклажана в наших климатических условиях была незначительной и находилась в пределах от 0 до 10,2 %. Среднее значение изменчивости признака по группе «очень ранние» составило 3,9 %, по группе «ранние» – 2,6 %. Представленные показатели

указывают на низкую степень изменчивости продолжительности вегетационного периода образцов баклажана.

Таблица 1 – Изменчивость продолжительности вегетационного периода сортообразцов баклажана (2010–2017 гг.)

Сортообразец	Происхождение	Min.–max., сутки	$\bar{X} \pm S_x$, сутки	$V \pm S_v$, %	A_s , %
группа «Очень ранние»					
Кашалот	Россия	95–106	99,3 ± 2,7	5,4 ± 0,7	94,6
Бегемот	Россия	93–106	98,0 ± 3,1	6,4 ± 2,3	93,6
Принц	Россия	92–98	94,6 ± 1,2	2,8 ± 0,9	97,2
Larga Negra	Голландия	93–106	98,0 ± 2,0	5,1 ± 1,5	94,9
Feng jieyi Lao	Япония	88–98	92,5 ± 2,1	4,5 ± 1,6	95,5
Ronde de Valence	Нидерланды	91–106	97,2 ± 2,7	6,7 ± 1,9	93,3
Универсал 2	Россия	94–103	97,8 ± 2,3	4,6 ± 1,6	95,4
б/н (№ 27)	Китай	91–103	96,8 ± 1,6	4,8 ± 1,2	95,2
Бело-фиолетовые	Украина	93–98	95,4 ± 1,2	2,8 ± 0,9	97,2
Черный красавец	Россия	91–105	98,0 ± 1,8	5,3 ± 1,3	94,7
Sais	Италия	100	100,0 ± 0,0	0,0	100,0
Шаровидный	Китай	98–101	100,0 ± 1,0	1,7 ± 0,7	98,3
Глобус	Украина	95–100	97,8 ± 1,0	2,1 ± 0,8	97,9
№68	Россия	93–101	97,5 ± 1,7	3,4 ± 1,2	96,6
Мария	Россия	94–100	97,7 ± 1,9	3,3 ± 1,4	96,7
Среднее	–	–	–	3,9 ± 1,2	–
группа «Ранние»					
Алмаз	Украина	101–107	102,8 ± 0,8	2,1 ± 0,5	97,9
Лиловый ранок	Украина	101–103	102,5 ± 0,5	0,98 ± 0,4	99,0
Di Firenze	Италия	96–106	100,5 ± 1,8	4,4 ± 1,3	95,6
Aubergine bine	Италия	100–105	101,8 ± 0,9	2,0 ± 0,6	97,9
Нарру Ман № 1	Китай	92–112	104,0 ± 6,1	10,2 ± 4,2	89,8
Галчонок	Германия	112–117	114,3 ± 1,0	1,8 ± 0,6	98,2
Буян	Украина	100–110	103,4 ± 1,5	3,8 ± 1,0	96,2
Донецкий урожайный	Украина	100–106	101,9 ± 0,88	2,3 ± 0,6	97,7
Индуc	Россия	100–102	101,0 ± 0,57	0,99 ± 0,4	99,0
Алмазный	Россия	101–104	102,7 ± 0,88	1,5 ± 0,6	98,5
Астраком	Россия	104	104,0 ± 0,0	0,0	100,0
Нижневожский	Россия	100–106	102,3 ± 1,9	3,1 ± 1,3	96,9
Пантера	Россия	103–106	104,7 ± 0,88	1,5 ± 0,6	98,5
Лебединый	Россия	101–105	103,3 ± 1,2	2,0 ± 0,8	98,0
Альбатрос	Россия	102–108	104,7 ± 1,8	2,9 ± 1,2	97,1
Среднее	–	–	–	2,6 ± 0,94	–

Средняя степень изменчивости данного признака отмечена у образца Нарру Ман № 1 из Китая, он характеризовался более широкой нормой реакции по признаку «продолжительность вегетационного периода».

Урожайность – это сложный комплексный признак, зависящий от генетических особенностей сорта и условий выращивания. В своих исследованиях мы изучали продуктивность и среднюю массу плода сортообразцов.

Результаты изучения коллекционного материала показали, что продуктивность сортообразцов баклажана отличалась высокой степенью изменчивости по двум группам спелости (таблица 2). Коэффициент вариации (V) продуктивности образцов, которые находились в изучении, варьировал от 10,0 до 78,9 %.

Средняя степень изменчивости продуктивности отмечена у образцов Черный красавец, Алмазный и Мария, при этом сорт Черный красавец имел высокую продуктивность (966,6 г/растения).

Таблица 2 – Изменчивость продуктивности образцов баклажана (2010–2017 гг.)

Сортообразец	Происхождение	Min.–max., г	$\bar{X} \pm S_x$, г	$V \pm S_v$, %	A_s , %
группа «Очень ранние»					
Кашалот	Россия	150–629	$388,5 \pm 30,7$	$61,4 \pm 21,9$	38,6
Бегемот	Россия	250–693	$477,3 \pm 20,2$	$40,5 \pm 14,5$	59,5
Принц	Россия	250–544	$407,4 \pm 15,3$	$33,7 \pm 10,5$	66,3
Larga Negra	Голландия	410–907	$650,8 \pm 12,9$	$31,1 \pm 8,9$	68,9
Feng jieyi Lao	Япония	140–694	$325,5 \pm 39,5$	$78,9 \pm 28,2$	21,1
Ronde de Valence	Нидерланды	267–1123	$595,8 \pm 21,8$	$52,2 \pm 14,9$	47,8
Универсал 2	Россия	310–794	$483,5 \pm 22,3$	$44,7 \pm 15,9$	55,3
б/н (№27)	Китай	350–1494	$794,4 \pm 17,9$	$50,3 \pm 12,6$	49,7
Бело-фиолетовые	Украина	160–497	$330,8 \pm 19,8$	$43,6 \pm 13,6$	56,4
Черный красавец	Россия	744–1228	$966,6 \pm 8,9$	$19,8 \pm 6,2$	80,2
Sais	Италия	250–571	$382,0 \pm 25,9$	$44,0 \pm 18,3$	56,0
Шаровидный	Китай	110–364	$194,7 \pm 44,3$	$75,3 \pm 31,4$	24,7
Глобус	Украина	350–850	$593,0 \pm 20,3$	$40,6 \pm 14,5$	59,4
№ 68	Россия	400–1069	$615,5 \pm 25,2$	$50,5 \pm 18,0$	49,5
Мария	Россия	450–624	$541,3 \pm 9,5$	$16,1 \pm 6,7$	83,9
Среднее	–	–	–	$45,5 \pm 15,7$	–
группа «Ранние»					
Алмаз	Украина	450–1103	$724,1 \pm 12,1$	$34,0 \pm 8,5$	66,0
Лиловый ранок	Украина	269–455	$353,5 \pm 10,8$	$21,7 \pm 7,7$	78,3
Di Firenze	Италия	310–830	$557,5 \pm 15,4$	$36,9 \pm 10,6$	63,1
Aubergine bine	Италия	380–795	$534,8 \pm 13,6$	$29,9 \pm 9,3$	70,1
Happy Man № 1	Китай	330–547	$432,3 \pm 14,8$	$25,2 \pm 10,5$	74,8
Галчонок	Германия	220–610	$387,5 \pm 20,9$	$41,9 \pm 15,0$	58,1
Буян	Украина	1110–1347	$1212,3 \pm 5,8$	$10,0 \pm 4,1$	90,0
Донецкий урожайный	Украина	520–1013	$809,3 \pm 9,2$	$23,9 \pm 6,5$	76,1
Индус	Россия	547–1040	$763,0 \pm 19,4$	$33,0 \pm 13,8$	67,0
Алмазный	Россия	670–854	$753,0 \pm 7,3$	$12,4 \pm 5,2$	87,6
Астраком	Россия	520–949	$740,7 \pm 17,1$	$29,0 \pm 12,1$	71,0
Нижеволжский	Россия	560–918	$688,7 \pm 17,0$	$28,9 \pm 12,0$	71,1
Пантера	Россия	253–430	$344,7 \pm 15,1$	$25,7 \pm 10,7$	74,3
Лебединый	Россия	540–845	$740,3 \pm 13,8$	$23,4 \pm 9,8$	76,6
Альбатрос	Россия	480–967	$797,3 \pm 20,3$	$34,5 \pm 14,4$	65,5
Среднее	–	–	–	$27,3 \pm 10,0$	–

Наименьшая степень изменчивости продуктивности отмечена у сорта Буян ($V = 10,0\%$), также данный сортообразец характеризовался высокой продуктивностью (1212,3 г/растения) и высоким коэффициентом агрономической стабильности данного признака. Следует отметить, что среднее значение показателя изменчивости продуктивности у группы ранних образцов в 1,7 раза ниже, чем у группы очень ранних.

Показатель «средняя масса плода» является важным элементом структуры продуктивности растений баклажана. Данный показатель варьировал в диапазоне от 1,8 до 39,7% (таблица 3). Наибольшей массой плода (>155 г) характеризуются сортообразцы Бегемот, Буян, Индус и Альбатрос. Из группы исследуемых сортообразцов только сорта Буян и Альбатрос совмещали наибольшую «среднюю массу плода» (155,9 и 176 г соответственно) с высоким коэффициентом агрономической стабильности (90,1 и 92,4% соответственно).

Сравнение средней варибельности признака «средняя масса плода» по двум группам спелости баклажана показало, что у группы ранних образцов изменчивость этого признака средняя, у группы очень ранних – значительная. Наибольшим коэффициентом агрономической стабильности отличался сорт Лебединый (98,2%), однако «средняя масса плода» данного сорта была небольшой (112 г). Незначительная изменчивость данного признака «средняя масса плода» (<10%) отмечена у сортообразцов: Универсал 2, б/н (№ 27), Буян, Алмазный, Астраком, Нижеволжский, Лебединый, Альбатрос.

Таблица 3 – Изменчивость признака «средняя масса плода» у сортообразцов баклажана (2010–2017 гг.)

Сортообразец	Происхождение	Min.–max., г	$\bar{X} \pm S_x$, г	$V \pm S_v$, %	A_s , %
группа «Очень ранние»					
Кашалот	Россия	106–205	146,5 ± 14,7	29,3 ± 10,5	70,7
Бегемот	Россия	95–227	155,5 ± 17,4	34,9 ± 12,5	65,1
Принц	Россия	70–152	113,6 ± 13,2	29,2 ± 9,1	70,8
Larga Negra	Голландия	86–150	123,8 ± 7,4	17,7 ± 3,1	82,3
Feng jieyi Lao	Япония	60–115	87,0 ± 13,3	26,5 ± 9,5	73,5
Ronde de Valence	Нидерланды	100–156	127,3 ± 6,2	14,9 ± 4,3	85,1
Универсал 2	Россия	102–121	114,3 ± 3,7	7,5 ± 2,7	92,5
б/н (№27)	Китай	116–145	127,1 ± 2,8	7,9 ± 1,9	92,1
Бело-фиолетовые	Украина	66–100	85,4 ± 7,1	15,6 ± 4,9	84,4
Черный красавец	Россия	118–167	137,6 ± 6,7	14,8 ± 4,6	85,2
Sais	Италия	71–115	93,3 ± 13,9	23,6 ± 9,8	76,4
Шаровидный	Китай	73–110	92,7 ± 11,8	20,1 ± 8,4	79,9
Глобус	Украина	80–130	110,0 ± 9,8	22,3 ± 7,9	77,7
№68	Россия	99–150	115,0 ± 10,4	20,7 ± 7,4	79,3
Мария	Россия	95–187	128,3 ± 23,4	39,7 ± 16,5	60,3
Среднее	–	–	–	21,6 ± 7,5	–
группа «Ранние»					
Алмаз	Украина	115–167	137,1 ± 4,9	13,6 ± 3,4	86,4
Лиловый ранок	Украина	80–140	108,5 ± 11,6	23,2 ± 8,3	76,8
Di Firenze	Италия	90–177	116,5 ± 11,0	26,5 ± 7,6	73,5
Aubergine bine	Италия	95–160	115,8 ± 9,9	21,9 ± 6,9	78,1
Нарру Ман № 1	Китай	85–120	108,3 ± 10,9	18,7 ± 7,8	81,3
Галчонок	Германия	90–133	106,5 ± 9,3	18,5 ± 6,6	81,5
Буян	Украина	135–175	155,9 ± 4,5	9,9 ± 3,1	90,1
Донецкий урожайный	Украина	120–185	137,6 ± 6,4	16,7 ± 4,5	83,3
Индус	Россия	160–200	174,0 ± 7,6	12,9 ± 5,4	87,1
Алмазный	Россия	107–127	118,3 ± 5,1	8,7 ± 3,6	91,3
Астраком	Россия	92–106	101,0 ± 4,5	7,7 ± 3,2	92,3
Нижеволжский	Россия	98–118	107,0 ± 5,6	9,5 ± 3,9	90,5
Пантера	Россия	79–108	94,7 ± 9,1	15,5 ± 6,4	84,5
Лебединый	Россия	110–114	112,0 ± 1,1	1,8 ± 0,7	98,2
Альбатрос	Россия	161–187	176,0 ± 4,5	7,6 ± 3,2	92,4
Среднее	–	–	–	14,2 ± 5,0	–

Для морфологического описания образцов использовали международный классификатор СЭВ вида *Solanum melongena* по комплексу признаков [7]. В таблице 4 приведены основные морфологические признаки сортообразцов, выделившихся по раннеспелости, продуктивности и средней массе плода.

Таблица 4 – Морфологические признаки выделившихся сортообразцов баклажана

Наименование образца	Высота куста, см	Форма куста	Плод		
			форма	окраска	окраска мякоти
Принц	58	сомкнутая	цилиндрическая	темно-фиолетовая	белая
Feng jieyi Lao	40	раскидистая	змеевидная	темно-фиолетовая	зелено-белая
Бело-фиолетовые	34	полураскидистая	удлиненно-грушевидная	фиолетовая	зелено-белая
Буян	60	полураскидистая	овальная	фиолетовая	белая
Черный красавец	60	полураскидистая	удлиненно-грушевидная	темно-фиолетовая	зелено-белая
Альбатрос	58	сомкнутая	укороченно-грушевидная	фиолетовая	белая
Лебединый	63	полураскидистая	цилиндрическая	белая	белая

Выделившиеся образцы включены в процесс гибридизации в качестве родительских форм, полученный гибридный материал оценивается в селекционных питомниках с целью отбора растений, отвечающих поставленной селекционной задаче.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что признак «продолжительность вегетационного периода» имел низкую степень изменчивости (<10 %); у признака «средняя масса плода» степень изменчивости была средней у группы ранних образцов (14,2 %), у группы очень ранних – значительной (21,6 %); признак «продуктивность» баклажана характеризовался высокой степенью изменчивости в обеих группах спелости (>20 %). Для селекции баклажана в условиях предгорной зоны Крыма особый интерес представляют собой образцы: на скороспелость – Принц, Feng jieyi Lao и Бело-фиолетовые; на продуктивность – Буян, Черный красавец (при наибольшей продуктивности плодов 1212,3 и 966,6 г/растения соответственно); на среднюю массу плода – Буян (155,9 г), Альбатрос (176,0 г).

Литература

1. Кацкая А. Г. Новый ранний сорт баклажана Оскар // Экологические проблемы современного овощеводства и качество овощной продукции. Сборник научных трудов ВНИИО. 2014. Вып. 1. С. 284–288.
2. Продовольственная сельскохозяйственная организация Объединенных наций [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fao.org/home/ru/> (дата обращения 12.09.2018).
3. Мамедов М. И., Пышная О. Н., Джос Е. А., Шмыкова Н. А., Супрунова Т. П., Митрофанова О. А., Верба В. М. Баклажан (*Solanum spp.*). М.: изд-во ВНИИССОК, 2015. 264 с.
4. Мамедов М. И. Овощеводство в мире: производство основных овощных культур, тенденция развития за 1993–2013 годы по данным FAO // Овощи России. 2015. № 2. С. 3–9.
5. Бажмаева Ф. К. Оценка коллекционных образцов, подбор доноров для селекции и создание сортов перца сладкого и баклажана для нижнего Поволжья. Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Астрахань: Российская академия сельскохозяйственных наук, Государственный Научный Центр, Всероссийский научно-исследовательский институт имени Н. И. Вавилова, Астраханская опытная станция, ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства РАСХН», 2009. 21 с.
6. Гераскина Н. В. Селекция баклажана для юга России // Картофель и овощи. 2016. № 7. С. 33.
7. Широкий унифицированный классификатор СЭВ вида *Solanum melongena* L. (род *Solanum* (Tourm.) L.). Л., 1979. 33 с.
8. Методические указания по изучению и поддержке мировой коллекции овощных пасленовых культур (томаты, перец, баклажаны). Л., 1977. 39 с.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 351 с.

References

1. Katskaya A. G. New early varieties of eggplant Oscar// Ecological problems of modern vegetable growing and quality of vegetable products. Collection of papers of the All-Russian Research Institute of Vegetable Growing. 2014. Vol. 1. P. 284–288.
2. Food and Agriculture organization of the United Nations [Electronic resource]. Access point: <http://www.fao.org/home/ru/> (reference's date 12.09.2018).
3. Mamedov M. I., Pyshnaya O. N., Dzhos E. A., Shmykova N. A., Suprunova T. P., Mitrofanova O. A., Verba V. M. Eggplant (*Solanum spp.*). Moscow: Publishing house of All-Russian Research Institute of Vegetable Growing, 2015. 264 p.
4. Mamedov M. I. Vegetable production in the world: production of main vegetable crops, development trend during 1993-2013 based on the data of FAO // Vegetable Crops of Russia. 2015. No. 2. P. 3–9.
5. Bazhmaeva F. K. Evaluation of collection samples, selection of donors for breeding and the creation of varieties of sweet pepper and eggplant for the lower Volga region. Extended abstract ... Cand. Sc. (Agr.). Astrakhan: Russian Academy of Agricultural Sciences, State Scientific Center, N. I. Vavilov All-Russian Research Institute, Astrakhan Experimental Station, State Scientific Institution “All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon-Growing of the RAAS”, 2009. 21p.
6. Geras'kina N. V. Breeding of eggplant in the South of Russia // Potato and vegetables. 2016. No. 7. P. 33
7. Wide unified classifier of COMECON for species of *Solanum melongena* L. (genus *Solanum* (Tourm.) L.). Leningrad, 1979. 33 p.
8. Guidelines for the study and support of the world collection of vegetable solanaceous crops (tomatoes, peppers, eggplants). Leningrad, 1977. 39 p.
9. Dospikhov B. A. Methods of field research. Moscow: Kolos, 1985. 351 p.

UDC 631.527:635.646

Katskaya A. G.

**VARIABILITY OF ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS OF THE
COLLECTION OF EGGPLANTS IN THE CRIMEA**

Summary. *Different varieties of eggplant have different genetic peculiarities, and therefore different productivity levels. When assessing collection material and selecting initial forms for eggplant breeding, the rate of reaction to changes in growing conditions is of great importance. The aim of the research was to study the intraspecific gene pool of eggplant and to select initial material to create new early-ripening varieties resistant to biotic and abiotic environmental factors, highly productive, as well as appropriate for growing in the southern zone of Russia. Thirty collection eggplant samples of domestic and international breeding were tested in the Department of plant breeding and seed production of vegetables and melons of FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea” from 2010 to 2017. The phenotypic variability of the economically valuable traits of collection forms (early ripeness, productivity, average fruit weight) was identified to create varieties and heterotic eggplant hybrids. The variability of traits was established: low, according to the “length of the growing season”, average due to the “average fruit weight” in the group of early-ripening samples (14.2 %), and significant in the group of extra early-ripening ones (21.6 %); high in case of “productivity”. In the foothill zone of the Crimea, next samples were chosen for eggplant breeding: for the earliness of ripening – ‘Prints’, ‘Feng jieyi Lao’ and ‘Belo-fioletovye’; for productivity – ‘Buyan’ and ‘Cherniy krasavets’ (fruit productivity of 1212.3 and 966.6 grams per plant, respectively); for average fruit weight – ‘Buyan’ (155.9 g) and ‘Albatross’ (176 g).*

Keywords: *eggplant, Solanum melongena L. variety sample, trait, variability, agronomic stability coefficient, productivity.*

Кацкая Алёна Григорьевна, научный сотрудник отдела селекции и семеноводства овощных и бахчевых культур, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: kackaja_a@niishk.ru.

Katskaya Alena Grigorievna, researcher of the Department of plant breeding and seed production of vegetables and melons, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, Russia, 295493; e-mail: kackaja_a@niishk.ru.

Дата поступления в редакцию – 07.09.2018.

Дата принятия к печати – 14.10.2018.

DOI: 10.25637/TVAN2018.04.06.

УДК 574.2:581.5(477.75)

Корсакова С. П.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ПАСПОРТА РАСТЕНИЙ

ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»

Реферат. Оптимизация и подбор растений для повышения средообразующей роли зеленых насаждений является актуальной задачей. Для ее решения необходим учет эколого-физиологических характеристик культивируемых растений, особенностей их адаптивного потенциала и экологических предпочтений. Цель исследований – подбор основных параметров и критериев их оценки для эколого-физиологической паспортизации древесных и кустарниковых видов растений на примере *Nerium oleander* L. Применение универсальных современных приборов – монитора фотосинтеза РТМ-48А и фитомонитора РМ-11z для исследований характеристик CO_2 -газообмена интактных листьев позволило определить оптимальные и пороговые значения абиотических факторов среды, ограничивающих рост и развитие растений *N. oleander*. Исследования проведены на территории Никитского ботанического сада – Национального научного центра РАН в 2015–2016 гг. в условиях теплицы при умеренном затенении и в полевых условиях при полной освещенности. На примере *N. oleander* рассмотрены подходы к экологической оценке характеристик CO_2 -газообмена как диагностических элементов при создании эколого-физиологических паспортов растений, позволяющих дать количественную оценку толерантности видов к абиотическим факторам среды, провести анализ их экологических предпочтений. Подобраны основные физиологические параметры для эколого-физиологической паспортизации растений и потенциальной оценки перспектив их использования – квантовый выход фотосинтеза, световой компенсационный пункт, максимальная устьичная проводимость, максимальная транспирация, максимальная скорость нетто-фотосинтеза, максимальная скорость суммарного дыхания, а также оптимальные абиотические факторы среды – фотосинтетически активная радиация, температура листа, температура воздуха, суммы активных температур воздуха выше 10 °С, влажность почвы, криорежим, кислотность почвы. Полученные результаты позволяют оптимизировать подбор культиваров для выращивания в определенных условиях среды с определенным режимом хозяйственного воздействия.

Ключевые слова: *Nerium oleander* L., характеристики газообмена, абиотические факторы среды, экологическая оценка.

Введение

Рациональное использование природных ресурсов для улучшения условий труда, быта и отдыха людей предусматривает сохранение естественной растительности, закладку новых и реконструкцию существующих зеленых насаждений [1]. Площади декоративных насаждений в рекреационных районах должны увеличиваться и формировать внешнюю среду, оптимальную для отдыха, лечения, туризма [2].

Для повышения средообразующей роли зеленых насаждений и оптимизации подбора видов древесно-кустарниковых растений необходимо изучение их эколого-физиологических характеристик, особенностей реакций на воздействие абиотических стрессоров и уровня экологической пластичности.

Специфика эколого-физиологических исследований заключается в том, что растение рассматривается как единый организм, жизненные функции которого тесно взаимосвязаны и реализуются в условиях постоянного взаимодействия с изменяющимися факторами среды [3, 4]. Одной из наиболее чувствительных клеточных систем растительного организма к воздействию внешней среды является фотосинтетический аппарат [5–7]. Считается, что максимальная величина скорости фотосинтеза генетически детерминирована [8]. Интенсивность факторов, обеспечивающих достижение максимума нетто-фотосинтеза интактных растений, можно рассматривать как экологический оптимум исследуемого генотипа [9]. Показатели квантового выхода фотосинтеза и светового компенсационного пункта часто используются для сравнения теневыносливости растений [10]. Угол наклона световой кривой фотосинтеза характеризует скорость фотохимических реакций, эффективность использования света растением, содержание хлорофилла [7, 10]. Интенсивность дыхания листьев является родоспецифическим признаком [11], тесно взаимосвязанным с уровнем толерантности вида к стрессовому воздействию и является одним из средств оценки адаптационной способности растений [11, 12]. Одним из главных показателей водного режима, имеющим большое значение при анализе адаптационных особенностей растений к условиям среды, является интенсивность транспирации и устьичная проводимость [13].

Результаты экологической оценки физиологии различных видов растений при помощи методологии и приборной базы фитомониторинга позволяют дифференцировать виды по их эколого-физиологическому потенциалу: особенностям ассимиляционной деятельности, водного режима, засухоустойчивости, теневыносливости. Все это необходимо учитывать при разработке экологического и физиологического паспорта вида (сорта) для определенных эколого-климатических (микrokлиматических) условий выращивания, в условиях светокультуры и при интродукции.

Цель исследований – подбор основных параметров и критериев их оценки для эколого-физиологической паспортизации древесных и кустарниковых видов растений на примере *Nerium oleander* L.

Материал и методы исследований

В качестве объекта исследований выбран широко используемый в озеленении городов и парков на Южном берегу Крыма (ЮБК) и Черноморском побережье Кавказа олеандр обыкновенный (*Nerium oleander* L.). Длительное яркое обильное цветение в сочетании с неприхотливостью в выращивании и устойчивостью к засухе, загазованности воздуха, морским аэрозолям, сделали его одним из популярнейших высокодекоративных растений для создания садово-парковых композиций санаторно-курортных зон и набережных [14, 15].

Исследования проведены на территории Никитского ботанического сада – Национального научного центра (НБС–ННЦ) в течение 2015–2016 годов. Одна часть экспериментов проведена в теплице в условиях умеренного затенения (около 50–60 % от полного освещения) на четырехлетних саженцах, растущих в 10-литровых вегетационных сосудах с почвой. Другая часть – в полевых условиях при полной освещенности непосредственно в местах произрастания растений на территории Верхнего парка арборетума и опытном участке центрального отделения НБС–ННЦ.

Территория НБС–ННЦ расположена на Южном берегу Крыма и занимает нижний уступ южного макросклона Главной гряды Крымских гор. Природно-климатическая зона данной территории характеризуется умеренно-жарким, засушливым субтропическим климатом средиземноморского типа [16]. В годы исследований годовое количество осадков варьировало от 602 до 660 мм, за

вегетационный период их выпадало 321–347 мм, ГТК – 1,0–1,1. Сумма активных температур воздуха выше 10 °С составила 3871–3973 °С, продолжительность периода активной вегетации – 206–218 дней. Отличительными особенностями вегетационного периода 2015 г. были дождливая погода в июне, жаркий, сухой август и по-летнему теплая, временами жаркая, погода в сентябре. Среднемесячная температура самого теплого месяца периода (августа) составила 25,5 °С, а абсолютный максимум – 35,6 °С. Вегетационный период 2016 г. характеризовался очень жарким июнем, сильными ливнями в первых числах июля, сухим сентябрем и холодной влажной погодой во второй половине октября. Самая высокая среднемесячная температура воздуха (25,8 °С) наблюдалась в августе, а абсолютный максимум (35,6 °С) – в июне.

Почвы – агрокоричневые, среднегумусированные, слабокарбонатные, мощные, легко- и среднетлинистые на продуктах выветривания глинистых сланцев с примесью известняков. Количество гумуса варьирует от 3 до 6 %, плотная почвообразующая порода залегает глубже 120–150 см, мощность аккумулятивного перегнойного горизонта – от 30 до 50 см и он имеет коричневую или темно-серую окраску с комковатой структурой. Содержание скелетных частиц более 1 мм в верхнем горизонте составляет 23–40 %. В верхнем горизонте преобладает хрящ (частицы размером менее 1 см), а в нижележащих горизонтах – щебень (частицы более 1 см). Максимальная гигроскопическая влага в слое 0–100 см варьирует от 6,5 до 8,4 %. Наименьшая влагоёмкость (НВ) в слое 0–50 см изменяется от 24,5 до 35,2 %, а в слое 50–100 см – от 18,5 до 26,8 %, влажность завядания – 8,7–11,3 %. Запасы влаги при НВ в слое 0–100 см – 198–273 мм. Почва практически не засолена, рН = 7,5–7,8 % [17].

При исследовании экофизиологической реакции на воздействие гидротермического стресса полив опытных растений прекращали в период активного роста. Влажность почвы в сосудах с контрольными растениями поддерживали на уровне, соответствующем увлажнению 60–80 % от НВ. Диапазон параметров окружающей среды в период измерений: температура воздуха 10–39 °С, температура листа – 8–46 °С, фотосинтетически активная радиация – 0–2000 мкмоль квантов/(м² × с), относительная влажность воздуха – 20–90 %, влажность почвы – 7–100 % от НВ.

Применение специальных современных, не повреждающих растения, фитомониторных систем и оборудования – монитора фотосинтеза РТМ-48А и фитомонитора РМ-11z [18] для исследований вариабельности и разнообразия изменений характеристик СО₂-газообмена интактных листьев в ответ на изменения внешней среды позволило выявить оптимальные и пороговые значения абиотических факторов, ограничивающих рост и развитие растений [14, 19].

Обработку данных проводили с помощью пакета MS Excel 2010 и программы Statistica 10 («Statsoft Inc.», США).

Результаты и их обсуждение

N. oleander – вечнозеленый вторично-древесинный кустарник из Средиземноморья, адаптировавшийся в процессе эволюции к кратковременному снижению температуры в минусовом диапазоне [20]. Семейство Кутровые (Аросупасеae), высота – до 4 м. Цветет с июня по октябрь. При отсутствии водного дефицита интенсивный рост побегов и молодых листьев в условиях ЮБК у олеандра начинается со второй половины июня и достигает максимума к середине июля. Максимальная скорость роста побегов и накопления фитомассы сохраняется до середины августа (рисунок 1.1). В это же время наблюдается и максимальная фотосинтетическая активность (рисунок 1.2).

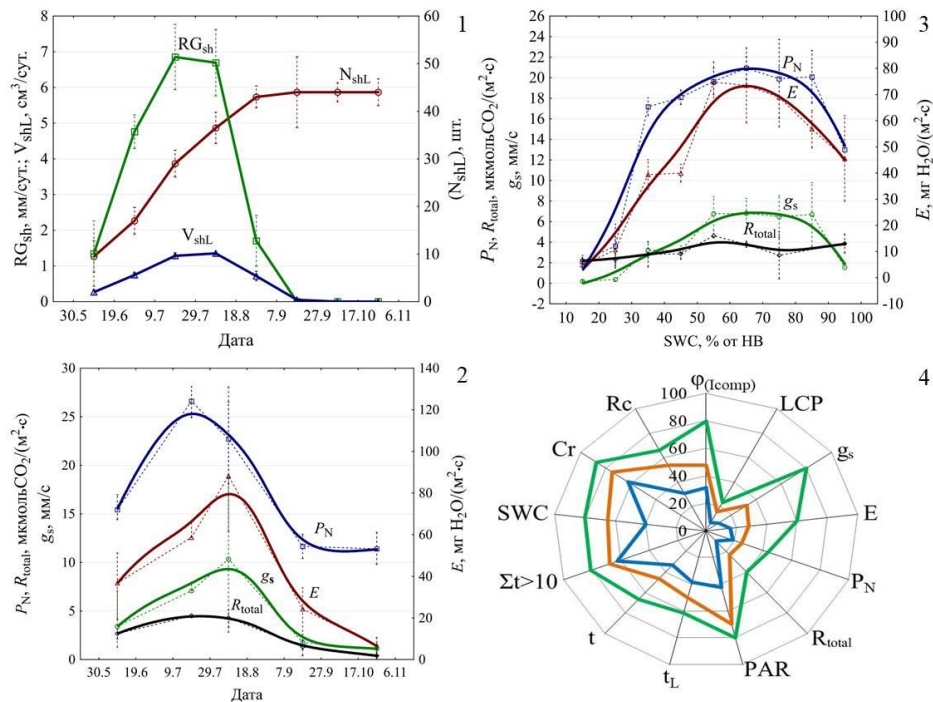


Рисунок 1 – Эколого-физиологическая характеристика *N. oleander* в условиях Южного берега Крыма

Примечание. 1. Динамика нарастания фитомассы нормально развитого однолетнего побега в оптимальных условиях увлажнения периода активной вегетации: RG_{sh} (средняя скорость роста побега, мм/сут), N_{sh} (динамика увеличения числа листьев, шт) и V_{shL} (средняя скорость прироста объема фитомассы листьев, см³/сут); 2. Динамика показателей фотосинтетической активности и водного обмена в оптимальных условиях увлажнения периода активной вегетации: g_s (средняя величина устьичной проводимости, мм/с), P_N (средняя скорость нетто-фотосинтеза, мкмоль CO₂/(м² × с)), R_{total} (средняя скорость темнового дыхания, мкмоль CO₂/(м² × с)) и E (средняя интенсивность транспирации, мг H₂O/(м² × с)); 3. Динамика показателей фотосинтетической активности и водного обмена в условиях нарастания дефицита почвенной влаги (обозначения как на рисунке 1.2); 4. Положение оптимумов (минимальное (синий), максимальное (зеленый) значение и медиана (оранжевый)) для *N. oleander* на градиентах эколого-физиологических факторов (см. таблицу 1).

Во второй половине августа темпы роста побегов и листьев снижаются до полного прекращения к концу сентября. В октябре начинается одревеснение отросших побегов. Плоды созревают в октябре-ноябре. Отношение к влаге – ксеромезофит. Путь фотосинтеза – C3 [21]. Критическая отрицательная температура, при которой наступает летальное повреждение надземной части составляет –15 °С [20, 22]. Значения LCP, g_s , P_N , R_{total} , PAR (таблица 1) в условиях экологического оптимума свидетельствуют о высоком светолюбии вида и наличии у *N. oleander* мощного аппарата поглощения и восстановления CO₂ с высокой скоростью фотохимических реакций. Вместе с тем, величины угла наклона начального участка световой кривой ($\phi(I_{comp})$) указывают на его способность эффективно использовать при фотосинтезе свет в области невысоких интенсивностей. Легко адаптируется к засушливым условиям и способен перенести длительные периоды засухи благодаря анатомо-морфологическим и физиологическим приспособлениям к резкому сокращению транспирации при водном дефиците [14, 15]. Одной из специфических адаптационных реакций к экстремальным условиям засухи является ускоренное старение листьев и частичная дефолиация (до 60–70 %), что приводит к утрате декоративности [14].

Для количественной оценки экологических предпочтений и толерантности *N. oleander* к стресс-факторам периода вегетации предполагалось, что наиболее объективным показателем реакции на условия внешней среды является CO_2 -обмен интактных листьев, оперативно отражающий реакцию растений на изменения условий внешней среды на всех стадиях онтогенеза и доступный для инструментального непрерывного измерения [9]. При этом измеряемые параметры должны нести определенный физиологический смысл, связанный или с максимальной эффективностью процесса, или с его максимальной скоростью.

Таблица 1 – Реальные показатели значений эколого-физиологических факторов для *N. oleander* в условиях экологического оптимума

Положение на градиентах факторов	Минимум	Медиана	Максимум
$\Phi_{(I_{comp})}$ (квантовый выход фотосинтеза), мкмоль CO_2 /мкмоль квантов.	0,04	0,06	0,10
LCP (световой компенсационный пункт), мкмоль квантов/($\text{M}^2 \times \text{c}$).	10,0	23,3	35,0
g_s (максимальная устьичная проводимость), мм/с.	2,1	6,5	16,1
E (максимальная транспирация), $\text{mgH}_2\text{O}/(\text{M}^2 \times \text{c})$.	40,1	70,4	150,2
P_N (максимальная скорость нетто-фотосинтеза), мкмоль $\text{CO}_2/(\text{M}^2 \times \text{c})$.	14,9	20,4	34,9
R_{total} (максимальная скорость суммарного дыхания), мкмоль $\text{CO}_2/(\text{M}^2 \times \text{c})$.	2,0	4,7	8,1
PAR (фотосинтетически активная радиация), мкмоль квантов/($\text{M}^2 \times \text{c}$).	850	1400	1600
t_L (температура листа), °C.	23	30	37
t (температура воздуха), °C.	20	28	40
$\Sigma t > 10$ (суммы активных температур воздуха выше 10°C), °C.	3500	3800	4500
SWC (влажность почвы), % от НВ.	40	65	80
T_g (средняя месячная температура самого холодного месяца), °C.	-1,1	6,0	13,1
Rc (кислотность почвы), pH почвы.	5,5	7,0	7,8

Задача заключалась в выборе наиболее информативных экологических и физиологических показателей. Предполагалось, что полученные показатели дадут возможность интерпретировать их с позиции целостности организма как потенциальную эколого-физиологическую характеристику данного вида, что, в свою очередь, позволит сравнивать различные виды растений, произрастающих в сходных условиях по показателям, измеренным с использованием единой методики.

В результате анализа экспериментальных данных в многофакторных опытах определен комплекс внешних условий, обуславливающих наилучшее формирование растения на всех этапах развития. При этом оценена динамика основных показателей жизнедеятельности растений в период активной вегетации: ритмы роста и динамика нарастания фитомассы, динамика показателей фотосинтетической активности и водного обмена. В условиях нарастания водного дефицита выявлены особенности реакции фотосинтетического аппарата и водного режима на воздействие стресс-факторов засушливого периода. Определены наиболее значимые для оценки эффективности использования световой энергии кардинальные точки световой кривой, экологические оптимумы внешней среды, обеспечивающие максимум фотосинтетической активности (см. рисунок 1).

Поскольку экологические и физиологические факторы имеют различную размерность, для их оценки используют фитоиндикационные шкалы, где все переменные выражены в сопоставимых единицах на градиентах факторов. Это достигается переводом реальных единиц в относительные, нормированные (от 0 до

100 %). Методика их построения основана на том принципе, что экологический оптимум, обеспечивающий достижение максимальной скорости процесса фотосинтеза и потенциальные максимумы физиологических характеристик для каждого вида флоры находятся в определенных диапазонах градиентов экологических и физиологических факторов, ограниченных максимальными и минимальными значениями, и благодаря этому могут рассматриваться как потенциальная эколого-физиологическая характеристика данного вида. Базовые шкалы оценки экофизиологических факторов (см. рисунок 1.4) характеризуются следующими диапазонами:

- $\varphi_{(I_{comp})}$ (квантовый выход фотосинтеза при интенсивности света (I_{comp}), когда суммарный CO_2 -газообмен равен нулю) от 0 до 0,125 мкмоль CO_2 /мкмоль квантов [23];
- LCP (световой компенсационный пункт = I_{comp}) от 0 до 150 мкмоль квантов/($m^2 \times c$) [24];
- g_s (максимальная величина устьичной проводимости) от 0 до 20 мм/с;
- E (максимальная интенсивность транспирации) от 0 до 250 мг H_2O /($m^2 \times c$);
- P_N (максимальная скорость нетто-фотосинтеза) от 0 до 80 мкмоль CO_2 /($m^2 \times c$) [25];
- R_{total} (максимальная скорость суммарного дыхания) от 0 до 20 мкмоль CO_2 /($m^2 \times c$) [26];
- PAR (или ФАР – фотосинтетически активная радиация при максимальной скорости фотосинтеза) от 0 до 2000 мкмоль квантов/($m^2 \cdot c$);
- t_L (температура листа при максимальной скорости фотосинтеза) от 0 до 60 °С;
- t (температура воздуха при максимальной скорости фотосинтеза) от 0 до 60 °С;
- $\Sigma t > 10$ (суммы активных температур воздуха выше 10 °С, характеризующие необходимую теплообеспеченность вегетации) от 200 до 5500 °С;
- SWC (влажность почвы при максимальной скорости фотосинтеза) от 0 до 100 % от наименьшей влагоемкости (НВ) почвы;
- Cr (криорежим или критическая средняя месячная температура самого холодного месяца года, характеризующая условия перезимовки) от –37 до 20 °С [27];
- Rc (кислотность почвы) pH от 3,5 до 10 [27].

Выводы

На примере *N. oleander* подобраны основные параметры и их базовые шкалы для эколого-физиологической паспортизации древесно-кустарниковых растений и потенциальной оценки перспектив их использования. Физиологические: квантовый выход фотосинтеза ($\varphi_{(I_{comp})}$), световой компенсационный пункт (LCP), максимальная устьичная проводимость (g_s), максимальная транспирация (E), максимальная скорость нетто-фотосинтеза (P_N), максимальная скорость суммарного дыхания (R_{total}). Зоны оптимума абиотических факторов: фотосинтетически активной радиации (PAR), температуры листа (t_L), температуры воздуха (t), сумм активных температур воздуха выше 10°С ($\Sigma t > 10$), влажности почвы (SWC), криорежима (Cr) и кислотности почвы (Rc).

Для охвата всего набора основных диагностических показателей, обязательных для эколого-физиологической характеристики видов и сортов растений, необходимы дальнейшие исследования по выявлению информативных экологических и физиологических показателей, наиболее полно отражающих специфические и неспецифические реакции растений, обеспечивающие механизмы их адаптации к основным лимитирующим факторам зоны произрастания.

Учет требований размещения культивируемых сортов и видов растений в соответствии с особенностями их адаптивного потенциала позволит оптимизировать подбор культиваров для выращивания в определенных условиях среды с определенным режимом хозяйственного воздействия.

Количественная эколого-физиологическая характеристика вида (сорта) может найти применение в селекционной работе, интродукции растений, а также прогнозировании влияния изменения климата на границы ареалов распространения видов.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 14-50-00079.

Литература

1. Плугатарь Ю. В., Ильницкий О. А., Ковалев М. С., Корсакова С. П. Экофизиологические характеристики некоторых видов кустарников нижнего яруса в условиях микроклимата парков ЮБК // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2015. Вып. 115. С. 7–16.
2. Казимилова Р. Н., Антифеев В. В., Евтушенко А. П. Принципы и методы агроэкологической оценки территории для зеленого строительства на Юге Украины. К.: Аграрна наука, 2006. 118 с.
3. Корсакова С. П., Ильницкий О. А., Плугатарь Ю. В., Паштецкий А. В. Применение фитомониторных систем для оптимизации интродукционных исследований // Труды Государственного Никитского ботанического сада. 2018. Т. 147. С. 80–82.
4. Ainsworth E. A., Bernacchi C. J., Dohleman F. G. Focus on Ecophysiology // Plant physiology. 2016. Vol. 172. P. 619–621.
5. Титова М. С. Влияние почвенной засухи и низкого уровня освещенности на содержание фотосинтетических пигментов видов *Picea A. Dietr* // Естественные и технические науки. 2013. № 6. С. 81–82.
6. Meletiου-Christou M. S., Rhizopoulou S. Leaf functional traits of four evergreen species growing in Mediterranean environmental conditions // Acta Physiologia Plant. 2017. Vol. 39. No 1. P. 34–46.
7. Кайбеяйнен Э. Л. Параметры световой кривой фотосинтеза у *Salix dasyclados* и их изменение в ходе вегетации // Физиология растений. 2009. Т. 56, № 4. С. 490–499.
8. Слемнев Н. Н. Особенности фотосинтетической деятельности растений Монголии: эволюционные, экологические и фитоценологические аспекты // Физиология растений. 1996. Т. 43. С. 418–436.
9. Дроздов С. Н., Холощцева Е. С. Возможности использования многофакторного эксперимента в исследовании эколого-физиологических характеристик растений // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2013. № 2 (131). С. 11–15.
10. Hieke S., Menzel C. M., Ludders P. Effects of light availability on leaf gas exchange and expansion in Lychee (*Litchi chinensis*) // Tree Physiology. 2002. Vol. 22. P. 1249–1256.
11. Семихатова О. А., Чиркова Т. В. Физиология дыхания растений. СПб.: СПб.ГУ, 2001. 224 с.
12. Рахманкулова З. Ф. Энергетический баланс целого растения в норме и при неблагоприятных внешних условиях // Журнал общей биологии. 2002. Т. 63. С. 239–248.
13. Yan W., Zhong Y., Shangguana Zh. A meta-analysis of leaf gas exchange and water status responses to drought // Scientific Reports. 2016. 6. 20917. [Электронный ресурс]. DOI: 10.1038/srep20917. (дата обращения 12.09.2018).
14. Корсакова С. П., Плугатарь Ю. В., Ильницкий О. А., Клейман Э. И. Особенности водного обмена *Nerium oleander* L. в условиях прогрессирующей почвенной засухи // Юг России: экология, развитие. 2018. Т. 13. № 1. С. 101–115.
15. Lenzi A. Pittas L., Martinelli T., Lombardi P., Tesi R. Response to water stress of some oleander cultivars suitable for pot plant production // Scientia Horticulturae. 2009. Vol. 122. P. 426–431.
16. Важов В. И. Агроклиматическое районирование Крыма // Труды Государственного Никитского ботанического сада. 1977. Т. 71. С. 92–120.
17. Опанасенко Н. Е., Плугатарь Ю. В., Казимилова Р. Н., Евтушенко А. П. Почвы парков Никитского ботанического сада. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. 256 с.
18. Балаур Н. С., Воронцов В. А., Клейман Э. И., Тон Ю. Д. Новая технология мониторинга CO₂-обмена у растений // Физиология растений. 2009. Т. 56. № 3. С. 466–470.
19. Корсакова С. П., Ильницкий О. А., Плугатарь Ю. В. Сравнительная оценка фотосинтетической активности вечнозеленых декоративных растений на Южном берегу Крыма // Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты). Материалы VII международной научно-практической конференции. Ялта: НБС–ННЦ, 2016. С. 172–173.
20. Supuka J., Alkurdi M. I. S., Uhrin P., Halajová D. Assessment of chosen woody plants introduction through growth and physiology characteristics // Thaiszia – J. Bot. 2017. Vol. 27 (1) P. 1–15.
21. Ильницкий О. А., Плугатарь Ю. В., Корсакова С. П., Ковалев М. С., Паштецкий А. В. Зависимость засухоустойчивости *Nerium oleander* L. от факторов внешней среды в условиях Южного берега Крыма // Труды Государственного Никитского ботанического сада. 2016. Т. 142. С. 139–149.
22. Карпун Ю. Н. Субтропическая декоративная дендрология. СПб.: ВВМ, 2010. 580 с.
23. Singsaas E. L., Ort D. R., DeLucia E. H. Variation in measured values of photosynthetic quantum yield in ecophysiological studies // Oecologia. 2001. Vol. 128. P. 15–23.

24. Lobo F. A., Barros M. P., Dalmagro H. J., Dalmonin Â. C., Pereira W. E., Souza É. C., Vourlitis G. L., Rodriguezortiz C. E. Fitting net photosynthetic light-response curves with Microsoft Excel – a critical look at the models // *Photosynthetica*. 2013. Vol. 51(3). P. 445–456.
25. Nobel P. S. Achievable productivities of certain CAM plants: basis for high values compared with C3 and C4 plants // *New Phytol.* 1991. Vol. 119. P. 183–205.
26. Wertin T. M., Teskey R. O. Close coupling of whole-plant respiration to net photosynthesis and carbohydrates // *Tree Physiol.* 2008. Vol. 28. P. 1831–1840.
27. Дидух Я. П., Плюта П. Г. Фітоіндикація екологічних факторів, К.: Наукова думка, 1994. 280 с.

References

1. Plugatar Yu. V., Ilnitsky O. A., Kovalev M. S., Korsakova S. P. Ecophysiological characteristics of some shrub cultivars in the lower layer growing under conditions of parks microclimate on South coast of the Crimea // *Bulletin of the State Nikita Botanical Gardens*. 2015. No. 115. P. 7–16.
2. Kazimirova R. N., Antyufeev V. V., Evtushenko A. P. Principles and methods of agroecological assessment of the territory for green building in the South of Ukraine. Kiev: Agrarna nauka, 2006. 118 p.
3. Korsakova S. P., Ilnitsky O. A., Plugatar Yu. V., Pashtetsky A. V. Application of phytomonitoring systems for optimization of introduction researches // *Works of the State Nikita Botanical Gardens*. 2018. Vol. 147. P. 80–82.
4. Ainsworth E. A., Bernacchi C. J., Dohleman F. G. Focus on Ecophysiology // *Plant physiology*. 2016. Vol. 172. P. 619–621.
5. Titova M. S. Influence of the soil drought and low level of illumination on the contents of photosynthetic pigments for species of *Picea* A. Dietr // *Natural and technical sciences*. 2013. No. 6. P. 81–82.
6. Meleti-Christou M. S., Rhizopoulou S. Leaf functional traits of four evergreen species growing in Mediterranean environmental conditions // *Acta Physiology Plant*. 2017. Vol. 39. No. 1. P. 34–46.
7. Kaibeyainen E. L. Parameters of photosynthesis light curve in *Salix dasyclados* and their changes during the growth season // *Russian Journal of Plant Physiology*. 2009. Vol. 56. No. 4. P. 445–453.
8. Slemnev N. N. Features of photosynthetic activity of plants in Mongolia: evolutionary, ecological and phytocoenotic aspects // *Plant physiology*. 1996. Vol. 43. P. 418–436.
9. Drozdov S. N., Kholoptseva E. S. Possibility of using multifactor experiments in study of plants' ecological and physiological characteristics // *Proceedings of Petrozavodsk State University*. 2013. No. 2 (131). P. 11–15.
10. Hieke S., Menzel C. M., Ludders P. Effects of light availability on leaf gas exchange and expansion in lychee (*Litchi chinensis*) // *Tree Physiology*. 2002. Vol. 22. P. 1249–1256.
11. Semikhatova O. A., Chirkova T. V. Physiology of plant respiration. Saint-Petersburg: Saint-Petersburg State University (SPbSU), 2001. 224 p.
12. Rakhmankulova Z. F. Energy balance of a plant under normal and unfavourable conditions // *Biology Bulletin Reviews*. 2002. Vol. 63. P. 239–248.
13. Yan W., Zhong Y., Shangguan Zh. A meta-analysis of leaf gas exchange and water status responses to drought // *Scientific Reports*. 2016. 6. 20917. [Electronic resource]. DOI: 10.1038/srep20917 (reference's date 12.09.2018).
14. Korsakova S. P., Plugatar Yu. V., Ilnitsky O. A., Klejman E. I. Water relation features of *Nerium oleander* L. under progressive soil drought stress // *South of Russia: ecology, development*. 2018. Vol. 13. No. 1. P. 101–115.
15. Lenzi A., Pittas L., Martinelli T., Lombardi P., Tesi R. Response to water stress of some oleander cultivars suitable for pot plant production // *Scientia Horticulturae*. 2009. Vol. 122. P. 426–431.
16. Vazhov V. I. Agroclimate division of the Crimea // *Works of the State Nikita Botanical Gardens*. 1977. Vol. 71. P. 92–120.
17. Opanasenko N. E., Plugatar Yu. V., Kazimirova R. N., Yevtushenko A. P. Soils of the parks of the Nikita Botanical Gardens. Simferopol: PP "ARIAL". 2016. 256 p.
18. Balaur N. S., Vorontsov V. A., Klejman E. I., Ton Yu. D. Novel technique for component monitoring of CO₂ exchange in plants. *Plant physiology*. 2009. Vol. 56. No. 3. P. 466–470.
19. Korsakova S. P., Ilnitsky O. A., Plugatar Yu. V. Comparative evaluation of photosynthetic activity in some evergreen ornamental plants on the Southern coast of the Crimea // *Biotechnology as an Instrument for Plant Biodiversity Conservation (physiological, biochemical, embryological, genetic and legal aspects)*. Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference. Yalta: Nikita Botanical Gardens. 2016. P. 172–173.
20. Supuka J., Alkurdi M. I. S., Uhrin P. Assessment of chosen woody plants introduction through growth and physiology characteristics // *Thaiszia – Journal of Botany*. 2017. Vol. 27 (1). P. 1–15.
21. Ilnitsky O. A., Plugatar Yu. V., Korsakova S. P., Kovalev M. S., Pashtetsky A. V. Correlation between drought resistance of *Nerium oleander* L. and environmental factors under conditions of South coast of the Crimea // *Works of the State Nikita Botanical Gardens*. 2016. Vol. 142. P. 139–149.
22. Karpun Yu. N. Subtropical ornamental dendrology. Saint-Petersburg: BBM, 2010. 580 p.
23. Singaas E. L., Ort D. R., DeLucia E. H. Variation in measured values of photosynthetic quantum yield in ecophysiological studies // *Oecologia*. 2001. Vol. 128. P. 15–23.
24. Lobo F. A., Barros M. P., Dalmagro H. J., Dalmonin Â. C., Pereira W. E., Souza É. C., Vourlitis G. L., Rodriguezortiz C. E. Fitting net photosynthetic light-response curves with Microsoft Excel – a critical look at the models // *Photosynthetica*. 2013. Vol. 51(3). P. 445–456.

25. Nobel P. S. Achievable productivities of certain CAM plants: basis for high values compared with C3 and C4 plants // *New Phytol.* 1991. Vol. 119. P. 183–205.
26. Wertin T. M., Teskey R. O. Close coupling of whole-plant respiration to net photosynthesis and carbohydrates // *Tree Physiol.* 2008. Vol. 28. P. 1831–1840.
27. Didukh Ya. P., Plyuta P. G. Phytoindication of environmental factors. Kiev: Naukova dumka. 1994. 280 p.

UDC 574.2:581.5(477.75)

Korsakova S. P.

CRITERIA FOR EVALUATING THE PARAMETERS OF ECO-PHYSIOLOGICAL PASSPORT OF PLANTS

Summary. Optimization and choice of plants for increasing the environmental role of green spaces is an urgent task. To solve this problem, it is necessary to take into account ecological and physiological characteristics of cultivated plants, peculiarities of their adaptive potential and environmental preferences. The aim of the research was to choose the main parameters and criteria for assessment tree and shrub species on the example of *Nerium oleander* L. for their ecological and physiological certification. The use of multipurpose, universal and modern devices, namely: photosynthesis monitor RTM-48A and phytomonitor PM-11z for determining the characteristics of CO₂ gas exchange in intact leaves allowed identifying the optimal and threshold values of abiotic environmental factors limiting the growth and development of *N. oleander*. The study was carried out in 2015–2016 under greenhouse (moderate shading) and field conditions (full exposure to sunlight) at the Nikita Botanical Gardens. Using *N. oleander* as a test plant, we discussed the approaches to the environmental assessment of CO₂-gas exchange characteristics as diagnostic elements for creating ecological and physiological passport of plant, which allows quantifying the tolerance of species to abiotic environmental factors and analyzing their environmental preferences. The main parameters for ecological and physiological passport of plant and for potential assessment of prospects of their use were chosen. Physiological: quantum yield of photosynthesis, light compensation point, maximum stomatal conductance, maximum transpiration, maximum rate of net photosynthesis, maximum rate of total respiration; and optimal abiotic environmental conditions: photosynthetic active radiation, leaf temperature, air temperature, total effective temperatures above 10 °C, soil moisture, cryoregime, soil acidity. The obtained results allow us to optimize the choice of cultivars for cultivation in certain environmental conditions with a certain mode of managemental impact.

Keywords: *Nerium oleander* L., gas exchange characteristics, abiotic environmental factors, environmental assessment.

Корсакова Светлана Павловна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории фитомониторинга, ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»; 298648, Россия, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, ул. Никитский спуск, 52; e-mail: korsakova2002@mail.ru.

Korsakova Svetlana Pavlovna, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher of the Laboratory of phytomonitoring, FSFIS “The Labor Red Banner Order Nikita Botanical Gardens – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences”; 52, Nikitskiy spusk str., urban vill. Nikita, Republic of Crimea, 298648, Russia; e-mail: korsakova2002@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 24.09.2018.

Дата принятия к печати – 30.10.2018.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ, СОЗДАВАЕМЫХ ДЛЯ ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЙ

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»

Реферат. Для повышения эффективности селекционного процесса необходимо выявление оптимальных значений наиболее важных количественных признаков сельскохозяйственных растений в конкретных почвенно-климатических условиях. В аграрном научном центре «Донской», расположенном в южной зоне Ростовской области, характеризующейся неустойчивым увлажнением, в 2015–2017 гг. проведены исследования с целью выявления наиболее важных элементов продуктивности и определения их оптимальных значений для создания новых гибридов кукурузы, способных формировать максимальную урожайность зерна в засушливых условиях. Материал для исследований – 96 межлинейных гибридов кукурузы (*Zea mays L.*), которые изучены по урожайности зерна и элементам продуктивности. Метод размещения гибридов в полевых опытах систематический. При обработке экспериментальных данных использовали корреляционный анализ и анализ графиков зависимостей. Выявлено наличие тесной положительной связи между урожайностью зерна и количеством початков на одном растении ($r = 0,70$). Между урожайностью и признаками продуктивности: «масса одного початка», «количество зерен в ряду», «количество зерен на початке», «выход зерна с початка» установлена средняя положительная зависимость. Коэффициенты корреляции соответственно составили: 0,62; 0,48; 0,38; 0,61. Между урожайностью зерна и массой 1000 зерен отмечена слабая положительная зависимость ($r = 0,23$), а между урожайностью зерна и количеством рядов зерен – отсутствие зависимости ($r = 0,02$). Определены оптимальные значения признаков продуктивности в засушливых условиях у гибридов кукурузы: «количество початков на одном растении» – 1,1 шт. и более, «масса одного початка» – 140 г, «масса 1000 зерен» – 200–300 г, «количество рядов зерен» – 13–17 шт., «количество зерен в ряду початка» – 40 шт. и более, «количество зерен на початке» – 550–560 шт., «выход зерна с початка» – 83 %. Новые гибриды кукурузы Зерноградский 299 МВ, Степяк МВ, Зерноградский 360 МВ и др., имея оптимальные или близкие к оптимальным значения признаков продуктивности, сформировали максимальный урожай зерна (5,11–5,30 т/га).

Ключевые слова: гибриды кукурузы (*Zea mays L.*), элементы продуктивности, корреляция, варьирование, урожайность зерна.

Введение

Создание гибридов кукурузы, одинаково хорошо приспособленных к различным условиям выращивания, невозможно. Разные почвенно-климатические условия отличаются по основным факторам, которые лимитируют развитие и продуктивность растений.

В литературе имеются противоречивые сведения о взаимосвязи урожайности и ее элементов в различных агроэкологических условиях. Есть сведения о изменении вкладов в урожай отдельных признаков в зависимости от смены лимитирующих факторов среды [1]. Это объясняется тем, что фенотипическое проявление признака в оптимальных и стрессовых условиях может контролироваться разными генетическими системами [2].

Необходимо знать оптимальные величины количественных признаков растений, при наличии которых формируется максимальная продуктивность генотипов в конкретных почвенно-климатических условиях [3].

В этом плане уместно говорить о модели сорта или гибрида для определенных условий среды. Понятие «модель сорта» трактуется как научный прогноз или обоснование того, каким сочетанием признаков и свойств должен характеризоваться сортотип для формирования определенной урожайности в комплексе с другими хозяйственно ценными признаками и свойствами [4, 5].

Для повышения потенциала продуктивности гибридов кукурузы необходимо разработать модели гибридов для конкретных почвенно-климатических зон, в частности для зон недостаточного и неустойчивого увлажнения, где лимитирующим фактором является влагообеспеченность. Разработанные модели гибридов кукурузы должны периодически совершенствоваться, учитывая изменения климатических условий [6]. Безусловно, необходим анализ всех количественных признаков, которые могут влиять на урожайность и другие основные хозяйственно ценные признаки, однако особое внимание следует обратить на элементы продуктивности. Элементы продуктивности неравнозначны по вкладу в формирование урожая зерна [7, 8].

Цель исследований – определить оптимальные значения элементов продуктивности, сочетание которых у гибридов кукурузы, создаваемых для условий неустойчивого и недостаточного увлажнения, позволяет формировать максимальный урожай зерна.

Задачи исследований:

- изучить гибриды кукурузы по урожайности зерна и элементам продуктивности;
- провести корреляционный анализ по изучаемым признакам;
- выявить оптимальные значения признаков продуктивности.

Материалы и методы исследований

Исследования проведены в 2015–2017 гг. на поле лаборатории селекции и семеноводства кукурузы ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»» (АНЦ «Донской»).

Почва опытного участка представлена обыкновенным черноземом, характеризующимся наличием мощного гумусового слоя, достигающего 100 см, и высокой карбонатностью.

В качестве исходного материала использованы 96 межлинейных гибридов кукурузы (*Zea mays* L.) конкурсного сортоиспытания.

АНЦ «Донской» расположен в южной зоне Ростовской области, характеризующейся неустойчивым увлажнением и наличием регионального типа комбинированной засухи – почвенной и воздушной в сочетании высокими температурами воздуха. Годы проведения эксперимента оказались засушливыми. В 2015 г. за период вегетации кукурузы (с первого мая по первое сентября) выпало 170,0 мм осадков, что составляет 85 % от среднегодовой нормы за тот же период. В 2016 г. количество атмосферных осадков составило 141,1 мм, то есть 70 % от среднегодовой нормы. В 2017 г. выпало 226,1 мм осадков (112,8 % от среднегодовой нормы), однако распределение их в течение вегетации было крайне неравномерным, осадки выпадали как правило в виде ливней и не полностью впитывались почвой. Во второй половине вегетации, когда отмечается наибольшее водопотребление растений кукурузы, выпало 42,2 мм атмосферных осадков (с первого июля по 20 августа), что составляет 55,5 % от среднегодовой нормы за тот же период. Во все годы проведения эксперимента во второй половине вегетации растения кукурузы были подвержены сильному водному стрессу из-за

недостатка влаги, среднесуточная температура воздуха превышала среднемноголетнюю на 1,1–3,9 %, максимальная температура воздуха достигала 40 °С, минимальная относительная влажность воздуха снижалась до 9 %.

Закладку опытов, наблюдения и учеты проводили согласно рекомендациям по проведению полевых опытов с кукурузой [9] и методике Госсортоиспытания [10]. Метод размещения гибридов кукурузы в полевых условиях систематический. Для оценки исходного материала использовали классификатор вида *Z. mays* [11]. Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена по Доспехову Б. А. [12] с использованием программы Statistica 8.0. Агротехнические мероприятия в опытах проведены согласно зональной системе земледелия [13].

Оценивали урожайность зерна гибридов кукурузы и основные элементы продуктивности: количество початков на одном растении, массу одного початка, массу 1000 зерен, количество рядов зерен на початке, количество зерен в ряду, количество зерен на початке, выход зерна из сухих початков.

Результаты и их обсуждение

Коэффициенты корреляции между урожайностью зерна и признаками продуктивности представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции между урожайностью зерна и элементами ее структуры

Признак	Год исследований			
	2015	2016	2017	среднее
Количество початков на одном растении, шт.	0,61*	0,75*	0,60*	0,70*
Масса одного початка, г	0,47*	0,72*	0,60*	0,62*
Масса 1000 зерен, г	0,09	0,13	0,20	0,23
Количество рядов зерен, шт.	-0,13	0,12	0,16	0,02
Количество зерен в ряду, шт.	0,42*	0,66*	0,30*	0,48*
Количество зерен на початке, шт.	0,11	0,56*	0,37*	0,38*
Выход зерна с початка, %	0,51*	0,65*	0,34*	0,61*

Примечание. * Достоверно при 1 % уровне значимости.

Следует отметить совпадение коэффициентов корреляции по годам исследований.

В засушливых условиях наибольшее влияние на формирование урожая зерна имели признаки «количество початков на одном растении» и «масса одного початка». Между урожайностью зерна и количеством початков на одном растении в 2015 и 2017 гг. установлена средняя положительная корреляционная связь ($r = 0,61$, $r = 0,60$ соответственно), в 2016 г. – сильная ($r = 0,75$). Подобные результаты получены между урожайностью и массой одного початка: сильная положительная связь в 2016 г. ($r = 0,72$) и средняя положительная связь в 2015 и 2017 гг. ($r = 0,47$; $r = 0,62$).

Между урожайностью зерна и признаком «масса 1000 зерен» установлена слабая зависимость $r = 0,09$ (2015 г.), $r = 0,13$ (2016 г.), $r = 0,20$ (2017 г.). Величина признака «количество рядов зерен» не влияла на формирование урожая зерна. В 2015 г. зависимость отсутствовала ($r = -0,13$), в 2016 и 2017 гг. была очень слабой и не существенной ($r = 0,12$, $r = 0,16$ соответственно).

В засушливых условиях совершенно иное значение имел признак «количество зерен в ряду початка». В 2015–2017 гг. выявлены средние положительные коэффициенты корреляции ($r = 0,30$ – $0,66$).

Средняя положительная зависимость была между урожайностью зерна и признаком «количество зерен на початке» в 2016 ($r = 0,56$) и 2017 ($r = 0,37$) годах; в 2015 г. зависимость оказалась слабой ($r = 0,11$).

Средняя положительная зависимость в каждый год проведения эксперимента выявлена между урожайностью и признаком «выход зерна с початка» ($r = 0,34-0,65$).

Учитывая совпадение результатов по годам, дополнительно выполнен корреляционный анализ по усредненным данным за 2015–2017 гг. Коэффициенты корреляции, посчитанные по усредненным данным, в значительной степени совпадали с величиной коэффициентов, вычисленных отдельно по годам. Корреляционный анализ усредненных данных за 2015–2017 гг. выявил наличие тесной связи ($r = 0,70$) между урожайностью зерна и количеством початков на одном растении. Между урожайностью зерна и признаками продуктивности: «масса одного початка», «количество зерен в ряду», «количество зерен на початке», «выход зерна с початка» по средним данным коэффициенты корреляции соответственно составили: 0,62; 0,48; 0,38; 0,61, что является подтверждением наличия средней положительной зависимости. Между урожайностью и массой 1000 зерен отмечена слабая положительная связь ($r = 0,23$), а между урожайностью и количеством рядов зерен – отсутствие зависимости ($r = 0,02$).

Для построения графиков средних с ошибками и анализа зависимостей между урожайностью зерна и ее элементами использованы средние данные за 2015–2017 гг.

Между урожайностью зерна и признаками «количество початков на одном растении», «масса одного початка» наблюдалась линейная зависимость (рисунок 1).

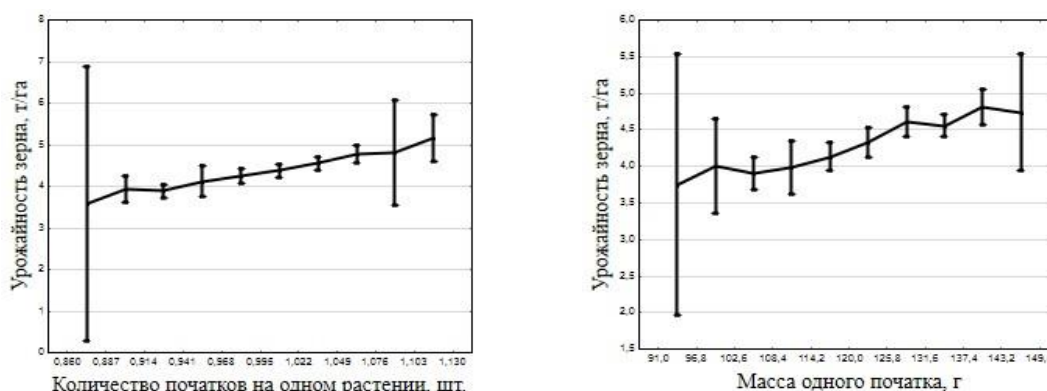


Рисунок 1 – Влияние признаков «количество початков на одном растении» и «масса одного початка» на урожайность зерна (2015–2017 гг.)

Количество початков на одном растении варьировало от 0,86 до 1,13 шт. Урожайность зерна возрастала с увеличением значений изучаемого признака. Максимальную урожайность зерна (более 5 т/га) сформировали гибриды кукурузы, имеющие максимальные величины признака «количество початков на одном растении» 1,10–1,13 шт., наименее урожайными (менее 4 т/га) оказались гибриды с величиной признака 0,86–0,97 шт., то есть в посевах которых имелись бесплодные растения.

Значения признака «масса одного початка» варьировали по гибридам от 91 до 149 г. Урожайность зерна увеличивалась с увеличением крупности початка до 140 г, при дальнейшем увеличении початка урожайность зерна не возрастала.

В условиях, где основным лимитирующим фактором была влага, наименьшие значения имели признаки «масса 1000 зерен» и «количество рядов зерен» (рисунок 2).

Изучаемые гибриды кукурузы различались по величине признака «масса 1000 зерен» от 177 до 291 г. Однако крупность семян не значительно влияла на формирование урожая зерна. Наименее урожайными оказались мелкосемянные гибриды с массой 1000 зерен менее 200 г. Незначительное увеличение урожайности

зерна отмечено с увеличением массы 1000 зерен до 270 г, крупносемянные гибриды (280–290 г) несколько снижали урожайность зерна.

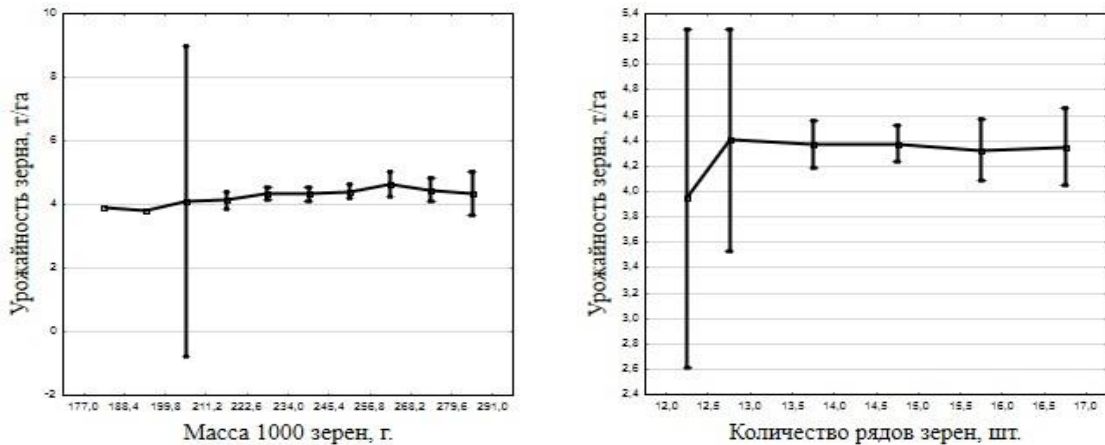


Рисунок 2 – Влияние признаков «масса 1000 зерен» и «количество рядов зерен» на урожайность зерна (2015–2017 гг.)

Растения кукурузы закладывают на початке парное количество рядов зерен, однако при усреднении данных могут встречаться значения с непарным количеством рядов. Количество рядов зерен на початке варьировало по гибридам от 12 до 17 шт., величина не влияла на формирование урожая зерна. Гибриды с различными значениями величины рядов зерен оказались равноценными по урожаю зерна, исключение составили гибриды с очень маленьким количеством рядов зерен на початке (12 шт.).

Урожайность зерна увеличивалась пропорционально увеличению количества зерен в ряду и зерен на початке. Признак «количество зерен в ряду» варьировал от 31 до 40 шт., в засушливых условиях преимущество имели гибриды с выполненными, полностью озерненными початкам, с озерненной верхушкой початка, такие гибриды отличались максимальным количеством зерен в ряду початка (39–40 шт.) и формировали наиболее высокий урожай зерна (до 5 т/га). Гибриды кукурузы, имеющие менее озерненные початки (31–34 зерна в ряду), формировали самый низкий урожай зерна – менее 4 т/га (рисунок 3).

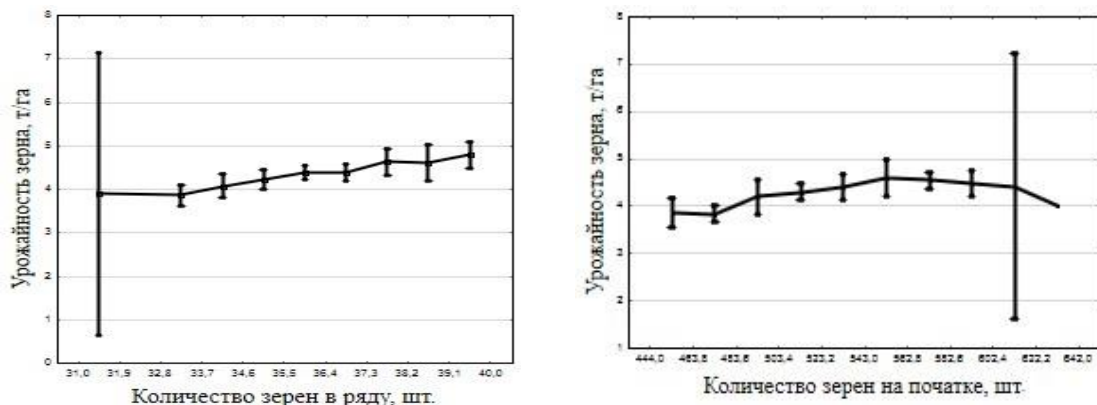


Рисунок 3 – Влияние признаков «количество зерен в ряду початка» и «количество зерен на початке» на урожайность зерна (2015–2017 гг.)

Количество зерен на початке варьировало от 444 до 642 шт. Наименее урожайными оказались гибриды с минимальным количеством зерен на початке –

444–480 шт. Увеличение количества зерен до 560 шт. приводило к возрастанию урожайности зерна. Дальнейшее увеличение количества зерен на початке снижало урожай зерна.

Величина признака «выход зерна с початка» варьировала по гибридам от 75 до 85 %. Увеличение урожая зерна происходило при увеличении выхода зерна от 75 до 83 %, при дальнейшем увеличении выхода зерна урожайность не повышалась (рисунок 4).

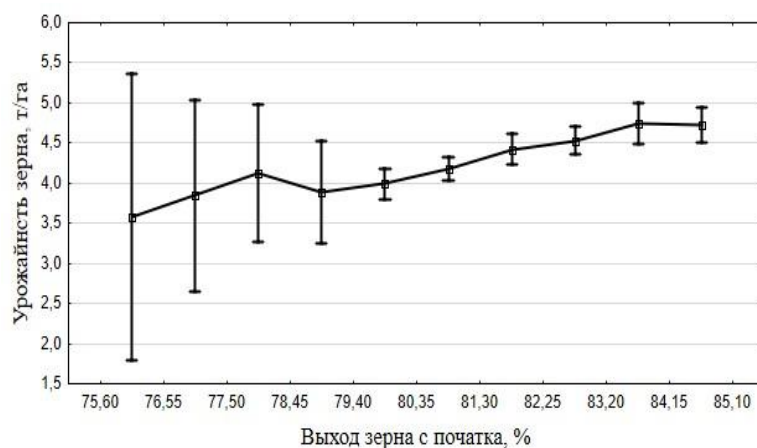


Рисунок 4 – Влияние признака «выход зерна с початка» на урожайность зерна (2015–2017 гг.)

Гибриды кукурузы характеризовались значительным разнообразием по элементам продуктивности (таблица 2).

Таблица 2 – Статистические параметры и оптимальные значения урожайности зерна и элементов продуктивности гибридов кукурузы (2015–2017 гг.)

Признак	Минимальное значение (X min)	Максимальное значение (X max.)	Среднее значение (\bar{X})	Стандартное отклонение (S)	Коэффициент вариации (V), %	Оптимальное значение
Урожайность зерна, т/га	3,31	5,30	4,36	0,45	10,32	5,0–5,5
Количество початков на одном растении, шт.	0,86	1,13	1,00	0,05	5,14	$\geq 1,1$
Масса одного початка, г	91	149	123,3	12,47	10,11	140
Масса 1000 зерен, г	177	291	242,5	19,60	8,08	200–290
Количество рядов зерен, шт.	12	17	14,9	1,01	6,78	13–17
Количество зерен в ряду, шт.	31	40	36,2	1,90	5,25	≥ 40
Количество зерен на початке, шт.	444	642	537,8	41,92	7,79	550–560
Выход зерна с початка, %	75,6	85,1	81,5	2,06	2,52	83,0

Урожайность варьировала в интервале от 3,31 до 5,30 т/га. Коэффициент вариации составил 10,32 %. Среди изучаемых признаков наибольшим варьированием отличался признак «масса одного початка» ($V = 10,11\%$), наименьшей изменчивостью – «выход зерна с початка» ($V = 2,52\%$). Варьирование других признаков имело промежуточное значение ($V = 5,14–8,08\%$).

На основе анализа зависимостей между урожайностью зерна и признаками продуктивности выявлены наиболее важные из них и определены оптимальные значения признаков. Это позволило разработать модельные значения элементов продуктивности гибридов кукурузы, создаваемых для условий, в которых был поставлен эксперимент – зон, характеризующихся недостаточным или неустойчивым увлажнением.

Один из наиболее важных признаков продуктивности, влияющих на величину урожая зерна, – количество початков на одном растении. В засушливых условиях гибриды кукурузы должны иметь значение этого признака 1,1 шт. и выше, то есть характеризоваться отсутствием в посевах бесплодных растений. Максимальный урожай зерна способны формировать гибриды со сравнительно крупным початком – 140 г. Признак «масса 1000 зерен» незначительно влиял на формирование урожая зерна, значение этого признака может варьировать в широких пределах (200–300 г). Не влиял на величину урожая зерна признак «количество рядов зерен» – его значения могут быть невысокими (13–17 рядов). Более важным следует считать признак «количество зерен в ряду». Гибриды кукурузы, создаваемые для засушливых условий, должны иметь большое количество зерен в ряду початка – 40 шт. и более. Оптимальное количество зерен на початке – 550–560 шт. К гибридам предъявляют высокие требования по признаку «выход зерна с початка» – 83 %.

Новые гибриды кукурузы – Зерноградский 299 МВ, Степняк МВ, Зерноградский 360 МВ, Экспериментальный 365 МВ, Экспериментальный 366, имея оптимальные значения элементов продуктивности, или незначительно отличаясь от оптимальных, сформировали максимальный урожай зерна – 5,11–5,30 т/га (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность зерна и элементы продуктивности новых гибридов кукурузы (2015–2017 гг.)

Гибрид	Урожайность зерна, т/га	Количество початков на одном растении, шт.	Масса одного початка, г	Масса 1000 зерен, г	Количество, шт.			Выход зерна с початка, %
					рядов зерен	зерен в ряду	зерен на початке	
Зерноградский 354 МВ (St.)	4,51	0,95	127	232	16	35	560	81,8
Зерноградский 299 МВ	5,30	1,07	128	266	15	38	578	82,7
Степняк МВ	5,20	1,13	131	250	15	39	584	83,5
Зерноградский 360 МВ	5,30	1,05	143	223	16	38	590	83,3
Экспериментальный 365	5,11	1,06	144	237	15	37	556	85,1
Экспериментальный 366	5,17	1,06	142	247	13	40	539	83,3
НСР ₀₅	0,52	–	–	–	–	–	–	–

Количество початков на одном растении у них составило 1,05–1,13 шт., масса одного початка – 128–144 г, масса 1000 зерен – 223–266 г, количество рядов зерен – 13–16 шт., количество зерен в ряду – 37–40 шт., количество зерен на початке – 539–590 шт., выход зерна с початка – 82,7–85,1 %. Стандарт Зерноградский 354 МВ сформировал урожайность зерна 4,51 т/га. В посевах стандарта имелись бесплодные растения (количество початков на одном растении составило 0,95 шт.), на початках отмечена недостаточно полная озерненность верхушки (количество зерен в ряду – 35 шт.).

Выводы

Выявлены наиболее важные элементы продуктивности, определяющие формирование высокого урожая зерна гибридов кукурузы в засушливых условиях:

«количество початков на одном растении», «масса одного початка», «количество зерен в ряду», «количество зерен на початке», «выход зерна с початка». Коэффициенты корреляции между величиной урожайности зерна и значениями признаков соответственно составили 0,70; 0,62; 0,48; 0,38; 0,61. Не оказывал значительного влияния на урожай зерна признак «масса 1000 зерен» ($r = 0,23$), а признак «количество рядов зерен» не оказывал никакого влияния ($r = 0,03$).

Установлены оптимальные значения признаков продуктивности для гибридов кукурузы, создаваемых для засушливых условий: количество початков на одном растении – 1,1 и выше, масса одного початка – 140 г., масса 1000 зерен – 200–300 г., количество рядов зерен – 13–17 шт., количество зерен в ряду – 40 шт. и более, количество зерен на початке – 550–560 шт., выход зерна с початка – 83 %.

Лучшие новые экспериментальные гибриды кукурузы, имеющие оптимальные или близкие к оптимальным значения элементов продуктивности, сформировали в засушливых условиях урожай зерна 5,11–5,30 т/га.

При создании новых гибридов кукурузы для южной зоны Ростовской области необходимо стремиться сочетать оптимальные модельные значения элементов продуктивности, что повысит эффективность селекционного процесса.

Литература

1. Волкова Л. В. Урожайность яровой мягкой пшеницы и ее связь с элементами продуктивности в разные по метеорологическим условиям годы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 6 (55). С. 9–15.
2. Драгавцев В. А. Эпигенетические преобразования эколого-генетической структуры количественных признаков продуктивности // Материалы школы молодых ученых «Экологическая генетика культурных растений». М.: ОАО «Щербинская типография». 2014. С. 60–70.
3. Костылев П. И., Краснова Е. В., Аксенов А. В., Костылева Л. М., Галаян А. Г. Анализ элементов структуры урожайности и других количественных признаков у образцов риса // Зерновое хозяйство России. 2018. № 1 (55). С. 12–17.
4. Куманов О. А. Физиологическое обоснование моделей сортов озимой пшеницы. М.: Колос, 1985. 270 с.
5. Некрасова О. А., Костылев П. И., Некрасов Е. И. Модель сорта в селекции озимой пшеницы (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2017. № 5 (53). С. 29–32.
6. Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С., Буин Н. П. Изменение климатических условий в южной зоне Ростовской области в период вегетации кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2014. № 1 (31). С. 44–50.
7. Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С. Параметры гибридов кукурузы, создаваемых для условий недостаточного и неустойчивого увлажнения // Зерновое хозяйство России. 2017. № 1 (49). С. 29–34.
8. Подгорный С. В., Самофалов А. П., Скрипка О. В. Селекционная оценка элементов продуктивности озимой пшеницы в условиях юга Ростовской области // Аграрный вестник Урала. 2017. № 9 (163) С. 35–39.
9. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой. Днепропетровск: ВНИИ кукурузы, 1980. 54 с.
10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1979. 240 с.
11. Широкий унифицированный классификатор СЭВ вида *Zea mays* L. Л., 1984. 80 с.
12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М: Агропромиздат, 1985. 416 с.
13. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы. Ч. 2. Ростов-на-Дону, 2013. 272 с.

References

1. Volkova L. V. Productivity of spring wheat and its relation to elements of yield structure in years differ by meteorological conditions // An Agrarian Science of Euro-North-East. 2016. No. 6 (55). P. 9–15.
2. Dragavtsev V. A. Epigenetic transformations of the ecological and genetic structure of quantitative traits of productivity // Materials of the School for Young Scientists “Ecological genetics of cultivated plants”. Moscow: JSC “Shcherbinsk printing house”, 2014. P. 60–70.
3. Kostylev P. I., Krasnova E. V., Aksekov A. V., Kostyleva L. M., Galayan A. G. The analysis of structural elements of productivity and other quantitative characteristics of rice samples // Grain economy of Russia. 2018. No. 1 (55). P. 12–17.
4. Kumanov O. A. Physiological justification for models of winter wheat varieties. Moscow: Kolos, 1985. 270 p.

5. Nekrasova O. A., Kostylev P. I., Nekrasov E. I. The model of the variety in winter wheat breeding (a review) // Grain economy of Russia. 2017. No. 5 (53). P. 29–32.
6. Krivosheev G. Ya., Ignatiev A. S., Buin N. P. Change in climatic conditions in the southern zone of the Rostov region during the growing season of maize // Grain economy of Russia. 2014. No. 1 (31). P. 44–50.
7. Krivosheev G. Ya., Ignatiev A. S. Parameters of maize hybrids developed for the conditions of insufficient and unstable humidity // Grain economy of Russia. 2017. No. 1 (49). P. 29–34.
8. Podgorny S. V., Samofalov A. P., Skripka O. V. Selection evaluation of the elements of productivity of winter wheat grown in the south of the Rostov region // Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. No. 9 (163). P. 35–39.
9. Methodical recommendations on field trials with maize. Dnepropetrovsk: ARRI of maize, 1980. 54 p.
10. Methodology of state variety testing of agricultural crops. Moscow: Kolos, 1979. 240 p.
11. Broad unified classifier COMECON and international classifier COMECON of the type *Zea mays* L. Leningrad, 1984. 80 p.
12. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 416 p.
13. Zonal system of agriculture of the Rostov region for 2013–2020. Part 2. Rostov-on-Don, 2013. 272 p.

UDC 633.15: 631.52

Krivosheev G. Ya., Ignatiev A. S.

DEVELOPMENT OF MODEL VALUES OF PRODUCTIVITY ELEMENTS OF MAIZE HYBRIDS CREATED FOR ARID CONDITIONS

Summary. *To increase the efficiency of the breeding process, it is necessary to identify the optimum values of the most important quantitative traits of agricultural plants in specific soil and climatic conditions. In 2015–2017 Agricultural Research Center “Donskoy”, located in the southern zone of Rostov region and characterized by unstable moisture, conducted a research study to identify the most important elements of productivity and to determine their optimal values for developing new maize hybrids capable to form the maximum kernel productivity in arid conditions. The material for the study was 96 interlinear maize hybrids (*Zea mays* L.), which were studied for kernel yield and productivity elements. Hybrids in field experiments were placed systematically. A correlation analysis and analysis of graph dependencies were used for the experimental data processing. A close positive correlation between kernel productivity and the number of cobs per plant ($r = 0.70$) was revealed. An average positive correlation between kernel productivity and traits of productivity: “mass of 1 cob”, “number of kernels per a row in a cob”, “number of kernels per cob”, “kernel yield after threshing” was established. Correlation coefficients were respectively: 0.62; 0.48; 0.38; 0.61. There was a weak positive correlation ($r = 0.23$) between kernel productivity and traits “1000-seed weight”, meanwhile there was no correlation ($r = 0.02$) between kernel productivity and the number of kernel rows. The optimal values of traits of productivity in arid conditions in maize hybrids were established, namely “number of cobs per plant” – 1.1 pcs. and more, “mass of one cob” – 140 g, “1000-seed weight” – 200–300 grams, “number of kernel rows” – 13–17 pieces, “number of kernels per a row in a cob” – 40 pcs. and more, “number of kernels per cob” – 550–560 pcs., “kernel yield after threshing” – 83 %. New maize hybrids ‘Zernogradsky 299 MV’, ‘Stepnyak MV’, ‘Zernogradsky 360 MV’, etc., had optimal or close to the optimal values of traits of productivity and formed the maximum kernel productivity (5.11–5.30 t/ha).*

Keywords: *Zea mays* L., maize hybrids, productivity elements, correlation, variation, kernel yield.

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

Игнатъев Алексей Станиславович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» 347740, Россия, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: ignatev1983@rambler.ru.

Krivosheev Gennadiy Yakovlevich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher, Laboratory of corn breeding and seed growing, FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy"; 3, Nauchniy Gorodok, Rostov Region, Zernograd, 347740, Russia; e-mail: genadiy.krivosheev@mail.ru.

Ignatiev Aleksey Stanislavovich, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher, Laboratory of corn breeding and seed growing, FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy"; 3, Nauchniy Gorodok, Rostov Region, Zernograd, 347740, Russia; e-mail: ignatev1983@rambler.ru.

Дата поступления в редакцию – 01.09.2018.

Дата принятия к печати – 03.10.2018.

УДК 631.461:579.64

Мельничук Т. Н.¹, Абдурашитов С. Ф.¹, Андронов Е. Е.², Еговцева А. Ю.¹,
Абдурашитова Э. Р.¹, Гонгало А. А.¹, Турин Е. Н.¹, Зубоченко А. А.¹

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА МИКРОБИОМА ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО ПРИ ВЛИЯНИИ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ

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

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии»

Реферат. В настоящее время отмечена ориентация систем земледелия на ресурсосбережение. Развитие прямого посева (No-till) в степной зоне обеспечивает получение стабильного урожая при минимальных затратах. Микробиом почвы чувствителен к воздействию различных факторов, включая и системы земледелия, определяющие активность и направленность биологических процессов в агроценозах. Использование в исследованиях метагеномного подхода позволяет расширить знания о таксономической структуре микробиомов почв при агрогенном на них воздействии. Цель исследований – изучение таксономической структуры почвенного микробиома чернозема южного при различных системах земледелия (традиционная и прямого посева) и применении комплекса микробных препаратов по сравнению с целинной почвой. Исследования проводили в 2018 г. в стационарном опыте по изучению влияния микробных препаратов в условиях традиционной для степной части Крыма и каждой культуры пятипольного севооборота системы земледелия и прямого посева (No-till). Установлены изменения таксономической структуры микробиома чернозема южного под влиянием комплекса микробных препаратов в условиях традиционной системы земледелия и прямого посева. Отмечено увеличение представительства среди доминирующих фил Acidobacteria, Bacteroidetes, Proteobacteria и Verrucomicrobia в агроценозе и снижение Actinobacteria, Chloroflexi, Gemmatimonadetes и Planctomycetes по сравнению с целинной почвой. В прокариотном биоме чернозема южного определено 455 семейств. Максимальная доля семейства Chthoniobacteraceae отмечена при прямом посеве 2,5 % и применение микробных препаратов способствовало её увеличению до 3,0 %, что является показателем богатой среды и благоприятных почвенных условий, тогда как при традиционной системе земледелия уменьшение составило 2,2 и 3,5 раза соответственно. Наиболее высокий уровень бета-разнообразия установлен в условиях прямого посева. Индекс бета-разнообразия Уиттакера уменьшился на 28,6 при традиционной системе по сравнению с целинной почвой и в 1,7 раза – с прямым посевом. Применение комплекса микробных препаратов способствовало увеличению данного индекса на 36,0 % в условиях традиционной системы и снижению на 9,7 % при прямом посеве.

Ключевые слова: микробиом, высокопроизводительное секвенирование, 16S рРНК, чернозем южный (Chernozems), комплекс микробных препаратов, традиционная система земледелия, прямой посев (No-till), целинная почва.

Введение

Современные методологии возделывания почвы требуют пересмотра в связи с проявившимися экологическими и экономическими проблемами. Традиционные системы земледелия, основанные на способах интенсивной обработки почвы, не обеспечивают оптимальных условий повышения её плодородия и влагообеспеченности прикорневого слоя почвы. Кроме того, наносят непоправимый вред почвенной микробиоте, усиливая эрозию и деградацию почвы [1, 2].

В настоящее время отмечена ориентация систем земледелия на ресурсосбережение. Развитие прямого посева (No-till) в степной зоне обеспечивает получение стабильного урожая при минимальных затратах, сохраняя при этом плодородие почвы, и является логическим продолжением существующей системы земледелия. Многократное применение гербицидов при прямом посеве является существенным недостатком в экологической целесообразности системы. Задачу воспроизводства почвенного плодородия и повышения эффективности агроэкосистем во многом можно решить за счет приемов биологизации земледелия [3, 4], включая и применение микробных препаратов.

Мировой опыт ведения земледелия показывает, что система земледелия прямого посева без обработки почвы (No-till) может эффективно использоваться в сельскохозяйственном производстве [1, 5, 6]. Поэтому изучение целесообразности ее применения в засушливой зоне Республики Крым, где выпадает недостаточно осадков и возделывается ограниченное количество культур, весьма актуально и своевременно.

Микробиом почвы чувствителен к воздействию различных факторов, включая и системы земледелия, определяющие активность и направленность биологических процессов в агроценозах [7–9]. Состояние микробиоценоза почв дает объективную оценку их воздействия на агроэкосистемы [10]. Многие микроорганизмы являются биоиндикаторами состояния почв и направленности происходящих в них процессов [11].

В настоящее время применение способа высокопроизводительного секвенирования гена 16S рРНК позволяет расширить знания о таксономической структуре микробиомов различных экологических ниш. Исследования, связанные с изучением состава микробных сообществ почвы, перспективны в решении задач экологической методологии по мониторингу потенциальных рисков различных факторов [12, 13] и прогнозирования возможности оптимизации и биологизации систем земледелия [14, 15], в частности при No-till [5].

Цель исследований – изучение таксономической структуры почвенного микробиома чернозема южного при различных системах земледелия (традиционная и прямого посева) и применении комплекса микробных препаратов по сравнению с целинной почвой.

Материалы и методы исследований

Стационарный опыт по сравнительному изучению влияния микробных препаратов в условиях традиционной для степной части Крыма и каждой культуры пятипольного севооборота системе земледелия и прямого посева (No-till) заложен в 2015 г. на полях ФГБУН «НИИСХ Крыма» (с. Клепинино Красногвардейского района, 45°31'47.3"N 34°11'48.0"E). Севооборот при традиционной системе земледелия включал чистый пар, пшеницу озимую, лён масличный, ячмень озимый, сорго зерновое; при No-till имеется одно отличие – в первом поле горох посевной. Комплекс микробных препаратов (КМП), разработанный под каждую культуру севооборота, применяли путем инокуляции семян. Образцы отобраны в июне 2018 г. с последнего поля севооборота.

Почва – чернозем южный малогумусный на лессовидных легких глинах. Мощность гумусового горизонта до 40 см, всего гумусового слоя – до 70 см. Количество гумуса (по Тюрину) – 2,00–2,20 %, подвижного фосфора (по Мачигину) – 4,00–4,20, обменного калия – до 40 мг на 100 г почвы.

Гранулометрический состав черноземов южных крупнолегкоглинистый пылевато-иловатый. Количество водостойких агрегатов размером более 0,25 мм в гумусовом горизонте целинных почв составляет 72–77 %. Содержание агрономически ценных агрегатов размером более 1 мм составляет 33–42 %.

Плотность сложения (объемная масса) в пахотном слое 1,14–1,28, а в подпахотном – 1,33–1,48 г/см³. Изменение показателей общей пористости происходит возвратно-пропорционально изменению плотности сложения. Общая пористость верхних горизонтов составляет 50,2 %, что по агрономической оценке является удовлетворительным показателем. Водоудерживающее свойство почв достаточно высокое, они могут накапливать больше 300–350 мм влаги, но запасы продуктивной влаги, доступной для растений, всего лишь 160–180 мм.

В качестве эталона отобраны образцы участка целинной степи, доля злаковых компонентов на котором составляет около 80 %. На поверхности почвы развит мощный слой подстилки, толщина которого достигает в среднем 15 см.

Климат степной зоны засушливый, гидротермический коэффициент (ГТК) составляет 0,7, умеренно жаркий, с умеренно мягкой зимой. Среднегодовая температура воздуха 9,7–10,5 °С. В июле, в полдень, температура повышается до 28,9–30,2 °С, а в некоторые годы – до 40–42 °С. Средний минимум годовых температур находится в пределах от –19 до –23 °С. Зимой возможно понижение температуры до –31 °С. Вегетационная оттепель возможна в 35 % зим. Период без заморозков – 171 день. Сумма температур выше 10 °С достигает 3280 °С. Годовая сумма осадков – 435 мм, из них в период активной вегетации выпадает 285 мм. Годовая испаряемость – 843 мм. Преобладают восточные (22 %) и северо-восточные (20 %) ветры. Сильный ветер бывает 28–30 дней в году. Количество дней с суховеями – 10–19. Вероятность засух для большей части территории составляет 40–50 % лет [16].

Для изучения таксономической структуры микробиома почвы использовали высокопроизводительное секвенирование библиотек гена 16S рНК. ДНК из почвенных образцов выделена с помощью набора PowerSoil DNA Isolation Kit (Mo-Bio, США) по протоколу производителя для гомогенизации образцов использовали Vortex Genee-2 (Mo-Bio, США). Очистку ДНК проводили электрофоретически с последующей экстракцией из агарозного геля [17]. Очищенную ДНК использовали в качестве матрицы в реакции ПЦР при создании ампликонных библиотек также применяли универсальные праймеры к варибельному участку V4 гена 16S рНК – F515 (GTGCCAGCMGCCGCGGTAA) и R806 (GGACTACVSGGGTATCTAAT) [18]. Секвенировали с помощью MySeq (Illumina, США) на базе ресурсного центра «Генетические технологии» Санкт-Петербургского университета. Использован таксономический и статистический анализ полученных результатов с использованием пакетов программ Bioconda [19], QIIME [20], PAST Paleo [21] и базы данных Ribosomal Database Project (RDP).

Результаты и их обсуждение

Исследования микроорганизмов различных эколого-трофических групп чернозема южного исследуемого севооборота при использовании общепринятых методов показали, что системы земледелия влияют на численность микроорганизмов, микробные препараты способствуют её увеличению и биологической активности почвы [22]. Использование в исследованиях метагеномного подхода позволяет учитывать наряду с культивируемыми и некультивируемые микроорганизмы.

По результатам высокопроизводительного секвенирования библиотек гена 16S рНК в черноземе южном представители домена *Bacteria* доминировали над *Archaea*, что характерно для черноземов (рисунок 1). При этом доля архей значительно выше (в 1,5 раза) при традиционной системе земледелия, чем при прямом посеве, что согласуется с опубликованными данными исследований черноземов [11]. Применение комплекса микробных препаратов способствовало увеличению их доли при обеих системах земледелия. Среди мажорных компонентов

микробиома выявлены представители неотрибутируемого домена прокариот, доля которого составляла 2,8–3,5 %.

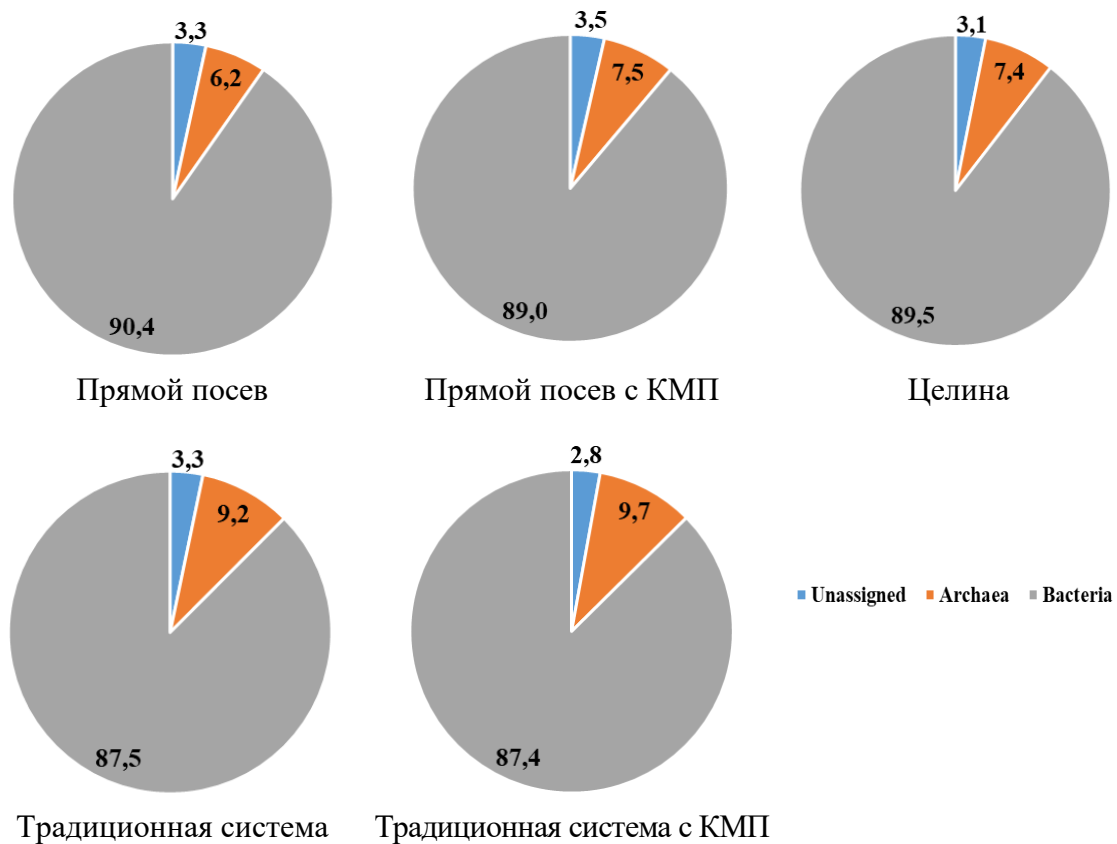


Рисунок 1 – Представленность доменов прокариот чернозема южного под влиянием комплекса микробных препаратов и систем земледелия по данным анализа метагенома 16S рНК

Примечание. Unassigned – неотрибутированные таксоны.

Доминировали среди прокариот чернозема южного представители 10 фил, доля которых составила более 1 %. Домен археи представлен *Crenarchaeota*, бактерии – *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Chloroflexi*, *Firmicutes*, *Gemmatimonadetes*, *Planctomycetes*, *Proteobacteria* и *Verrucomicrobia*. Представленность *Actinobacteria* была максимальной среди фил, а среди исследуемых образцов – в целинной почве (35,4 %). Доля их в условиях прямого посева составила 27,9 % и увеличивалась до 30,4 % при внесении КМП, тогда как при традиционной системе земледелия отмечено уменьшение с 29,1 до 26,3 %. Такое доминирование её представителей может быть связано со сроками отбора, учитывая их приспособленность к сухим условиям [23, 24]. Доля филы *Proteobacteria* составила в целине 23,1 %, на таком же уровне при прямом посеве и несколько выше – 26,4 % при традиционной системе и 25,6 % с применением КМП. Наименьшее количество в образцах целины было представителей филы *Bacteroidetes* – 6,2 %, их доля при обеих системах земледелия оставалась на одном уровне. Применение комплекса микробных препаратов способствовало при прямом посеве снижению их доли с 10,2 до 8,2 %, а при традиционной системе – ее увеличению с 9,9 до 11,1 %.

Археи, прежде всего *Crenarchaeota*, распространены в почве, их представленность выше в почвах с более низкими отношениями C:N [18]. Доля архей филы *Crenarchaeota* в целинной почве составила 7,3 % и близкой к ней была почва

прямого посева с применением КМП (7,5 %), при 6,2 % без КМП. В условиях традиционной системы представленность этой фило была выше и составила 9,2 %, также отмечено увеличение с применением КМП (9,7 %).

Среди экологически значимых функций ацидобактерий известна их способность реагировать на содержание макро- и микроэлементов почвы и её кислотность [25]. Самая низкая представленность была у фило *Acidobacteria* и составляла в целинной почве 5,4 %. При традиционной системе отмечено увеличение их доли с 6,4 до 7,1 % при внесении КМП. Обратные тенденции её снижения – с 7,2 до 6,2 % установлены на прямом посеве.

Представленность фило *Chloroflexi* на максимальном уровне отмечена в целинной почве (5,1 %). Системы земледелия способствовали снижению их доли до 3,7 %, применение КМП на прямом посеве показало увеличение до 4,1 %, тогда как на традиционной системе выявлены тенденции к снижению.

Доля представителей фило *Gemmatimonadetes* находилась на одном уровне на участках целины и прямого посева (4,1–4,5 %), снижалась в почве традиционной системы (3,4 и 3,2 %). Возможно, это связано с более резкими перепадами влажности в почве, поскольку известно, что эти бактерии реагируют снижением на такие условия [6].

Бактерии фило *Planctomycetes* участвуют в разложении растительных остатков и чувствительны к рН почвы [26, 27]. В целинной почве их представленность была максимальной и составила 4,3 %, при традиционной системе земледелия – 3,8 % и 3,0 % – при прямом посеве.

Известно, что фила *Firmicutes* в пахотных почвах представлена бактериями, способными разлагать сложные органические вещества [28]. Представленность фило *Firmicutes* в наших исследованиях отмечена на одном уровне (около 2,5 %) в целинной почве и при традиционной системе земледелия, в условиях прямого посева её доля составила 3,5 %, применение комплекса микробных препаратов способствовало увеличению до 3,9 %.

Сообщества представителей фило *Verrucomicrobia* являются индикаторами изменений количественного состава макроэлементов почвы [29]. Представленность этой фило в образцах целины, прямого посева и его с КМП находилась в близких значениях – 1,4; 1,8; 1,6 % соответственно. В условиях традиционной системы земледелия их доля составила 3,6 %, а с применением КМП ещё выше – 4,4 %. Агрохимический анализ показал значительное превышение содержания NO_3 и P_2O_5 в почве традиционной системы земледелия, что и повлияло на представленность *Verrucomicrobia*.

Среди минорных компонентов прокариотного ризосферного биома следует отметить, что доля представителей *Euryarchaeota* в условиях прямого посева с КМП была выше в 1,9 раза, чем без КМП, и в 3,2 раза, чем в целине, тогда как при традиционной системе земледелия их не выявлено. Представители бактериальной фило AD3 выявлено только при применении КМП в традиционной системе земледелия, где их доля составила 0,002 %, тогда как *Fusobacteria* – только в целинной почве. Представительство *Chlamydiae* в целине составило 0,007 %, при прямом посеве оно увеличилось в 2,1 раза, в условиях традиционной системы – в 10,8 раза.

В прокариотном биоме чернозема южного определено 455 семейств (рисунок 2).

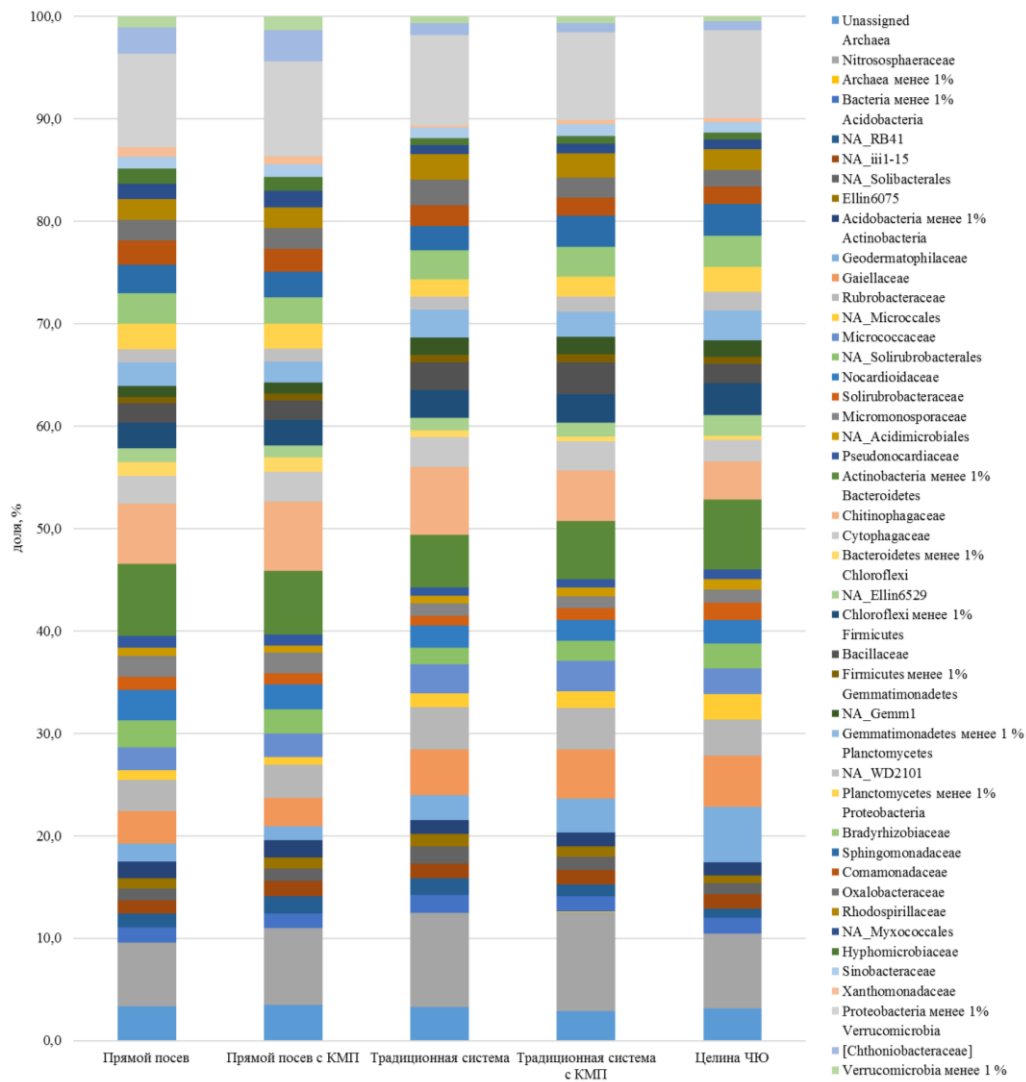


Рисунок 2 – Таксономическая структура на уровне семейств прокариотного биома чернозема южного под влиянием комплекса микробных препаратов и систем земледелия по данным анализа метабенома 16S рРНК

Примечание. NA – неатрибутированные семейства, Other – другие последовательности; числовое значение при NA и Other – номер по порядку всех определенных ОТЕ (операционных таксономических единиц) в данном опыте.

Среди микроорганизмов-индикаторов почвенных условий при агрогенном воздействии присутствуют представители семейств *Micrococcaceae*, *Geodermatophilaceae* и *Rhodospirillaceae*, доля которых увеличивается в пахотных почвах по сравнению с залежью [11]. Результаты исследований чернозема южного стационарного опыта показали также увеличение доли представителей этих таксонов при традиционной системе земледелия по сравнению с прямым посевом. Применение микробных препаратов способствовало увеличению доли *Geodermatophilaceae* и *Rhodospirillaceae*, при традиционной системе земледелия, доля *Micrococcaceae* увеличивалась при обеих системах земледелия. Максимальная доля *Sphingomonadaceae*, также относящихся к этой группе индикаторов, отмечена при традиционной системе земледелия только под влиянием микробных препаратов и составила 3,0 %, как и в целине, при 2,2 % в условиях прямого посева. Представители *Gemmatimonadetes* также преобладают в пахотных почвах по сравнению с залежью [11]. В черноземе южном доля неатрибутируемого семейства этой фило была в 1,5 раза

ниже в условиях прямого посева, что согласуется с данными М. Favaz относительно влияния этой системы земледелия на содержание *Gemmatimonadetes* в почве [6].

К группе микроорганизмов-индикаторов почвенных условий при агрогенном воздействии, доля которых уменьшается в пахотных почвах по сравнению с залежью, принадлежат представители семейства *Hyphomicrobiaceae* [11]. В черноземе южном их представленность в условиях традиционной системы земледелия в 2,2 раза ниже, чем при прямом посеве, где она составила 1,4 %.

Группу коровых (консервативных) компонентов черноземных почв составляют многочисленные семейства, среди них *Sinobacteraceae* и *Bradyrhizobiaceae*, доля которых не изменялась под влиянием систем земледелия в черноземе южном, тогда как доля *Comamonadaceae* и *Nocardioideaceae* увеличивалась при прямом посеве.

Увеличением на внесение минеральных удобрений реагируют семейства *Nitrososphaeraceae*, *Chitinophagaceae* и *Bacillaceae* [11]. Наиболее высокое содержание азота и фосфора в почве при традиционной системе земледелия, как и представительство этих семейств, отмечено в черноземе южном.

Семейство *Rubrobacteraceae* является индикатором экстремальных условий в почве. В стационарном опыте доля представителей этого семейства в черноземе южном была максимальной при традиционной системе земледелия и составила 4,1 %, тогда как в условиях прямого посева представленность этого семейства была меньшей и составила 3,1 %, в целине – 3,5 %.

Показателем богатой среды и благоприятных почвенных условий служат бактерии семейства *Chthoniobacteraceae*. Максимальная доля их представителей в черноземе южном отмечена при прямом посеве 2,5 % и применение микробных препаратов способствовало её увеличению до 3,0 %, тогда как при традиционной системе земледелия уменьшение составило в 2,2 и 3,5 раза соответственно.

Количество выявленных семейств по обеим системам земледелия и применению КМП отличалось незначительно от показателей в целине и варьировало в пределах 307,0–321,0 ОТЕ (таблица 1). В условиях этого года система прямого посева имела более стабильную популяционную структуру, чем традиционная. Об этом свидетельствует рассчитанное альфа-разнообразие на уровне семейств, представленное показателями индекса Шеннона, где отмечено значительное превышение в условиях прямого посева, по сравнению с традиционной системой, при этом незначительно отличаясь от целины. Ежегодное применение активных штаммов полезных бактерий способствовало изменению бета-разнообразия чернозема южного: снижению при прямом посеве на 9,7 % и увеличению при традиционной системе земледелия на 36,0 %.

Таблица 1 – Индексы микробного разнообразия семейств прокариот в черноземе южном под влиянием комплекса микробных препаратов и систем земледелия

Индекс	ПП	ПП с КМП	ТС	ТС с КМП	Целина
Количество ОТЕ	321,0 ± 24,0	312,0 ± 17,9	307,0 ± 12,1	309,3 ± 20,1	317,7 ± 21,3
$H_{\text{Шеннона}}$	4,33 ± 0,06	4,29 ± 0,09	4,19 ± 0,03	4,19 ± 0,01	4,25 ± 0,03
Выравненность	0,24 ± 0,01	0,24 ± 0,02	0,22 ± 0,01	0,22 ± 0,01	0,22 ± 0,01
$H_{\text{Уиттакера}}$	0,124	0,112	0,075	0,102	0,105

Примечание. ПП – прямой посев, ТС – традиционная система земледелия, КМП – комплекс микробных препаратов.

Индекс бета-разнообразия Уиттакера уменьшился на 28,6 % при традиционной системе по сравнению с целинной почвой и в 1,7 раза – с прямым посевом.

Применение комплекса микробных препаратов способствовало его увеличению на 36 % в условиях традиционной системы и снижению на 9,7 % при прямом посеве.

Выводы

Установлены изменения таксономической структуры микробиома чернозема южного под влиянием комплекса микробных препаратов в условиях традиционной системы земледелия и прямого посева. Отмечено увеличение представительства среди доминирующих фил *Acidobacteria*, *Bacteroidetes*, *Proteobacteria* и *Verrucomicrobia* в агроценозе и снижение *Actinobacteria*, *Chloroflexi*, *Gemmatimonadetes* и *Planctomycetes* по сравнению с целинной почвой.

В прокариотном биоме чернозема южного определено 455 семейств. Максимальная доля семейства *Chthoniobacteraceae* отмечена при прямом посеве 2,5 % и применение микробных препаратов способствовало её увеличению до 3,0 %, что является показателем богатой среды и благоприятных почвенных условий, тогда как при традиционной системе земледелия уменьшение составило 2,2 и 3,5 раза соответственно.

Наиболее высокий уровень бета-разнообразия установлен в условиях прямого посева. Индекс бета-разнообразия Уиттакера уменьшился на 28,6 при традиционной системе по сравнению с целинной почвой и в 1,7 раза – с прямым посевом. Применение комплекса микробных препаратов способствовало увеличению данного индекса на 36,0 % в условиях традиционной системы и снижению на 9,7 % при прямом посеве.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0834-2015-0004 и поддержана грантом РФФИ 18-416-910009 р_а.

Литература

1. Halde C., Gagne S., Charles A., Lawley Y. Organic No-Till Systems in Eastern Canada: a Review // Agriculture-Basel. 2017. No. 4. 36 p.
2. Петрова Л. Н., Дридигер В. К., Кащаев Е. А. Влияние технологий возделывания сельскохозяйственных культур на содержание продуктивной влаги и плотность почвы в севообороте // Земледелие. № 5. 2015. С. 16–18.
3. Осенний Н. Г., Ильин А. В., Веселова Л. С. Перспективы развития органического земледелия в Республике Крым // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (65). С. 11–13.
4. Кирюшин В. И. О Белгородской модели модернизации сельского хозяйства и биологизации земледелия // Земледелие. 2013. № 1. С. 3–6.
5. Schmidt R., Gravuer K., Bossange A. V., Mitchell J., Scow K. Long-term use of cover crops and no-till shift soil microbial community life strategies in agricultural soil // Plos one. 2018. Vol. 13 (2). P. 1–19. [Электронный ресурс]. DOI:org/10.1371/journal.pone.0192953 (дата обращения 04.12.2018).
6. Favaz M. N. Reveling the ecological role of gemmatimonadetes through cultivation and molecular analysis of agricultural soils: master's thesis. University of Tennessee, 2013. 113 p. [Электронный ресурс]. Точка доступа: https://trace.tennessee.edu/utk_gradthes/1652 (дата обращения 04.12.2018).
7. Mathew R. P., Feng Y., Githinji L., Ankumah R., Balkcom K. S. Impact of no-tillage and conventional tillagesystems on soil microbial communities // Applied and Environmental Soil Science. 2012. Vol. 2012. 10 p. [Электронный ресурс]. DOI:org/10.1155/2012/548620 (дата обращения 04.12.2018).
8. Tikhonovich I. A., Provorov N. A. Microbiology is the basis of sustainable agriculture: an opinion // Annals of Applied Biology. Vol. 159. 2011. No. 2. P. 155–168.
9. Choudhary M., Sharma P. C., Jat H. S., Dash A., Rajashekar B., McDonald A. J., Jat M. L. Soil bacterial diversity under conservation agriculture-based cereal systems in Indo-Gangetic Plains // 3 Biotech. 2018. Vol. 8. No. 7. P. 304. [Электронный ресурс]. DOI: 10.1007/s13205-018-1317-9 (дата обращения 04.12.2018).
10. Bulgarelli D., Schlaeppi K., Spaepen S., Ver Loren Van Themaat E., Schulze-Lefert P. Structure and functions of the bacterial microbiota of plants // Annu. Rev. Plant Biol. 2013. Vol. 64. P. 807–838. [Электронный ресурс]. DOI: 10.1146/annurev-arplant-050312-120106 (дата обращения 04.12.2018).
11. Основные достижения и перспективы почвенной метагеномики // Под ред. Першиной Е. В., Кутовой О. В., Когут Б. М., Андропова Е. Е. СПб.: Информ-Навигатор, 2017. 288 с.

12. Feng G., Xie T., Wang X., Bai J., Tang L., Zhao H., Wei W., Wang M., Zhao Y. Metagenomic analysis of microbial community and function involved in cd-contaminated soil // BMC Microbiology. 2018. Vol. 18 (1):11. P. 1–13. [Электронный ресурс]. DOI: org/10.1186/s12866-018-1152-5 (дата обращения 04.12.2018).
13. Fierer N., Leff J. W., Adams B. J., Nielsen U. N., Bates S. T., Lauber C. L., Owens S., Gilbert J. A., Wall D. H., Caporaso J. G. Cross-biome metagenomic analyses of soil microbial communities and their functional attributes // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2012. Vol. 109. No. 52. P. 21390–21395. [Электронный ресурс]. DOI: org/10.1073/pnas.1215210110 (дата обращения 04.12.2018).
14. Свиридова О. В., Воробьев Н. И., Проворов Н. А., Орлова О. В., Русакова И. В., Андронов Е. Е., Пищик В. Н., Попов А. А., Круглов Ю. В. Выравнивание почвенных условий для развития растений при деструкции растительных остатков микробными препаратами // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 5. С. 664–672. [Электронный ресурс]. DOI: 10.15389/agrobiol.2016.5.664rus (дата обращения 04.12.2018).
15. Чирак Е. Л., Першина Е. В., Дольник А. С., Кутовая О. В., Василенко Е. С., Когут Б. М., Мерзлякова Я. В., Андронов Е. Е. Таксономическая структура микробных сообществ в почвах различных типов по данным высокопроизводительного секвенирования библиотек гена 16S-rРНК // Сельскохозяйственная биология. 2013. № 3. С. 100–109.
16. Паштецкий В. С. Научные основы оптимизации агроландшафтов и эффективного аграрного производства Республики Крым. Симферополь: ИТ «Ариал», 2015. 276 с.
17. Андронов Е. Е., Пинаев А. Г., Першина Е. В. Выделение ДНК из образцов почвы. СПб.: ПК "Объединение Вента", 2011. 27 с.
18. Bates S. T., Berg-Lyons D., Caporaso J. G., Walters W. A., Knight R., Fierer N. Examining the global distribution of dominant archaeal populations in soil // ISME J. 2010. Vol. 5. P. 908–917.
19. Grüning B., Dale R., Sjödin A., Chapman B. A., Rowe J., Tomkins-Tinch C. H., Valieris R., Bioconda Team, Köster J. Bioconda: Sustainable and Comprehensive Software Distribution for the Life Sciences // Nature Methods. 2018. Vol. 15. P. 475–476. [Электронный ресурс]. Точка доступа: [http://portal.research.lu.se/portal/en/publications/bioconda\(3dc16b0-2b49-4fdf-82cf477e741c7f58\)/export.html](http://portal.research.lu.se/portal/en/publications/bioconda(3dc16b0-2b49-4fdf-82cf477e741c7f58)/export.html) (дата обращения 04.12.2018).
20. Caporaso J. G., Kuczynski J., Stombaugh J., Bittinger K., Bushman F. D., Costello E. K., Fierer N., Pena A. G., Goodrich J. K., Gordon J. I., Huttley G. A., Kelley S. T., Knights D., Koenig J. E., Ley R. E., Lozupone C. A., McDonald D., Muegge B. D., Pirrung M., Reeder J., Sevinsky J. R., Turnbaugh P. J., Walters W. A., Widmann J., Yatsunenko T., Zaneveld J., Knight R. QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data // Nature methods. 2010. Vol. 7. No. 5. 335 p. [Электронный ресурс]. DOI: 10.1038/nmeth.f.303 (дата обращения 04.12.2018).
21. Hammer O., Harper D. A. T., Ryan P. D., PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontologia Electronica. 2001. Vol. 4. No. 1. 9 p.
22. Мельничук Т. Н., Еговцева А. Ю., Гонгало А. А., Абдурашитова Э. Р., Абдурашитов С. Ф., Женченко К. Г. Влияние комплекса микробных препаратов на численность микроорганизмов ризосферы гороха // Известия Оренбургского ГАУ. 2017. № 4 (66). С. 235–237.
23. Pajares S., Campo J., Bohannan B. J. M., Etchevers J. D. Environmental controls on soil microbial communities in a seasonally dry tropical forest // Appl. Environ. Microbiol. 2018. Vol. 84. No. 17. [Электронный ресурс]. DOI: 10.1128/AEM.00342-18 (дата обращения 04.12.2018).
24. Манучарова Н. А., Власенко А. Н., Менько Е. В., Звягинцев Д. Г. Специфика хитинолитического микробного комплекса в почвах, инкубируемых при различных температурах // Микробиология. 2011. Т. 80. № 2. С. 219–229.
25. Kielak A. M., Barreto C. C., Kowalchuk G. A., Van Veen J. A., Kuramae E. E. The ecology of Acidobacteria: moving beyond genes and genomes // Frontiers in Microbiology. 2016. Vol. 7. 744 p. [Электронный ресурс]. DOI: 10.3389/fmicb.2016.00744 (дата обращения 04.12.2018).
26. Ivanova A. A., Philippov D. A., Kulichevskaya I. S., Dedysh S. N. Distinct diversity patterns of Planctomycetes associated with the freshwater macrophyte *Nuphar lutea* (L.) Smith // Antonie van Leeuwenhoek. 2018. Vol. 111. No. 6. P. 811–823.
27. Constancias F., Saby N. P. A., Terrat S., Dequiedt S., Horrigue W., Nowak V., Guillemin J. P., Biju Duval L., Prevost-Bour C. N., Ranjard L. Contrasting spatial patterns and ecological attributes of soil bacterial and archaeal taxa across a landscape // Microbiology Open. 2015. Vol. 4. No. 3. P. 518–531. [Электронный ресурс]. Точка доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10482-015-0530-3> (дата обращения 04.12.2018).
28. Hartmann M., Frey B., Mayer J., Mäder P., Widmer F. Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming // The ISME journal. 2015. Vol. 9. No. 5. 1177 p.
29. Navarrete A. A., Soares T., Rossetto R., Van Veen J. A., Tsai S. M., Kura E. E. Verrucomicrobial community structure and abundance as indicators for changes in chemical factors linked to soil fertility // Antonie van Leeuwenhoek. 2015. Vol. 108. No. 3. P. 741–752.

References

1. Halde C., Gagne S., Charles A., Lawley Y. Organic No-Till Systems in Eastern Canada: a Review // *Agriculture-Basel*. 2017. No. 4. 36 p.
2. Petrova L. N., Dridiger V. K. Influence of crops cultivation technologies on productive moisture content and soil density in crop rotation // *Crop Husbandry*. 2015. No. 5. P. 16–18.
3. Osseniy N. G., Ilyin A. V., Veselova L. S. Prospects for the development of organic farming in the Republic of Crimea // *Izvestia Orenburg Stat Agrarian University*. 2017. No. 3 (65). P. 11–13.
4. Kiryushin V. I. On the Belgorod model of agricultural modernization and agricultural biologization // *Farming*. 2013. No. 1. P. 3–6.
5. Schmidt R., Gravuer K., Bossange A. V., Mitchell J., Scow K. Long-term use of cover crops and no-till shift soil microbial community life strategies in agricultural soil // *Plos one*. 2018. P. 1–19. [Electronic resource]. DOI:org/10.1371/journal.pone.0192953 (reference's date 04.12.2018).
6. Favaz M. N. Reveling the ecological role of gemmatimonadetes through cultivation and molecular analysis of agricultural soils: master's thesis. University of Tennessee. 2013. 113 p. [Electronic resource]. Access point: https://trace.tennessee.edu/utk_gradthes/1652 (reference's date 04.12.2018).
7. Mathew R. P., Feng Y., Githinji L., Ankumah R., Balkcom K. S. Impact of no-tillage and conventional tillagesystems on soil microbial communities // *Applied and Environmental Soil Science*. 2012. Vol. 2012. 10 p. [Electronic resource]. DOI:org/10.1155/2012/548620 (reference's date 04.12.2018).
8. Tikhonovich I. A., Provorov N. A. Microbiology is the basis of sustainable agriculture: an opinion // *Annals of Applied Biology*. 2011. Vol. 159. No. 2. P. 155–168.
9. Choudhary M., Sharma P. C., Jat H. S., Dash A., Rajashekar B., McDonald A. J., Jat M. L. Soil bacterial diversity under conservation agriculture-based cereal systems in Indo-Gangetic Plains // *3 Biotech*. 2018. Vol. 8. No. 7. P. 304. [Electronic resource]. DOI: 10.1007/s13205-018-1317-9 (reference's date 04.12.2018).
10. Bulgarelli D., Schlaeppi K., Spaepen S., Ver Loren Van Themaat E., Schulze-Lefert P. Structure and functions of the bacterial microbiota of plants // *Annu. Rev. Plant Biol.* 2013. Vol. 64. P. 807–838. [Electronic resource]. DOI: 10.1146/annurev-arplant-050312-120106 (reference's date 04.12.2018).
11. The main achievements and prospects of soil metagenomics // Ed. by Pershina E. V., Kutovaya O. V., Kogut B. M., Andronov E. E. Saint-Petersburg: Inform Navigator, 2017. 288 p.
12. Feng G., Xie T., Wang X., Bai J., Tang L., Zhao H., Wei W., Wang M., Zhao Y. Metagenomic analysis of microbial community and function involved in cd-contaminated soil // *BMC Microbiology*. 2018. P. 1–13. [Electronic resource]. DOI: org/10.1186/s12866-018-1152-5 (reference's date 04.12.2018).
13. Fierer N., Leff J. W., Adams B. J., Nielsen U. N., Bates S. T., Lauber C. L., Owens S., Gilbert J. A., Wall D. H., Caporaso J. G. Cross-biome metagenomic analyses of soil microbial communities and their functional attributes // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2012. Vol. 109. No. 52. P. 21390–21395. [Electronic resource]. DOI: org/10.1073/pnas.1215210110 (reference's date 04.12.2018).
14. Sviridova O. V., Vorobyov N. I., Provorov N. A., Orlova O. V., Rusakova I. V., Andronov E. E., Pishchik V. N., Popov A. A., Kruglov Y. V. The alignment of soil's conditions for plant's development during microbial destruction of plant's residues by microbial preparations. *Biology agricultural*. 2016. Vol. 51. No. 5. P. 664–672. [Electronic resource]. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.664rus (reference's date 04.12.2018).
15. Chirak E. L., Pershina E. V., Dolnik A. S., Kutovaya O. V., Vasilenko E. S., Kogut B. M., Merzlyakova Ya. V., Andronov E. E. Taxonomic structure of microbial communities in soils of various types according to high-throughput sequencing of the 16S-rRNA gene libraries // *Agricultural Biology*. 2013. No. 3. P. 100–109.
16. Pashtetsky V. S. Scientific basis for the optimization of agricultural landscapes and efficient agricultural production of the Republic of Crimea. Simferopol: Publishing house “Arial”, 2015. 276 p.
17. Andronov E. E., Pinaev A. G., Pershina E. V. DNA extraction from soil samples. Saint-Petersburg: Publishing house “Venta Association”, 2011. 27 p.
18. Bates S. T., Berg-Lyons D., Caporaso J. G., Walters W. A., Knight R., Fierer N. Examining the global distribution of dominant archaeal populations in soil // *ISME J*. 2010. Vol. 5. P. 908–917.
19. Grüning B., Dale R., Sjödin A., Chapman B.A., Rowe J., Tomkins-Tinch C.H., Valieris R., the Bioconda Team, Köster J. Bioconda: Sustainable and Comprehensive Software Distribution for the Life Sciences // *Nature Methods*. 2018. Vol. 15. P. 475–476.
20. Caporaso J. G., Kuczynski J., Stombaugh J., Bittinger K., Bushman F. D., Costello E. K., Fierer N., Pena A. G., Goodrich J. K., Gordon J. I., Huttley G. A., Kelley S. T., Knights D., Koenig J. E., Ley R. E., Lozupone C. A., McDonald D., Muegge B. D., Pirrung M., Reeder J., Sevinsky J. R., Turnbaugh P.J., Walters W. A., Widmann J., Yatsunencko T., Zaneveld J., Knight R. QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data // *Nature methods*. 2010. Vol. 7. No. 5. P. 335. [Electronic resource]. DOI: 10.1038/nmeth.f.303 (reference's date 04.12.2018).
21. Hammer O., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // *Palaeontologia Electronica*. 2001. Vol. 4. No. 1. 9 p.
22. Melnichuk T. N., Yegovtseva A. Yu., Gongalo A. A., Abdurashytova E. R., Abdurashitov S. F., Zhenchenko K. G. Influence of the complex of microbial preparation on the numbers of microorganisms in the pea rhizosphere. // *Izvestia Orenburg Stat Agrarian University*. 2017. No. 4 (66). P. 235–237.

23. Pajares S., Campo J., Bohannan B. J. M., Etchevers J. D. Environmental controls on soil microbial communities in a seasonally dry tropical forest // *Appl. Environ. Microbiol.* 2018. Vol. 84. No. 17. [Electronic resource]. DOI: 10.1128/AEM.00342-18 (reference's date 04.12.2018).
24. Manucharova N. A., Vlasenko A. N., Menko E. V., Zvyagintsev D. G. Specificity of the chitinolytic microbial complex in soils incubated at different temperatures // *Microbiology.* 2011. Vol. 80. No. 2. P. 219–229.
25. Kielak A. M., Barreto C. C., Kowalchuk G. A., Van Veen J. A., Kuramae E. E. The ecology of Acidobacteria: moving beyond genes and genomes // *Frontiers in Microbiology.* Vol. 7. 2016. 744 p. [Electronic resource]. DOI: 10.3389/fmicb.2016.00744 (reference's date 04.12.2018).
26. Ivanova A. A., Philippov D. A., Kulichevskaya I. S., Dedysh S. N. Distinct diversity patterns of Planctomycetes associated with the freshwater macrophyte *Nuphar lutea* (L.) Smith // *Antonie van Leeuwenhoek.* 2018. Vol. 111. No. 6. P. 811–823.
27. Constancias F., Saby N. P. A., Terrat S., Dequiedt S., Horrigue W., Nowak V., Guillemin J. P., Biju Duval L., Prevost-Bour C. N., Ranjard L. Contrasting spatial patterns and ecological attributes of soil bacterial and archaeal taxa across a landscape // *Microbiology Open.* 2015. Vol. 4. No. 3. P. 518–531.
28. Hartmann M., Frey B., Mayer J., Mäder P., Widmer F. Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming // *The ISME journal.* 2015. Vol. 9. No. 5. 1177 p.
29. Navarrete A. A., Soares T., Rossetto R., Van Veen J. A., Tsai S. M., Kura E. E. Verrucomicrobial community structure and abundance as indicators for changes in chemical factors linked to soil fertility // *Antonie van Leeuwenhoek.* 2015. Vol. 108. No. 3. P. 741–752.

UDC 631.461: 579.64

Melnichuk T. N., Abdurashytov S. F., Andronov E. E., Egovtseva A. Yu.,
Abdurashytova E. R., Gongalo A. A., Turin E. N., Zubochenko A. A.

CHANGES IN THE COMPOSITION OF THE SOUTHERN CHERNOZEMS SOIL MICROBIOME UNDER THE INFLUENCE OF FARMING SYSTEMS AND MICROBIAL PREPARATIONS

Summary. *The orientation of farming systems to resource conservation has been noted. Currently, the development of direct sowing (No-till) in the Steppe zone provides stable crop yield at minimum cost. The soil microbiome is sensitive to the effects of various factors including farming systems, which determine the activity and direction of biological processes in agrocenoses. The use of the metagenomic approach in research allows expanding our knowledge of the taxonomic structure of soil microbiomes under agrogenic effects on them. The purpose of the research was to study the taxonomic structure of the soil microbiome of southern chernozems under different farming systems (traditional and direct sowing) and use of complex of microbial preparations in comparison with virgin soil. Investigations were carried out in 2018 in the stationary experiment to study the effect of microbial preparations under the conditions of traditional farming system and direct seeding (No-till). Changes in the taxonomic structure of southern chernozem under the influence of complex of microbial preparations under the conditions of the traditional farming system and direct seeding had been established. The increase in the representation among the dominant phyla Acidobacteria, Bacteroidetes, Proteobacteria and Verrucomicrobia in the agrocenosis and the decrease in Actinobacteria, Chloroflexi, Gemmatimonadetes and Planctomycetes in comparison with the virgin soil was noted. In the prokaryotic biome of the southern chernozem, 455 families had been identified. The maximum proportion of the Chthoniobacteraceae family (2.5 %) was observed under direct seeding and the use of microbial preparations contributed to its increase up to 3.0 %. This is an indicator of rich environment and favorable soil conditions, while under the traditional farming system the reduction was 2.2 and 3.5 times, respectively. The highest level of beta diversity was set under direct seeding. The Whittaker beta-diversity index decreased by 28.6 % under the traditional system compared to virgin soil and 1.7 times under No-till. The use of the complex of microbial preparations promoted its increase of 36.0 % under the conditions of the traditional system and decrease of 9.7 % under direct seeding.*

Keywords: *microbiome, high-throughput sequencing, 16S rRNA, southern chernozem (Chernozems), microbial complex, traditional farming system, direct seeding (No-till), virgin soil.*

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, старший 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: asuleyman83@rambler.ru.

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

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.

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.

Гонгало Анна Андреевна, научный сотрудник, аспирант лаборатории земледелия отдела интродукции технологий в полеводстве и животноводстве, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: gongalo.nyura@yandex.ru.

Турин Евгений Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории земледелия, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150, e-mail: turin_e@niishk.ru.

Зубоченко Алла Анатольевна, заведующий лабораторией агрохимических исследований ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: zubochenko_a@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.

Abdurashytov Suleiman Fevziyevich, Cand. Sc. (Biol.), senior 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: 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.

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.

Abdurashytova 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.

Gongalo Anna Andreevna, researcher of the Laboratory of agriculture of FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: gongalo.nyura@yandex.ru.

Turin Evgeniy Nikolaevich, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher of the Laboratory of agriculture, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: turin_e@niishk.ru.

Zubochenko Alla Anatolievna, head of the Laboratory of agrochemical research of FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: zubochenko_a@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 09.10.2018.

Дата принятия к печати – 11.11.2018.

DOI: 10.25637/TVAN2018.04.09.

УДК 631.461:579.64.

Мельничук Т. Н.¹, Еговцева А. Ю.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

АССОЦИАТИВНЫЕ БАКТЕРИИ К *TRITICUM AESTIVUM* L. ЧЕРНОЗЕМОВ ЮЖНОГО И ОБЫКНОВЕННОГО

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

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной
микробиологии»

Реферат. В настоящее время перспективным направлением исследований является разработка ризосферных биотехнологий с использованием ассоциативных бактерий к конкретному виду растений, которые позволяют повысить их продуктивный потенциал и качество продукции, что способствует повышению устойчивости агроэкосистем и сохранению окружающей среды. Цель исследований – изучение микробиома ризосферы пшеницы мягкой и штаммов ассоциативных бактерий, выделенных с различных сортов, выращенных в условиях чернозема южного и чернозема обыкновенного. Исследования проводили в условиях 2018 г. на трех сортах пшеницы озимой (*Triticum aestivum* L.) Багира, Лидия и Ермак. В процессе исследований использованы современные подходы изучения таксономической структуры ризосферного микробиома с использованием высокопроизводительного секвенирования библиотек гена 16S рРНК. Доминировали среди прокариот чернозема южного представители 10 фил, доля которых составила более 1 %. Домен археи представлен *Crenarchaeota*, бактерии – *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Chloroflexi*, *Firmicutes*, *Gemmatimonadetes*, *Planctomycetes*, *Proteobacteria* и *Verrucomicrobia*. Выявлены представители неатрибутируемого домена прокариот, доля которого в образцах чернозёмов составляла 2,4–4,0 %. Наиболее высокой долей у исследуемых сортов отмечена фила *Proteobacteria*, при этом разница по почвам незначительна (Багира – 25,5–27,3 %, Ермак – 24,3–29,1 %, Лидия – 23,7–26,1 %). Пять новых штаммов ассоциативных бактерий пшеницы, идентифицированных методом секвенирования гена 16S рРНК, принадлежали к пяти видам из различных таксономических групп и показали различную эффективность на черноземах южном и обыкновенном. Штаммы *Bacillus* sp. B5 и *Agrobacterium tumefaciens* R1 обеспечили прирост биомассы побега сорта Багира в условиях чернозема обыкновенного 0,10 г (48 %) и 0,13 г (62 %) соответственно, по сравнению с контролем (0,21 г). Таким образом, определены изменения таксономического состава микробиома черноземов южного и обыкновенного ризосферы трех сортов пшеницы под влиянием, как сорта, так и почвенно-климатических условий его выращивания. Выделено пять штаммов ассоциативных бактерий, перспективных для дальнейшей биотехнологии ризосферы агроценозов.

Ключевые слова: ассоциативные бактерии, *Triticum aestivum* L., чернозем южный, чернозем обыкновенный.

Введение

Важной экологической нишей для почвенных микроорганизмов, вступающих во взаимодействие с растениями, является ризосфера. Растения в процессе своей жизнедеятельности способны выделять различные органические вещества в больших количествах, что может составлять более 30 % продуктов фотосинтеза. Так, размер сезонной корневой экссудации растениями пшеницы может находиться в пределах 6–10 т/га органического вещества [1]. Корневые экссудаты являются не только

источником питательных веществ для микроорганизмов, но и выполняют роль сигнальных и регуляторных молекул при их взаимодействии с растениями.

На формирование микробоценоза ризосферы и его разнообразие влияет ряд факторов, среди которых как наиболее существенные выделяют почвенный и растительный [2–4].

Ассоциативные микроорганизмы, обитая в почве ризосферы и используя как трофическую основу корневые экссудаты, формируют на корнях сложные по таксономическому составу и структурно-функциональной организации сообщества, которые оказывают на растения полифункциональное воздействие. В свою очередь, ассоциативные микроорганизмы способны обеспечивать растения доступными формами питательных веществ, стимулировать их рост и развитие, повышать адаптивный потенциал к стресс-факторам окружающей среды [5–7].

В настоящее время перспективным направлением исследований является разработка ризосферных биотехнологий с использованием ассоциативных бактерий к конкретному виду растений, которые позволяют повысить их продуктивный потенциал и качество продукции, что способствует повышению устойчивости агроэкосистем и сохранению окружающей среды.

Цель исследований – изучение микробиома ризосферы пшеницы мягкой и штаммов ассоциативных бактерий, выделенных с различных сортов, выращенных в условиях чернозема южного и чернозема обыкновенного.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в условиях 2018 г. на трех сортах пшеницы озимой *Triticum aestivum* L. Сорт Лидия, селекции АНЦ «Донской», относится к среднеранним сортам и обладает высокой устойчивостью к полеганию. Высокопродуктивный сорт, устойчивый к поражению бурой ржавчиной и пыльной головней, с повышенным уровнем засухоустойчивости и морозостойкости. Сорт Багира, оригинатором которого является Ставропольский НИИСХ, устойчив к поражению бурой ржавчиной и мучнистой росой, умеренно устойчив к септориозу, умеренно восприимчив к фузариозу колоса. Среднезимостойкий сорт, имеет выше средней устойчивость к полеганию и засухе. Сорт Ермак выведен в АНЦ «Донской», устойчив к бурой ржавчине, средневосприимчив к мучнистой росе, слабовосприимчив к пыльной головне. Сорт отличается высокой засухоустойчивостью, зимостойкость выше средней.

Отборы растений, выращенных после черного пара в черноземе (Chernozems) южном предгорной зоны, с. Крымская роза (45°02'18''N 34°22'09''E) и степной зоны Крыма, с. Клепинино (45°31'37''N 34°09'41''E), черноземе обыкновенном Ростовской области, г. Зерноград (46°51'40''N 40°17'05''E) и Ставропольского края, г. Михайловск (45°07'22''N 42°04'22''E) проводили в фазу выхода в трубку.

Чернозем южный степной зоны Крыма слабо гумусированный, развит 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 фосфора, 42 мг калия. Реакция почвенного раствора в верхнем горизонте слабощелочная (pH 7,7–7,9).

Климат степной зоны засушливый, гидротермический коэффициент (ГТК) составляет 0,7, умеренно жаркий, с умеренно мягкой зимой. Среднегодовая температура воздуха 9,7–10,5 °С. В июле в полдень температура повышается до 28,9–30,2 °С, а в некоторые годы – до 40–42 °С. Средний минимум годовых температур составляет от –19 до –23 °С. Зимой возможно понижение температуры до –31 °С. Вегетационная оттепель вероятна в 35 % зим. Период без заморозков – 171 день.

Сумма температур выше 10 °С достигает 3280 °С. Годовая сумма осадков – 435 мм, из них в период активной вегетации выпадает 285 мм. Годовая испаряемость – 843 мм. Преобладают восточные (22 %) и северо-восточные (20 %) ветры. Сильный ветер бывает 28–30 дней в году. Количество дней с суховеями – 10–19. Вероятность засух для большей части территории составляет 40–50 % лет [8].

Почва предгорной зоны – южный тяжелосуглинистый карбонатный чернозём, типичный для зоны, рН – 7,0–7,2, содержание гумуса в пахотном слое – 2,7–3,0 %, общего азота – 0,12 %, общего фосфора – 0,10 %, калия – 1,0 %; суммы поглощенных оснований – 27–32 мг/100 г абсолютно сухой почвы. Мощность гумусового горизонта достигает 35–60 см. Климат полузасушливый (ГТК – 0,89), теплый, с умеренно теплой и мягкой зимой. Средняя годовая температура воздуха – 9,8–8,5 °С. Максимальная температура летом достигает 26–28 °С, в отдельные годы – 34–40 °С. Средний из абсолютных годовых минимумов температуры – 11–18 °С. Безморозный период длится 184–238 дней. Годовая сумма осадков – 505 мм, испаряемость – 830 мм. Холодный период длится около 66 дней – с 25 декабря по 1 марта. Вегетационная оттепель характерна для 35–45 % зим. На территории региона преобладают ветры северо-восточного и юго-восточного направлений. Засухи бывают редко [8].

Почва опытных участков Ростовской области (г. Зерноград) – чернозём обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый мощный, обладающий значительной порозностью, аэрацией, газообменом, водопроницаемостью и влагоемкостью. Для почвы характерна высокая карбонатность (до 2,5–4,0 % CaO₃ в пахотном слое). Содержание гумуса – 3,6–4,0 %, подвижного фосфора – в пределах 20–23 мг/кг, обменного калия – 300–380 мг/кг почвы.

Климат района исследований континентальный, характеризуется полузасушливым жарким летом и умеренно мягкой зимой. Среднемноголетнее количество осадков составляет 544,6 мм с большими годовыми колебаниями – от 362 мм в 2007 г. до 786 мм в 1980 г. Две трети годовых осадков выпадает в период вегетации и носят ливневый характер. Сумма активных температур за период вегетации превышает 2800 °С. Средняя многолетняя температура воздуха составляет 9,7 °С. Гидротермический коэффициент – 0,80–0,85 (слабая степень засухи). С апреля по октябрь отмечается 60–65 суховейных дней. Продолжительность безморозного периода составляет 180–200 дней. Зима умеренно холодная, с оттепелями (25–30 дней), малоснежная с неустойчивым снежным покровом (высотой от 2 до 25 см). Среднесуточная температура воздуха в самом холодном месяце январе составляет –5 °С. Максимальное промерзание почвы достигает 20–40 см. Лето жаркое и сухое с максимальной температурой воздуха в отдельные дни до 35–45 °С, а на поверхности почвы до 45–65 °С. Средняя температура воздуха самого жаркого месяца июля составляет 22–24 °С [9].

Почва опытного участка Ставропольского края (г. Михайловск) – чернозём обыкновенный мощный малогумусный тяжелосуглинистый, сформированный на карбонатных лессовидных суглинках Центрального Предкавказья. Содержание гумуса в пахотном слое почвы 4,45 %, общего азота – 0,25 %, валового фосфора – 0,12 % подвижного фосфора и обменного калия соответственно 17 и 210 мг/кг почвы, рН – 7,3–7,5.

Климат опытного участка умеренно жаркий с умеренно мягкой зимой. Увлажнение неустойчивое, за год выпадает 450–550 мм осадков. Сумма активных температур за период вегетации – 3200–3400 °С. Гидротермический коэффициент – 0,9–1,1. Начало лета приходится на 10–16 мая. Среднемесячная температура июля – 22–24 °С. Максимальные температуры могут достигать 41–42 °С. Во время активной

вегетации выпадает 300–350 мм осадков. Число дней с суховеями – 60–80. Осенние заморозки наблюдаются с 15–20 октября, а в отдельные годы и в середине сентября. Продолжительность безморозного периода – 180–195 дней. Переход температуры через 0 °С (начало зимы) приходится на 3–5 декабря. Средняя месячная температура января составляет –3 (–5) °С, минимальная – –32 °С. Снежный покров неустойчив, высотой около 10 см, в отдельные годы достигает 80 см. Весна обычно наступает 7–9 марта. Весенние заморозки заканчиваются в середине апреля, а наиболее поздние могут быть в конце мая [10].

В процессе исследований использованы современные подходы изучения структуры ризосферного микробиома с использованием высокопроизводительного секвенирования библиотек гена 16S рРНК (таксономический анализ). Для этого выделена тотальная ДНК из почвенных образцов с помощью набора PowerSoil DNA Isolation Kit (Mo-Bio), на приборе Vortex Genee–2 (Mo-bio) по протоколу производителя. Очистку ДНК проводили электрофоретически с последующей экстракцией из агарозного геля [11]. Секвенирование проведено с помощью MySeq (Illumina). Использован таксономический и статистический анализ полученных результатов с использованием программных пакетов Bioconda [12], QIIME [13], PAST3 [14] и доступных интернет-ресурсов.

С целью ускорения селекционного процесса использован методический подход, который позволяет проводить общий отбор ассоциативных микроорганизмов для конкретных видов растений [15]. Использовали для выращивания растений системы сосудов Леонарда, обеспечивающие получение апикальной части корня, свободной от субстрата. Эта часть корня заселяется теми микроорганизмами, которые самостоятельно или во взаимодействии с другими способны ассоциироваться с корневой системой данного вида растения. А так как микроорганизмы и растение находятся во взаимодействии и взаимовлиянии друг на друга, создаются условия накопительной культуры микроорганизмов при селективном влиянии корневых экссудатов.

Результаты и их обсуждение

Ранее полученные данные по численности микроорганизмов основных эколого-трофических групп чернозема южного ризосферы *Triticum aestivum* предгорной и степной зоны показали среднюю и богатую степень обогащённости микроорганизмами, трансформирующими преимущественно органические соединения азота, среднюю – амилोलитиками. Степень обогащённости этих образцов автохтонной микробиотой, представленной олиготрофами и педотрофами, оценена как бедная и средняя [16].

Изменения состава микробных сообществ ризосферы вызывает тип почвы, вид растения и сорт [17, 18]. Результаты метагеномного анализа наших исследований также подтверждают влияние как сорта пшеницы, так и почвенно-климатических условий его выращивания на микробоценоз ризосферы. Доминировали среди прокариот чернозема южного представители 10 фил, доля которых составила более 1 %. Домен археи представлен *Crenarchaeota*, бактерии – *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Chloroflexi*, *Firmicutes*, *Gemmatimonadetes*, *Planctomycetes*, *Proteobacteria* и *Verrucomicrobia* (рисунок 1). Наряду с присутствием определённых фил выявлены представители неатрибутируемого домена прокариот, доля которого в образцах чернозёмов составляла 2,4–4,0 %. Наиболее высокая доля исследуемых сортов отмечена из филы *Proteobacteria*, при этом разница по почвам незначительна (Багира – 25,5–27,3 %, Ермак – 24,3–29,1 %, Лидия – 23,7–26,1 %).

Наиболее высокая доля представителей этих фил (кроме *Bacteroidetes*, *Chloroflexi* и *Proteobacteria*) и неатрибутируемого домена отмечена в чернозёме

южном степной зоны ризосферы сорта Лидия. Доля представителей *Bacteroidetes* отмечена максимальной в чернозёме обыкновенном (21,4 %) и близкой к предгорной зоне (20,3 %), тогда как в зоне степи она была меньше в 1,5 раза. В ризосфере сорта Ермак доля представителей этой филы в чернозёме обыкновенном составила 22,2 %, что больше в 1,4 раза чернозема южного Степи.

Среди минорных фил более высокие проценты доли отмечены в чернозёме обыкновенном и черноземе южном предгорной зоны. Например, доля представителей *Cyanobacteria* в чернозёме обыкновенном ризосферы сортов Лидия и Ермак составила соответственно 2,2 и 1,7 %, что в 2,3 и 1,8 раза выше, чем в черноземе южном предгорной зоны и в 5,2 и 4,1 раза в степи. Развитие автотрофных групп микроорганизмов может указывать на высокий уровень функционального разнообразия, ведущего к диверсификации экологических ниш [2].

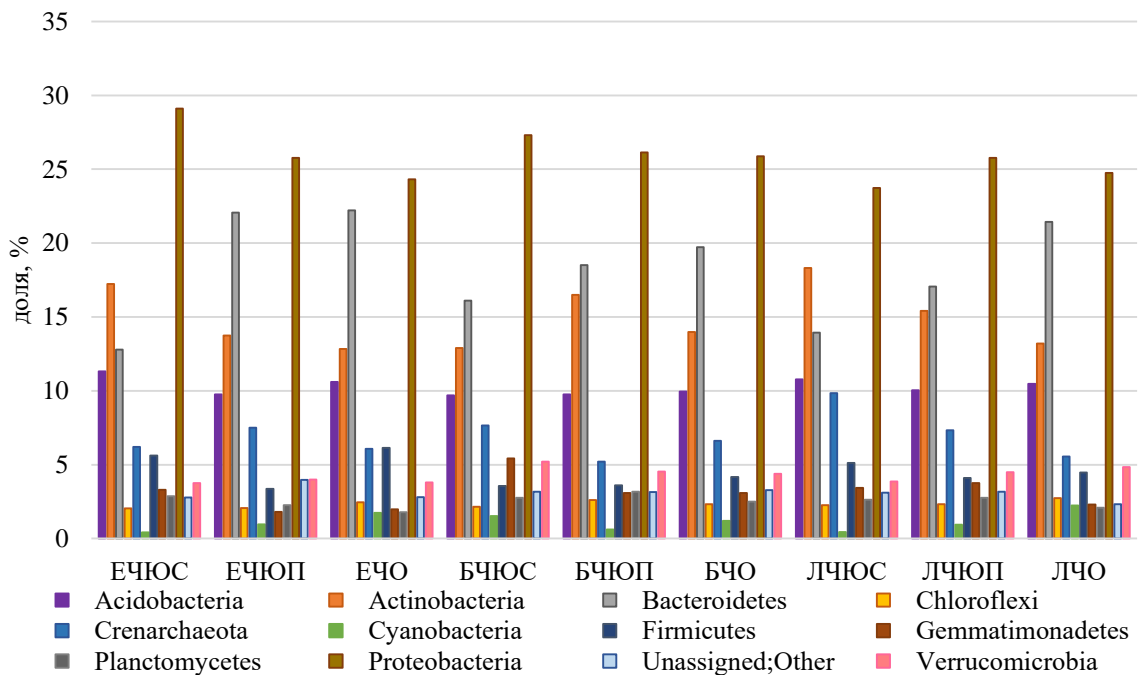


Рисунок 1 – Таксономическая структура мажорных компонентов на уровне фил прокариотного биома ризосферы сортов пшеницы, выращенных на различных типах чернозема

Примечание. Е – сорт Ермак, Б – сорт Багира, Л – сорт Лидия. ЧЮ – чернозем южный, С – чернозем степной зоны, П – чернозем предгорной зоны, ЧО – чернозём обыкновенный. NA – неатрибутированные рода, Other – другие последовательности, числовое значение при NA и Other – номер по порядку всех определенных ОТЕ (операционных таксономических единиц) в данном опыте.

Анализ ризосферы сорта Багира показал превышение доли *Crenarchaeota* (7,7 %) в 1,5 раза в черноземе южном степи над предгорной зоной и в 1,4 раза над чернозёмом обыкновенным. Здесь доля представителей филы *Bacteroidetes* отмечена максимальной также, как и у сортов Лидия и Ермак в чернозёме обыкновенном и составила 22,1 %, тогда как в зоне степи она была меньше в 1,4 раза. Напротив, наиболее высокая доля *Gemmatimonadetes* (5,4 %) отмечена в чернозёме южном степи, что в 3,2 раза больше, чем в чернозёме обыкновенном. Чернозём южный предгорной зоны отличался высокой долей *Planctomycetes*, составившей 3,2 %, что в 2,1 раза выше чернозема обыкновенного. Противоположные показатели представленности филы *Cyanobacteria* сортам Лидия и Ермак отмечены в ризосфере сорта Багира. Максимальная среди почвенных образцов доля их в чернозёме южном

Степи составила 1,5 %, что в 2,5 раза выше предгорной зоны и в 1,5 раза чернозема обыкновенного.

Фила *Actinobacteria* имеет большую долю в микробиомах почв сухого и теплого климата [19], что объясняется приспособленностью его представителей к сухим условиям [20]. В условиях степи, где ГТК самый низкий, их доля была выше, чем в других образцах, за исключением сорта Багира.

Фила *Firmicutes* в пахотных почвах представлена бактериями, способными разлагать сложные органические вещества [21]. Доля представителей данной филы у сорта Лидия не имела больших отличий в зависимости от условий выращивания и находилась в пределах от 4,5 % (чернозем обыкновенный) до 5,1 % (чернозем южный степи). В ризосфере сортов Багира и Ермак её показатели были максимальными в чернозёме обыкновенном 5,8 и 6,1 % соответственно, что в 1,6 и 1,8 раз выше чернозема южного предгорной зоны.

С апикальной части корня озимой пшеница мягкой сорта Багира, выращенной на черноземе южном степной зоны Крыма, выделено девять морфотипов микроорганизмов. Частота встречаемости морфотипов варьировала от 17 до 100 % и их обилие – от 0,1 до 31 %. У сорта Ермак выделено 14 морфотипов с таким же диапазоном частоты встречаемости и обилием в пределах 0,3–33 %. Следует отметить, что количество ассоциативных бактерий у этого сорта было максимальным, как и ризосферных микроорганизмов [16]. Минимальное количество морфотипов выделено с апикальной части корня пшеницы сорта Лидия. Пять морфотипов имели как высокую частоту встречаемости (83–100 %), так и обилие (10–35 %).

Проведена работа по очистке штаммов и их первичный скрининг в лабораторных условиях на проростках и вегетационных опытах на растениях пшеницы, который позволил выделить пять наиболее эффективных штаммов.

Изолированные из апикальной части корней пшеницы штаммы идентифицированы методом секвенирования гена 16S рРНК и принадлежали к видам из различных таксономических групп (таблица 1).

Метагеномный анализ ризосферы на представленность родов, которым соответствуют выделенные штаммы, показал наиболее высокую долю у рода *Bacillus* (1,24–2,89 %) (рисунок 2). У сортов Лидия и Ермак её максимальный показатель отмечен в чернозёме южном степной зоны, у сорта Багира в чернозёме обыкновенном. Доля рода *Pseudomonas* находилась в пределах 0,1–0,65 %. У сортов Ермак и Багира она была наиболее высокой в чернозёме южном степи, а у сорта Лидия – предгорной зоны. Представленность родов *Paenarthrobacter* и *Agrobacterium* была ещё на порядок ниже, а *Sinorhizobium* – на два-три порядка. Установлены различия в структуре микробиома в зависимости от сорта и условий выращивания.

Известно, что генотип растения может влиять на состав, таксономическую структуру микробиоценоза ризосферы и на показатели альфа- и бета- разнообразия сообщества [22, 23]. Анализ альфа-разнообразия различных почв показал богатство видового состава ризосферы сорта Багира в предгорной зоне чернозема южного, о чем свидетельствует более высокие (4,84) показатели индекса Шеннона (таблица 2). Индекс бета-разнообразия Уиттакера на сорте Багира изменялся в зависимости от мест отбора, и имел наибольшие показатели на черноземе обыкновенном и южном Предгорья.

В целом, на уровне рода установлены изменения структуры ризосферы пшеницы, которые зависели от влияния почвенно-климатических условий и генотипа растений, что подтверждено статистическим анализом главных компонент микробиома (рисунок 3).

Таблица 1 – Идентификация штаммов, выделенных из апикальной части корней пшеницы

Штамм	Ближайший гомолог в ГенБанке	Уровень гомологии, %	Семейство	Класс	Фила
<i>Bacillus sp.</i> B5 [MH443749]	<i>Bacillus thuringiensis</i> ZLynn500-22 [KY316414.1]	99	<i>Bacillaceae</i>	<i>Bacilli</i>	<i>Firmicutes</i>
<i>Pseudarthrobacter oxydans</i> St1 [MH443750.1]	<i>Arthrobacter oxydans</i> Z1659 [EU086826.1]	99	<i>Micrococcaceae</i>	<i>Actinobacteria</i>	<i>Actinobacteria</i>
<i>Paenarthrobacter nitroguajacolicus</i> M3 [MH443746]	<i>Paenarthrobacter nitroguajacolicus</i> BF-R19 [KY292435.1]	99			
<i>Paenarthrobacter nitroguajacolicus</i> L1 [MH443747]	<i>Paenarthrobacter nitroguajacolicus</i> G2-1 [NR_027199.1]	99			
<i>Sinorhizobium meliloti</i> B2 [MH443743]	<i>Sinorhizobium meliloti</i> LCK12 [KU753918.1]	99	<i>Rhizobiaceae</i>	<i>Alpha-proteobacteria</i>	<i>Proteobacteria</i>
<i>Agrobacterium tumefaciens</i> R1 [MH443751]	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> HAMB1 105 [LT899998.1]	99			
<i>Agrobacterium tumefaciens</i> P3 [MH443752]	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> 12D1 [CP033032.1]	100			
<i>Pseudomonas koreensis</i> V4 [MH443744]	<i>Pseudomonas koreensis</i> D26 [CP014947.1]	99	<i>Pseudomonadaceae</i>	<i>Gamma-proteobacteria</i> <i>a</i>	<i>Proteobacteria</i>
<i>Pseudomonas fluorescens</i> P4 [MH443745]	<i>Pseudomonas fluorescens</i> 90F12-2 [KT695840.1]	99			

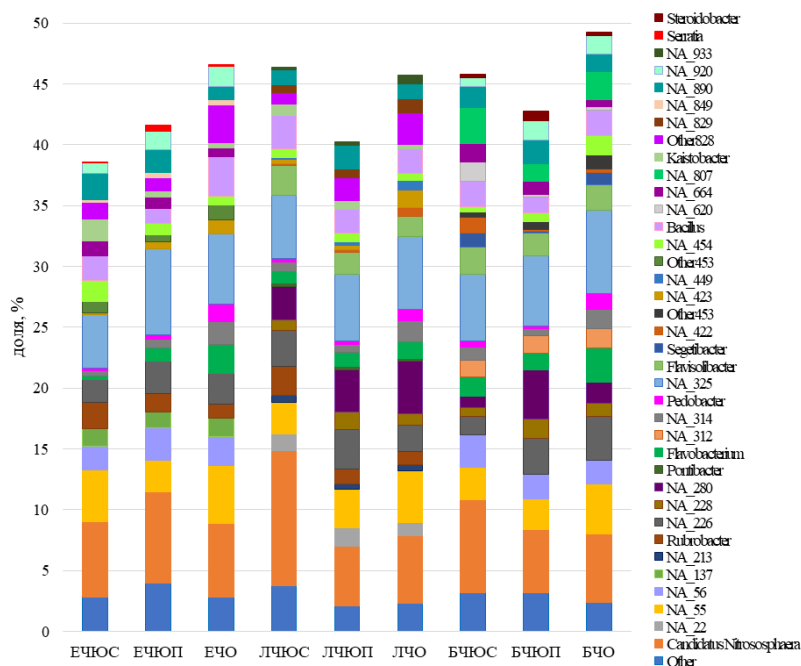


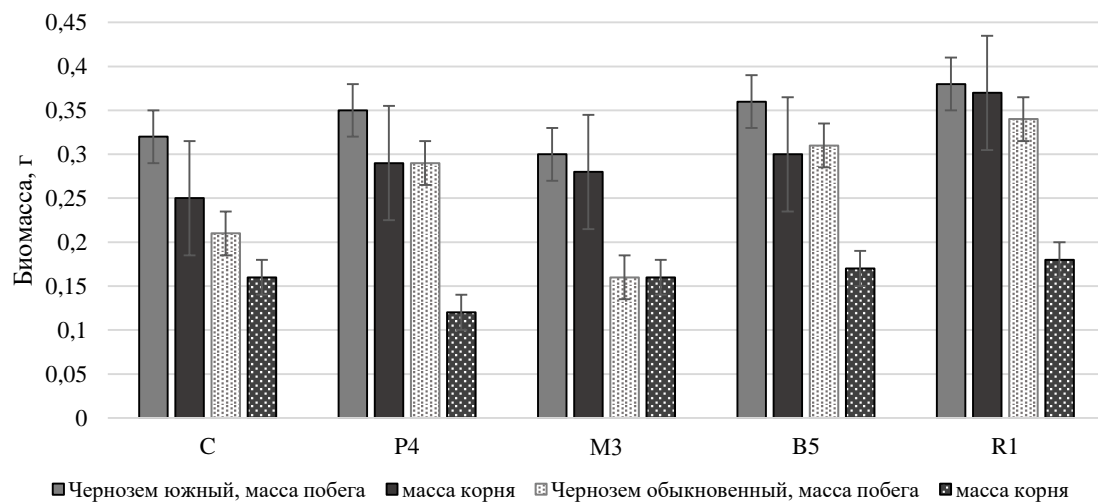
Рисунок 2 – Таксономическая структура (на уровне рода) микробиома ризосферы сортов пшеницы, выращенных на различных типах чернозема

Примечание. Е – сорт Ермак, Б – сорт Багира, Л – сорт Лидия. ЧЮ – чернозем южный, С – чернозем степной зоны, П – чернозем предгорной зоны, ЧО – чернозем обыкновенный. NA – неатрибутированные рода, Other – другие последовательности, числовое значение при NA и Other – номер по порядку всех определенных нами ОТЕ в данном опыте.

Таблица 2 – Значения индексов биоразнообразия в ризосфере сортов пшеницы, выращенных на различных черноземах (на уровне рода)

Индекс	Сорт пшеницы	Подтип чернозема		
		южный степи	южный предгорья	обыкновенный
Фишера	Багира	47,7 ± 1,3	50,6 ± 3,9	45,6 ± 2,8
	Лидия	52,0 ± 4,1	46,9 ± 4,3	45,1 ± 3,3
	Ермак	49,2 ± 3,2	51,1 ± 2,2	47,9 ± 3,7
Шеннона	Багира	4,72 ± 0,06	4,84 ± 0,04	4,71 ± 0,03
	Лидия	4,66 ± 0,10	4,74 ± 0,09	4,71 ± 0,03
	Ермак	4,78 ± 0,07	4,67 ± 0,04	4,61 ± 0,04
Маргалефа	Багира	34,3 ± 0,9	36,1 ± 2,5	32,9 ± 1,8
	Лидия	37,0 ± 2,7	33,8 ± 2,8	32,6 ± 2,2
	Ермак	35,3 ± 2,1	36,5 ± 1,4	34,4 ± 2,4
Выравненность	Багира	0,24 ± 0,02	0,26 ± 0,01	0,24 ± 0,02
	Лидия	0,21 ± 0,04	0,25 ± 0,03	0,25 ± 0,02
	Ермак	0,25 ± 0,03	0,21 ± 0,01	0,22 ± 0,03
Уиттакера	Багира	0,35	0,39	0,40
	Лидия	0,39	0,39	0,39
	Ермак	0,37	0,34	0,39
Количество таксонов	Багира	474,3 ± 12,0	500,0 ± 35,0	455,8 ± 25,0
	Лидия	512,8 ± 31,6	467,5 ± 33,0	451,5 ± 24,8
	Ермак	488,0 ± 28,4	504,8 ± 19,2	475,8 ± 33,1

Выделенные штаммы ассоциативных бактерий пшеницы показали различную эффективность на сортах при выращивании на черноземах южном и обыкновенном (рисунки 3–5). В условиях чернозема обыкновенного большинство исследованных штаммов положительно влияли на развитие растений сортов Багира и Лидия. Штаммы *Bacillus* sp. B5 и R1 обеспечили прирост биомассы сухого побега на 0,10 г (48 %) и 0,13 г (62 %) соответственно, по сравнению с контролем (0,21 г). Увеличение биомассы побега пшеницы сорта Лидия от 0,18 г (контроль) на 0,17 г (94 %) установлено при инокуляции штаммом M3 и на 0,13 (72 %) – L1. Обработка штаммом P3 способствовала возрастанию как побега на 0,14 (78 %), так и сухого корня на 0,06 г (50 %). Положительного влияния штаммов на все сорта в черноземе обыкновенном, как и на сорт Ермак в обеих почвах, не установлено.

Рисунок 3 – Влияние штаммов ассоциативных бактерий к *T. aestivum* сорта Багира на развитие растений

Примечание. C – контроль, P4 – *Pseudomonas fluorescens*, M3 – *Paenarthrobacter nitroguajacolicus*, B5 – *Bacillus* sp., R1 – *Agrobacterium tumefaciens*.

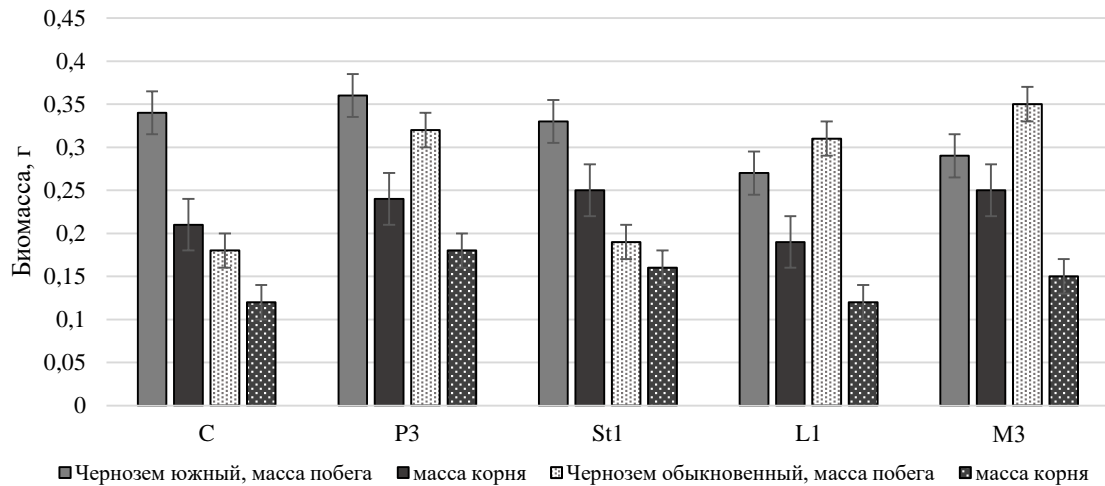


Рисунок 4 – Влияние штаммов ассоциативных бактерий к *T. aestivum* сорта Лидия на развитие растений

Примечание. C – контроль, P3 – *Agrobacterium tumefaciens*, St.1 – *Pseudarthrobacter oxydans*, M3 – *Paenarthrobacter nitroguajacolicus*, L1 – *Paenarthrobacter nitroguajacolicus*.

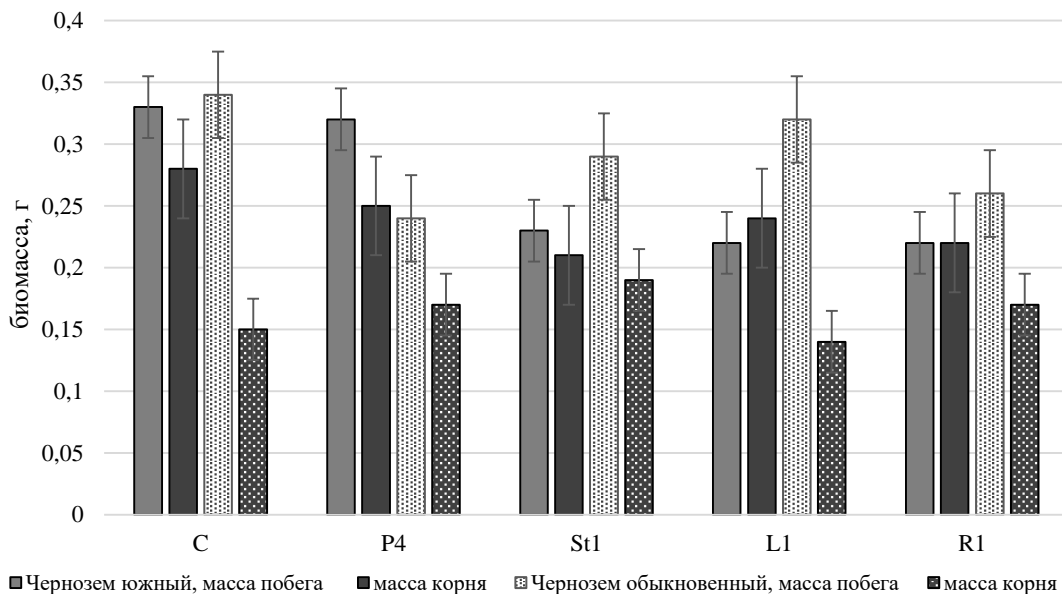


Рисунок 5 – Влияние штаммов ассоциативных бактерий к *T. aestivum* сорта Ермак на развитие растений

Примечание. C – контроль, P4 – *Pseudomonas fluorescens*, St.1 – *Pseudarthrobacter oxydans*, L1 – *Paenarthrobacter nitroguajacolicus*, R1 – *Agrobacterium tumefaciens*.

Выводы

Таким образом, определен таксономический состав микробиома черноземов южного и обыкновенного ризосферы трех сортов *T. aestivum*. Результаты метагеномного анализа показали влияние как сорта пшеницы, так и почвенно-климатических условий его выращивания на микробиоценоз ризосферы. Доминировали среди прокариот чернозема южного представители 10 фил, доля которых составила более 1 %. Домен археи представлен *Crenarchaeota*, бактерии – *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Chloroflexi*, *Firmicutes*, *Gemmatimonadetes*,

Planctomycetes, *Proteobacteria* и *Verrucomicrobia*. Выявлены представители неатрибутируемого домена прокариот, доля которого в образцах чернозёмов составляла 2,4–4,0 %. Наиболее высокой долей у исследуемых сортов, отмечена фила *Proteobacteria*, при этом разница по почвам незначительна (Багира – 25,5–27,3 %, Ермак – 24,3–29,1%, Лидия – 23,7–26,1 %).

Среди ассоциативных бактерий к *T. Aestivum* выделено пять штаммов, перспективных для дальнейшей биотехнологии ризосферы агроценозов пшеницы. Идентификация их методом секвенирования гена 16S рРНК показала принадлежность к пяти видам из различных таксономических групп. Установлена различная эффективность штаммов на черноземах южном и обыкновенном. Штаммы *Bacillus* sp. В5 и *Agrobacterium tumefaciens* R1 обеспечили прирост биомассы побега сорта Багира в условиях чернозема обыкновенного 0,10 г (48 %) и 0,13 г (62 %) соответственно, по сравнению с контролем (0,21 г).

Работа выполнена в рамках государственного задания фундаментальных исследований № 0834-2015-0005 и при поддержке гранта РФФИ А18-016-00197.

Литература

1. Шапошников А. И., Пухальский Я. В., Кравченко Л. В., Белимов А. А. Роль корневой экссудации в трофических взаимодействиях растений с ризосферными микроорганизмами. СПб.: Информ-Навигатор, 2016. 104 с.
2. Основные достижения и перспективы почвенной метагеномики // Под ред. Першиной Е. В., Кутовой О. В., Когут Б. М., Андронова Е. Е. СПб.: Информ-Навигатор, 2017. 288 с.
3. Bru D., Ramette A., Saby N. P., Dequiedt S., Ranjard L., Jolivet C., Arrouays D., Philippot L. Determinants of the distribution of nitrogen-cycling microbial communities at the landscape scale // ISME J. 2011. Vol. 5. No. 3. P. 532–42.
4. Huang X. F., Chaparro J. M., Reardon K. F., Zhang R., Shen Q., Vivanco J. M. Rhizosphere interactions: root exudates, microbes, and microbial communities // Botany. Vol. 92. No. 4. 2014. P. 267–275.
5. Дмитричева Д. С., Яппаров А. Х., Дегтярева И. А. Ризосферные аборигенные микроорганизмы, способствующие росту и развитию растений // Ученые записки КГАВМ имени Н. Э. Баумана. 2011. № 207. С. 186–190.
6. Wu L., Wu H. J., Qiao J., Gao X., Borriss R. Novel routes for improving biocontrol activity of bacillus based bioinoculants // Front. Microbiol. 2015. Vol. 6. P. 1–13.
7. Fahad S., Hussain S., Bano A., Saud S., Hassan S., Shan D., Khan F.A., Khan F., Chen Y., Wu C., Tabassum M. A., Chun M. X., Afzal M., Jan A., Jan M. T., Huang J. Potential role of phytohormones and plant growth-promoting rhizobacteria in abiotic stresses: consequences for changing environment // Environ. Sci. Pollut. Res. Int. 2015. Vol. 22. No. 7. P. 4907–4921.
8. Паштецкий В. С. Научные основы оптимизации агроландшафтов и эффективного аграрного производства Республики Крым. Симферополь: ИТ «Ариал», 2015. 276 с.
9. Филиппов Е. Г., Донцова А. А. Селекция озимого ячменя. Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2014. 208 с.
10. Драгавцева И. А., Савин И. Ю., Овечкин С. В., Смирнова Л. А., Желнакова Л. И., Марченко Н. Н., Каторгин И. Ю., Антонов С. А., Андреев Д. Ю. Анализ ресурсного потенциала земель Ставропольского края для возделывания плодовых культур. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. 192 с.
11. Андронов Е. Е., Пинаев А. Г., Першина Е. В. Выделение ДНК из образцов почвы. СПб.: ПК «Объединение Вента», 2011. 27 с.
12. Grüning B., Dale R., Sjödin A., Chapman B.A., Rowe J., Tomkins-Tinch C.H., Valieris R., Bioconda Team, Köster J. Bioconda: sustainable and comprehensive software distribution for the life sciences // Nature Methods. 2018. Vol. 15. P. 475–476.
13. Caporaso J. G., Kuczynski J., Stombaugh J., Bittinger K., Bushman F. D., Costello E. K., Fierer N., Pena A. G., Goodrich J. K., Gordon J. I., Huttley G. A., Kelley S. T., Knights D., Koenig J. E., Ley R. E., Lozupone C. A., McDonald D., Muegge B. D., Pirrung M., Reeder J., Sevinsky J. R., Turnbaugh P. J., Walters W. A., Widmann J., Yatsunenko T., Zaneveld J., Knight R. QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data // Nature methods. 2010. Vol. 7. P. 335–336. [Электронный ресурс]. DOI:10.1038/nmeth.f.303 (дата обращения 04.12.2018).
14. Hammer O., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // Palaeontologia Electronica. 2001. Vol. 4. No. 1. 9 p.

15. Экспериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія // Под ред. Волкогона В. В. К.: Аграрна наука. 2010. С. 198–208.
16. Мельничук Т. Н., Еговцева А. Ю., Абдурашитов С. Ф., Абдурашитова Э. Р., Радченко А. Ф., Ганоцкая Т. Л., Радченко Л. А. Микробоценоз чернозема южного ризосферы *Triticum aestivum* L. // Современное состояние чернозёмов: материалы II Международной научной конференции. Т. 1. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2018. С. 432–438.
17. Bulgarelli D., Garrido-Oter R., Münch P. C., Weiman A., Dröge J., Pan Y., McHardy A. C., Schulze-Lefert P. Structure and function of the bacterial root microbiota in wild and domesticated barley // *Cell Host Microbe*. 2015. Vol. 17. No. 3. P. 392–403.
18. Donn S., Kirkegaard J., Perera G., Richardson A.E., Watt M. Evolution of bacterial communities in the wheat crop rhizosphere // *Environ Microbiol*. Vol. 17. No 3. 2015. P. 610–621.
19. Ventura M., Canchaya C., Tauch A., Chandra G., Fitzgerald G. F., Chater K. F., van Sinderen D. Genomics of Actinobacteria: tracing the evolutionary history of an ancient phylum // *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 2007. Vol. 71. No. 3. P. 495–548.
20. Манучарова Н. А., Власенко А. Н., Менько Е. В., Звягинцев Д. Г. Специфика хитиноподобного микробного комплекса в почвах, инкубируемых при различных температурах // *Микробиология*. 2011. Т. 80. № 2. С. 219–229.
21. Hartmann M., Frey B., Mayer J., Mäder P., Widmer F. Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming // *ISME J*. 2015. Vol. 9. No. 5. P.1177–1194.
22. Winston M., Hampton-Marcell J., Zarrasaindia I., Owens S. M., Moreau C. S., Gilbert J. A., Hartsel J., Kennedy S. J., Gibbons S. M. Understanding cultivar-specificity and soil determinants of the cannabis microbiome // *Plos One*. 2014. Vol. 9. No. 6. [Электронный ресурс]. DOI:10.1371/journal.pone.009964199641 (дата обращения 02.12.2018).
23. Edwards J., Johnson C., Santos-Medellín C., Lurie E., Podishetty N., Bhatnagar S., Eisen J., Sundaresan V. Structure, variation, and assembly of the root-associated microbiomes of rice // *Proc Natl Acad Sci. USA*, 2015. Vol. 112. No. 8. P. 911–920.

References

1. Shaposhnikov A. I., Puhalsky Ya. V., Kravchenko L. V., Belimov A. A. Role of root exudation in trophic interactions of plants with rhizosphere microorganisms. Saint-Petersburg: Inform-Navigator, 2016. 104 p.
2. The main achievements and prospects of soil metagenomics // Ed. By Pershina E. V., Kutovaya O. V., Kogut B. M., Andronov E. E. Saint-Petersburg: Inform Navigator, 2017. 288 p.
3. Bru D., Ramette A., Saby N. P., Dequiedt S., Ranjard L., Jolivet C., Arrouays D., Philippot L. Determinants of the distribution of nitrogen-cycling microbial communities at the landscape scale // *ISME J*. 2011. Vol. 5. No. 3. P. 532–542.
4. Huang X. F., Chaparro J. M., Reardon K. F., Zhang R., Shen Q., Vivanco J. M. Rhizosphere interactions: root exudates, microbes, and microbial communities // *Botany*. 2014. Vol. 92. No. 4. P. 267–275.
5. Dmitricheva D. S., Yapparov A. Kh., Degtyareva I. A. Rhizosphere native microorganisms promoting plant growth and development // *Uchenye zapiski Kazan State Academy of Veterinary Medicine named N.E. Bauman*. 2011. No. 207. P. 186–190.
6. Wu L., Wu H. J., Qiao J., Gao X., Borriss R. Novel routes for improving biocontrol activity of bacillus based bioinoculants // *Front. Microbiol*. 2015. Vol. 6. P. 1–13.
7. Fahad S., Hussain S., Bano A., Saud S., Hassan S., Shan D., Khan F.A., Khan F., Chen Y., Wu C., Tabassum M. A., Chun M. X., Afzal M., Jan A., Jan M. T., Huang J. Potential role of phytohormones and plant growth-promoting rhizobacteria in abiotic stresses: consequences for changing environment // *Environ. Sci. Pollut. Res. Int*. 2015. Vol. 22. No. 7. P. 4907–4921.
8. Pashtetsky V. S. Scientific basis for the optimization of agricultural landscapes and efficient agricultural production of the Republic of Crimea. Simferopol: Publishing house “Arial”, 2015. 276 p.
9. Filippov E. G., Dontsova A. A. Breeding of winter barley. Rostov-on-Don: ZAO “Kniga”, 2014. 208 p.
10. Dragavtseva I. A., Savin I. Yu., Ovechkin S. V., Smirnova L. A., Zhelnakova L. I., Marchenko N. N., Katorgin I. Yu., Antonov S. A., Andreyanov D. Yu. Analysis of the resource potential of the lands of the Stavropol Territory for the cultivation of fruit crops. Moscow: FGUN “Rosinformagrotekh”, 2007. 192 p.
11. Andronov E. E., Pinaev A. G., Pershina E. V. DNA extraction from soil samples. Saint-Petersburg: Publishing house “Venta Association”, 2011. 27 p.
12. Grüning B., Dale R., Sjödin A., Chapman B. A., Rowe J., Tomkins-Tinch C. H., Valieris R., Bioconda Team, Köster J. Bioconda: sustainable and comprehensive software distribution for the life sciences // *Nature Methods*. 2018. Vol. 15. P. 475–476.
13. Caporaso J. G., Kuczynski J., Stombaugh J., Bittinger K., Bushman F. D., Costello E. K., Fierer N., Pena A. G., Goodrich J. K., Gordon J. I., Huttley G. A., Kelley S. T., Knights D., Koenig J. E., Ley R. E., Lozupone C. A., McDonald D., Muegge B. D., Pirrung M., Reeder J., Sevinsky J. R., Turnbaugh P.J., Walters W.A.,

Widmann J., Yatsunenko T., Zaneveld J., Knight R. QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data // Nature methods. 2010. Vol. 7. P. 335–336. [Electronic recourse]. DOI:10.1038/nmeth.f.303 (reference's date 04.12.2018).

14. Hammer O., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // Palaeontologia Electronica. 2001. Vol. 4. No. 1. 9 p.

15. Experimental soil Microbiology: monograph. For the sciences // Ed. By Volkogon V. V. Kiev: Agrarian Science, 2010. P. 198–208.

16. Melnichuk T. N., Egovtseva A. Yu., Abdurashitov S. F., Abdurashitova E. R., Radchenko A. F., Ganotskaya T. L., Radchenko L. A. Microbiocenosis of the chernozem of the southern rhizosphere of *Triticum aestivum* L. // Current State of Black Soil: Proceedings of the II International Scientific Conference. Vol. 1. Rostov-on-Don: South Federal University, 2018. P. 432–438.

17. Bulgarelli D., Garrido-Oter R., Münch P. C., Weiman A., Dröge J., Pan Y., McHardy A.C., Schulze-Lefert P. Structure and function of the bacterial root microbiota in wild and domesticated barley // Cell Host Microbe. 2015. Vol. 17. No. 3. P. 392–403.

18. Donn S., Kirkegaard J., Perera G., Richardson A. E., Watt M. Evolution of bacterial communities in the wheat crop rhizosphere // Environ Microbiol. 2015. Vol. 17. No. 3. P. 610–621.

19. Ventura M., Canchaya C., Tauch A., Chandra G., Fitzgerald G. F., Chater K. F., van Sinderen D. Genomics of Actinobacteria: tracing the evolutionary history of an ancient phylum // Microbiology and Molecular Biology Reviews. 2007. Vol. 71. No. 3. P. 495–548.

20. Manucharova N. A., Vlasenko A. N., Menko E. V., Zvyagintsev D. G. Specificity of the chitinolytic microbial complex in soils incubated at different temperatures // Microbiology. 2011. Vol. 80. No. 2. P. 219–229.

21. Hartmann M., Frey B., Mayer J., Mäder P., Widmer F. Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming // ISME J. 2015. Vol. 9. No. 5. P. 1177–1194.

22. Winston M., Hampton-Marcell J., Zarrasaindia I., Owens S. M., Moreau C. S., Gilbert J. A., Hartsel J., Kennedy S. J., Gibbons S. M. Understanding Cultivar-Specificity and Soil Determinants of the Cannabis microbiome // Plos One. 2014. Vol. 9. No. 6. [Electronic resource]. DOI:10.1371/journal.pone.0099641 (reference's date 04.12.2018).

23. Edwards J., Johnson C., Santos-Medellin C., Lurie E., Podishetty N., Bhatnagar S., Eisen J., Sundaresan V. Structure, variation, and assembly of the root-associated microbiomes of rice // Proc Natl Acad Sci. USA. 2015. Vol. 112. No. 8. P. 911–920.

UDC 631.461:579.64

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

ASSOCIATIVE TO *TRITICUM AESTIVUM* L. BACTERIA FROM CHERNOZEMS SOUTHERN AND ORDINARY

Summary. Currently, a promising area of research is the development of rhizosphere biotechnologies using associative bacteria to a particular plant species, which can increase their potential and quality, which in turn contributes to the stability of agroecosystems and preservation of the environment. The aim of the research was to study the wheat rhizosphere microbiome and strains of associative bacteria isolated from different varieties grown on southern and ordinary chernozems. The studies were carried out in 2018 on three winter wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) 'Bagheera', 'Lydia' and 'Ermak'. Modern approaches to the study of the taxonomic structure of the rhizosphere microbiome using high-throughput sequencing of the 16S rRNA gene libraries were used in the process of research. The community of prokaryotes of rhizosphere chernozem mainly consisted of representatives of 10 phyla: Crenarchaeota from the archaea and bacterium domain: Acidobacteria, Actinobacteria, Bacteroidetes, Chloroflexi, Firmicutes, Gemmatimonadetes, Planctomycetes, Proteobacteria and Verrucomicrobia. Representatives of the non-attributable domain of prokaryotes, the share of which in the samples of chernozem was 2.4–4.0 %, were identified. Phylum Proteobacteria had the highest proportion in the studied varieties, and the difference in soils was insignificant ('Bagheera' – 25.5–27.3 %, 'Ermak' – 24.3–29.1 %, 'Lydia' – 23.7–26.1 %). Five new strains of associative to wheat bacteria

identified by the method of sequencing the 16S rRNA gene belonged to five species from different taxonomic groups and showed different efficacy on southern and ordinary chernozems. Strains of Bacillus sp. B5 and Agrobacterium tumefaciens R1 provided an increase in shoot biomass of the 'Bagheera' variety on ordinary chernozem by 0.10 g (48 %) and 0.13 g (62 %), respectively, compared to the control (0.21 g). Thus, changes in the taxonomic composition of the southern and ordinary chernozems rhizosphere of three wheat varieties had been determined under the influence of both variety and the soil and climatic conditions. Five strains of associative bacteria were identified. They are promising for further biotechnology of the rhizosphere of agrocenoses.

Keywords: associative bacteria, *Triticum aestivum* L., chernozems southern, chernozems ordinary.

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.

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.

Абдурашитов Сулейман Февзиевич, кандидат биологических наук, старший 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: asuleyman83@rambler.ru.

Андронов Евгений Евгеньевич, доктор биологических наук, заведующий лабораторией микробиологического мониторинга и биоремедиации почв ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский 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», 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», 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», г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: l-radchenko@ukr.net.

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.

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.

Abdurashitov Suleiman Fevziyevich, Cand. Sc. (Biol.), senior 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: 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, St. 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 – 09.10.2018.

Дата принятия к печати – 11.11.2018.

**АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЭФИРОМАСЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ (ОБЗОР. ЧАСТЬ I)**

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

***Реферат.** Эфиромасличные растения, занимая весьма скромное место среди сельскохозяйственных культур по возделываемым площадям и объемам производства сырья, тем не менее, представляют большую ценность для ряда производств – парфюмерно-косметического, фармацевтического, ликероводочного, пищевого и других, благодаря содержащемуся в них эфирному маслу. В настоящее время потребность в эфиромасличной продукции в России удовлетворяется главным образом за счет импорта, на что затрачиваются ежегодно десятки миллионов долларов США. Для расширения отечественного ассортимента и объемов производства эфирных масел и других продуктов переработки эфиромасличного сырья (биоконцентраты, экстракты, конкреты, воска, гидролаты и прочее) проводятся поисковые и селекционные исследования, имеющие целью создание новых высокопродуктивных сортов как традиционно возделываемых эфиромасличных растений, так и введение в культуру малораспространенных и перспективных видов эфирносов. Содержание и компонентный состав эфирных масел – признаки, которые не контролируются визуально и, как правило, не коррелируют с морфологическими или какими-либо другими признаками. В связи с этим обязательным на всех этапах работы является определение количества и компонентного состава эфирных масел в сырье исследуемых растений, а также выяснение зависимости накопления и состава эфирных масел от факторов среды. Изучение компонентного состава эфирного масла в некоторых спорных случаях может также служить вспомогательным материалом при уточнении систематического положения сомнительных видов. Цель настоящего обзора – обоснование актуальности и обязательности основных направлений биохимических исследований эфиромасличных растений.*

***Ключевые слова:** эфиромасличные растения, биохимический анализ, компонентный состав, накопление эфирного масла.*

Введение

Эфиромасличные растения – это растения многопланового использования. Прежде всего, они представляют ценность в связи с содержанием в них эфирных масел разного компонентного состава. В результате переработки сырья этих культур, помимо эфирных масел, возможно получить целый ряд сопутствующих продуктов: экстракты, конкреты, биоконцентраты, гидролаты (ароматические воды), воска, чистые вещества, являющихся компонентами эфирного масла. Все эти продукты находят широкое применение в парфюмерно-косметическом, ликероводочном, фармацевтическом, пищевом производствах, медицине, ароматерапии, ветеринарии [1, 2]. Следствием дефицита отечественного эфиромасличного сырья и продуктов его переработки является большой объем импорта этой продукции, на что в России затрачивается ежегодно десятки миллионов долларов США [3]. В настоящее время в русле политики импортозамещения остро стоит задача восстановления отечественного эфиромасличного производства. Это обуславливает, в том числе и необходимость расширения ассортимента культивируемых эфиромасличных растений и увеличения сортовой базы. Все это связано с анализом дикорастущих эфиромасличных растений разных регионов, поиском новых видов, перспективных

для селекционной работы с целью введения в культуру [4]. Такие исследования были актуальными и в период расцвета эфиромасличной отрасли в Советском Союзе в 40–80-е годы прошлого века, и сейчас, когда в России поставлена задача возрождения эфиромасличной отрасли [4, 5].

Основными параметрами, определяющими ценность эфиромасличных растений, является содержание в сырье эфирных масел и их компонентный состав. К сожалению, эти признаки не диагностируются визуально и, по имеющимся в литературе данным и результатам проведенных авторами исследований, как правило, не коррелируют с визуально регистрируемыми признаками растений. Соответственно, обязательной частью научных работ в данной области является проведение биохимических исследований эфиромасличных растений, основные направления которых и обсуждаются в настоящем обзоре. Обращаясь к литературным источникам, мы, в качестве приоритетных, рассматривали современные работы отечественных исследователей, изучающих эфиромасличные растения, пригодные для возделывания в разных регионах России. Вместе с тем, для понимания основных тенденций в биохимических исследованиях эфиромасличных растений, мы не могли не сослаться на исследования коллег за пределами РФ.

1. Изучение содержания и компонентного состава эфирных масел и хемотипической изменчивости у разных видов эфиромасличных растений с целью определения перспектив их дальнейшего использования.

Вовлечение в селекционные исследования новых и малораспространенных видов растений, содержащих в своем сырье эфирное масло, для дальнейшего введения их в культуру, прежде всего требует проведения комплекса поисковых работ. В результате выявляются перспективные растения, накапливающие эфирное масло в количествах, обеспечивающих рентабельность их возделывания и переработки.

В связи с этим проводится анализ коллекционных образцов и образцов местной дикорастущей флоры. При этом исследуются как представители разных семейств и родов, так и разные образцы конкретных видов.

В исследованиях К. Г. Ткаченко проанализированы эфирномасличные виды семейств Сельдерейные Apiaceae, Астровые Asteraceae и Яснотковые Lamiales и предложены перспективные для выращивания в условиях Северо-Запада России [4]. Получено подтверждение антимикробного, антифунгального и противовирусного действия эфирных масел растений ряда видов изученных семейств по отношению к широкому спектру патогенных и условно-патогенных микроорганизмов.

Биохимический анализ содержания и компонентного состава эфирного масла у 60-ти образцов семи видов эфиромасличных растений семейства Lamiales позволил выделить перспективные для дальнейшей селекционной работы и непосредственного внедрения в производство в Ленинградской области и на Северном Кавказе [6].

Анализ обширного коллекционного материала позволяет находить новые перспективные источники эфирных масел разного компонентного состава для нужд разных направлений использования [7]. Исследования более 20-ти видов ароматических растений из флоры РСО-Алания позволили отобрать наиболее перспективные и рекомендовать их для использования в ликероводочной, фармацевтической промышленности, фитотерапии и зооветеринарной практике [8, 9].

Сравнительное изучение эфиромасличности видов рода можжевельник *Juniperus* L. флоры Восточного Казахстана, представляющих интерес в качестве источника сырья для получения эфирного масла, позволило отметить два перспективных вида, отличающихся наиболее высоким содержанием эфирного масла

– можжевельник казацкий *Juniperus sabina* L. (2,5–4,8 %) и можжевельник ложноказацкий *J. pseudosabina* Fisch. et Mey (4,5 %) [10].

В исследования включаются и новые виды, родственные уже используемым. Так, изучение видов рода котовник *Nepeta* L. разного географического происхождения из коллекции ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов имени Н. И. Вавилова» позволило не только выявить различия по содержанию эфирного масла в растительном сырье, но и показать возможность их адаптации и возделывания в условиях Ленинградской области [11].

Поисковые исследования предполагают изучение не только содержания эфирного масла в растениях, но и его компонентного состава, обуславливающего ценность и дальнейшую востребованность эфирного масла.

По своей природе компоненты эфирного масла относятся к терпеновым соединениям. Широкое изучение механизмов и закономерностей биосинтеза терпенов началось с середины 50-х годов прошлого века. Исходя из структуры соединений, постулировали возможные пути трансформации одних компонентов эфирных масел в другие. Впервые общую схему биосинтеза терпенов предложил Ruzicka в 1953 г. [12]. Особенно подробно схема биосинтеза терпенов разрабатывалась, а затем уточнялась для рода мята *Mentha* L. [13, 14]. Считается, что мевалоновая кислота наиболее вероятный предшественник для монотерпенового синтеза во всех эфиромасличных растениях. Это соединение через целый ряд последовательных трансформаций превращается в геранил-, нерил- и линалилпирофосфат. Единой точки зрения, какой из этих пирофосфатов является предшественником для дальнейшего монотерпенового биосинтеза, нет. Для разных видов растений исследователи предлагали свои варианты. Как бы там ни было, путем трансформаций какого-либо из указанных пирофосфатов, последовательно (или параллельно) образуются ациклические компоненты (или компоненты с незамкнутой цепью): гераниол, нераль, гераниаль, нерол, линалоол, линалилацетат и др., из которых в ходе дальнейших трансформаций синтезируются циклические монотерпены: лимонен, карвон, ментол и др. [15]. Трансформация компонентов эфирного масла в растениях происходит под генетическим контролем, иными словами, зависит от генотипа. Именно генотип обуславливает наличие в природе в пределах одного вида растений, зачастую в одном и том же ареале, разных хемотипов. В. В. Макаров отмечал, что названия хемотипам даются или по преобладающему компоненту, или по аналогии с запахом того или иного растения или продукта. В распространении хемотипов не прослежено зависимости от вида, географической широты и экологических условий. Сходные хемотипы могут встречаться как у разных видов, так и внутри одного того же вида [16]. Растущие рядом в одной популяции растения, морфологически совершенно не различающиеся, могут обладать совершенно разными ароматами [17]. Именно генотип определяет качественный состав эфирного масла конкретного растения. Количественные же показатели компонентов эфирного масла зависят от целого ряда факторов: фенофазы растения, места локализации эфиромасличных структур на растении, условий выращивания, обеспеченности минеральным питанием, погодных условий и так далее. К сожалению, иногда исследователи не учитывают главенство генотипа в процессах формирования компонентов эфирного масла и пытаются связать наличие хемотипов в пределах одного вида растений с условиями культивирования, влагообеспеченностью района произрастания или возделывания, географическими координатами, высотой над уровнем моря и тому подобным. Такой упрощенный

подход, на наш взгляд, зачастую снижает ценность проведенных исследований и приводит к некорректной трактовке полученных данных.

В результате сравнительного анализа компонентного состава эфирных масел шести видов рода Котовник, выращенных в условиях Южного берега Крыма, выделен как наиболее перспективный для использования в парфюмерно-косметической промышленности вид *Nepeta reichenbachiana* Fisch. et Mey, содержащий до 14,7 % геранилацетата и до 58,5 % цитронеллола [18].

Ряд публикаций в разных странах посвящен проводимым исследованиям с перспективным видом котовника – котовник голый (котовник венгерский) *Nepeta nuda* L. В Румынии проанализировали эфирное масло *N. nuda* ssp. *nuda*, полученное из сырья природных популяций из трех регионов страны. По данным авторов, доминирующим компонентом эфирного масла во всех случаях был эвкалиптол (31,9–44,9 %). Различия касались содержания других компонентов эфирного масла, накапливаемых в значительных количествах. В одном случае, наряду с эвкалиптом присутствовал гермакрен D (17,0 %), в другом – непеталактон II (14,7 %), в третьем – наряду с гермакреном D (12,7 %) синтезировался β-пинен (13,1 %) [19].

В Казахстане из сырья *N. nuda*, собранного в Аксайском ущелье Заилийского Алатау Алматинской области, получено эфирное масло с содержанием изомеров непеталактона до 50 %. Данный продукт был запатентован и, по мнению авторов, «обладает антибактериальной и потенциальной анальгетической активностью, аттрактантной активностью для кошачьих и репеллентной против тараканов и комаров...» [20].

Ученые Иркутского государственного медицинского университета совместно с коллегами из Сибирского института физиологии и биохимии растений провели сравнительное изучение содержания и состава эфирного масла дикой популяции душицы обыкновенной Иркутской области Тайшетского района, произрастающей на лесных лугах, и культивируемой формы из питомника Иркутского медицинского института. Установлено, что основными компонентами эфирного масла являются кариофиллен оксид, спатуленол, (–)-4-терпинеол. Содержание фенольных соединений (тимол, карвакрол) составляло менее 1,34 %. Исследование показало, что содержание эфирного масла и состав его основных компонентов для культивируемой и дикорастущей форм равноценны. Был сделан вывод, что «качественный состав эфирного масла душицы обыкновенной зависит от географического места ее произрастания» [21]. Таким образом, исследователи попытались связать один из хемотипов душицы обыкновенной с географическими координатами места произрастания или возделывания, без учета генотипической регуляции процессов биосинтеза терпенов. Однако, по нашему мнению, то, что дикорастущие образцы и культивируемая форма относятся к одному хемотипу, не дает права делать вывод о влиянии географического места произрастания на качественный состав эфирного масла.

В обстоятельной работе, посвященной ароматическому биоразнообразию цветковых растений Турции, К. Hüsnü Can Baser приводит результаты исследований содержания и компонентного состава эфирного масла таксонов дикорастущей флоры. В частности, для рода *Origanum* L. (Lamiaceae) указывается, что он представлен в Турции 22 видами (32 таксона, включая подвиды). Показано, что для изученных видов *Origanum* наиболее распространенный хемотип – карвакрольный (15–84 % карвакрола). Наряду с этим, в качестве основных компонентов эфирного масла душицы могут быть р-цимен, линалоол, линалилацетат, цис-сабинегидрат, кариофиллен [22]. Существование нескольких хемотипов у душицы обыкновенной *O. vulgare* отмечают и Werker E. с соавторами [23]. Имеются данные, подтверждающие

различия компонентного состава эфирного масла душицы этого вида из разных мест произрастания, включая не только регионы России, но и другие страны [24].

Разные виды рода *Thymus* L. представляют интерес для дальнейшего использования в связи с наличием в составе их эфирных масел таких ценных компонентов, как тимол и карвакрол. Изучение их в разных регионах России позволило выделить хемотипы с преобладанием одного из этих соединений [25–27].

При исследовании компонентного состава коллекционных образцов *Thymus pubescens* Boiss. et Kotschy ex Celak обнаружен интересный хемотип, не свойственный этому роду. В двух образцах из Восточного Азербайджана в качестве основного компонента эфирного масла идентифицирован цитронеллол (42,0–42,6 %) в совокупности с цитронеллолацетатом (14 %) и гераниолом (13 %). Авторы считают, что эти компоненты характерны для розового эфирного масла, а не для представителей семейства Lamiaceae [28]. С этим утверждением едва ли можно согласиться, поскольку указанные соединения встречаются и у других представителей семейства Lamiaceae, в частности, у Melissa лекарственной, котовника закавказского и гибридного и других [29, 30].

В уже упомянутой нами работе, K. Hüsnü Can Baser приводит результаты исследований состава эфирного масла рода *Thymus* природных популяций Турции. Из всех таксонов этого рода 49 % считаются высокомасличными (>1 % масла); умеренно-масличные (33 %) содержат 0,1–1,0 % и только 18 % – менее 0,1 % масла. Указывается, что 24 таксона рода содержат в качестве основного компонента тимол и 11 таксонов – карвакрол. Наибольшее содержание тимола (85 %) встречается в масле тимьяна мигрийского *T. migricus* Klokov et Des.-Shost. Более 3 % масла и до 70 % тимола содержит тимьян длинностебельный *T. longicaulis* C. Presl. subsp. *chaubardii* (Boiss. et Heldr. ex Reichb. fil.) Jalas. var. *chaubardii* и var. *alternatus*. Наибольшее содержание карвакрола (78 %) обнаружено в масле *T. migricus* иного хемотипа, тимьян Кочи *T. kotschyanus* Boiss. et Hohen. var. *glabrescens* Boiss. содержит более 3 % масла с 53–70 % карвакрола. Всего автор приводит для рода *Thymus* флоры Турции семь хемотипов. Отдельно выделяется восьмой хемотип, в который входят остальные терпены, не входящие в первые семь хемотипов [22].

Интернациональный коллектив ученых изучал эфирное масло вида *T. longicaulis* C. Presl., полученное из сырья трех естественных популяций в Косово. Обнаружены различные хемотипы: тимольно-карвакрольный, α-терпениольный (в сочетании с α-терпенилацетатом и линалоолом) и фелландренный (в сочетании с линалоолом и α-кариофилленом) [31].

Ряд публикаций посвящен изучению хемотипической изменчивости у многочисленного рода *Artemisia* L. [32–34].

Продолжается поиск интересных хемотипов в роде *Mentha*. В частности, иранские ученые анализировали сырье природных популяций мяты вида *M. spicata* L., произрастающих на территории Ирана в трех регионах провинции Исфahan. Компонентный состав эфирного масла был различен. В одном случае основными компонентами являлись 1,8-цинеол (22,7 %) и пиперитон оксид (58,9 %), в другом образце доминировали 3,8-ментadiен (21,6 %), 2-циклогексен (42,7 %), третий образец относился к типично карвонному хемотипу (карвон – 54,3 %, 1,8-цинеол – 21,8 %) [35].

В результате изучения базилика душистого *Ocimum basilicum* L. выделено шесть «хемотипов» (формулировка автора), отличающихся также габитусом растений, окраской, размерами, формой листьев и цветков и представляющих интерес для исследования [36].

При изучении семенной популяции иссопа лекарственного исследователями выделено четыре хемотипа: пинокамфонный (60,48 %), изопинокамфонный (61,12 %), метилэвгенольный (51,32 %), линалоольный (34,88 %) [37].

Таким образом, исходя из приведенных примеров, можно сказать, что предварительные поисковые исследования позволяют выделять малоизученные виды эфиромасличных растений, интересные формы и хемотипы уже используемых видов, перспективные для дальнейшего изучения как в целом, так и в привязке к конкретному региону. Наибольшую ценность при этом имеют исследования, не только констатирующие наличие и количественное содержание эфирного масла в том или ином виде растений, но и характеризующие его компонентный состав, выделяя тем самым наиболее ценные для дальнейшей селекционной работы и практического использования виды и образцы.

2. Изучение изменчивости содержания и состава эфирного масла у растений в зависимости от условий культивирования.

Это направление включает исследование особенностей накопления эфирного масла и изменчивость его компонентного состава у представителей разных семейств, видов и сортов эфиромасличных растений в зависимости от абиотических и биотических условий выращивания (включая метео- и климатические факторы, почвенные различия, использование разных агротехнических приемов и прочее).

Сравнительное изучение сортов и гибридов мяты разного географического происхождения в средней полосе России (Московский регион) свидетельствует о существенном влиянии факторов внешней среды, в частности, суммы активных температур, на активность и направленность физиологических процессов и, в итоге, на формирование урожая биомассы и выход эфирного масла [38]. Причем, это влияние неоднозначно для интродуцентов из разных климатических регионов. Так, в условиях аномально жаркого лета у сортов-интродуцентов из среднетаежной зоны урожай листьев и соцветий снизился на 6–39 %, а выход эфирного масла – на 3–12 %. У сортов-интродуцентов из Крыма, напротив, продуктивность биомассы возросла на 21–177 %, а выход эфирного масла – на 68–107 %. Рост содержания эфирного масла зарегистрирован и у сортов, произрастающих в Московском регионе.

Биохимический анализ накопления эфирного масла разными сортами мяты в условиях Краснодарского края (Вознесенская опытная станция) свидетельствует о различной реакции сортов на влияние факторов температуры и влажности. В целом же увеличение температуры на фоне сокращения сумм осадков приводит к увеличению в 1,5–2,0 раза содержания эфирного масла в воздушно-сухом сырье мяты [39].

Испытание чабера садового *Satureja hortensis* L. сортов Чарли и Ароматный (перспективной культуры для создания лекарственных средств и продуктов функционального питания) в условиях нечерноземной зоны (Московский регион) показало довольно низкое содержание эфирного масла в сырье (0,28–0,32 %), что обусловлено прохладными погодными условиями летнего периода года испытания (2015 г.). Полученные данные позволили выделить как более продуктивный в этих условиях сорт Ароматный со средним урожаем сырья 630 г/м² и содержанием эфирного масла в нем 0,32 % [40].

В Египте это вид чабера рассматривают как новый источник перспективного эфирного масла. В проведенном исследовании чабер выращивали из семян, полученных из Нидерландов. Сухое сырье содержало 1,2 % эфирного масла. Основными компонентами эфирного масла являлись γ -терпенен (46,4 %) и карвакрол (40,2 %). В результате анализа литературных источников, посвященных выращиванию этого вида в других странах, сделан вывод о соответствии получаемого сырья зарубежным аналогам и о перспективности культивирования данного вида [41].

По результатам исследования компонентного состава эфирного масла чабера горного *Satureja montana* L. шести природных популяций Албании авторы объясняют различия в компонентном составе эфирного масла условиями произрастания, а именно континентальным климатом и высотой над уровнем моря [42].

В условиях Апшерона (Мардакянский дендрарий) проводятся исследования интродуцированных видов эфиромасличных растений [43]. Рассматривается возможность культивирования их в данном регионе с целью использования эфирных масел в качестве лечебных, ароматических и консервирующих средств. Проанализированы рута пахучая *Ruta graveolens* L., розмарин лекарственный *Rosmarinus officinalis* L. и мирт обыкновенный *Myrtus communis* L. Условия оказались благоприятными для роста и развития растений. Содержание эфирного масла в растениях изученных видов составляло 0,5–1,0; 1,0–2,0 и 0,35 % соответственно. Полученные данные указывают на перспективность их для культивирования в данном регионе.

Проведенное биохимическое изучение ряда пряноароматических растений семейства Яснотковые (Lamiaceae) из мировой коллекции ФИЦ Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова в разных климатических зонах страны свидетельствует о том, что у большинства изученных растений накопление эфирного масла происходит интенсивнее в условиях Северного Кавказа при более высокой сумме активных температур и избыточной увлажненности воздуха по сравнению с условиями Ленинградской области [6].

Результаты исследования содержания эфирного масла в растениях котовника лимонного *N. cataria* var. *citriodora* Beck. и эльсгольции (эльшольции) Патрена *Elsholtzia patринi* Lep. Garcke в условиях влажных субтропиков (Абхазия, Сухумская опытная станция) показали, что уменьшение среднемесячных температур воздуха и увеличение количества осадков может привести к снижению темпов его накопления на 15–20 % [44].

Четкая зависимость величины накопления эфирного масла от условий произрастания выявлена при сравнительном изучении трех видов можжевельника – псевдоказацкого *J. pseudosabina*, казацкого *J. sabina* и сибирского *J. sibirica* Burgsd. в разных регионах Восточного Казахстана. Засушливые условия способствуют большему накоплению эфирного масла. Так, содержание эфирного масла у *J. pseudosabina* с Калбинского хребта составило 4,5 %, а у образцов сырья, собранного на хребте Нарын (урочище Балгын), характеризующегося условиями повышенной влажности, оно составило 1,33 % [10].

Как свидетельствуют приведенные примеры, накопление эфирного масла в растениях более интенсивно происходит в условиях высоких температур и пониженной влажности воздуха. Однако дефицит почвенной влаги не всегда положительно влияет на этот процесс. Анализ условий выращивания эльсгольции Стаунтона *Elsholtzia stauntonii* Benth. в Крыму показал, что массовая доля эфирного масла у этой культуры на Южном берегу Крыма (ЮБК) значительно выше, чем в степи, причем как на богаре, так и при орошении. Сбор эфирного масла у орошаемых растений на ЮБК был выше в 2,5 раза, чем в Степном Крыму, и достигал 300 кг/га. Котовник лимонный *N. cataria* var. *citriodora* Beck, напротив, рациональнее выращивать при орошении в Степной и в Предгорной зонах Крыма на черноземных почвах, где они дают более высокий сбор эфирного масла (240–340 кг/га). Постоянное поддержание режима влажности в зоне корневой системы этих растений способствует повышению уровня накопления эфирного масла в два-три раза [45].

При сравнении результатов анализа содержания эфирного масла в образцах укропа душистого *Anethum graveolens* L., выращенных в условиях разной высоты над

уровнем моря (1100 и 1650 м н. у. м.), выявлено значительное его уменьшение с набором высоты произрастания [46].

На интенсивность маслообразовательного процесса могут влиять и другие абиотические факторы, в частности, степень загрязненности окружающей среды, в том числе и тяжелыми металлами. Проведенный анализ содержания эфирного масла в хвое ели канадской *Picea glauca* (Moench) Voss., отобранной в разных зонах Минской области, показал, что в хвое из промышленной зоны, содержащей кадмий и свинец (даже в пределах предельно допустимых концентраций), эфирное масло накапливается в меньших (на 100–185 %) количествах по сравнению с образцами из «чистых», не промышленных зон [47]. Подобный анализ растений может быть использован для проведения индикации загрязнения среды.

Значимость и направление использования эфирных масел определяется, прежде всего, их компонентным составом. Исследования, проводимые на представителях разных видов эфиромасличных растений, принадлежащих к разным семействам, показывают, что компонентный состав эфирных масел растений одного и того же вида может изменяться в достаточно широком диапазоне в зависимости от разных факторов, в том числе от фазы онтогенеза растения, части растения, из которой получено эфирное масло, способа его извлечения, экологических и агротехнологических условий выращивания.

Сопоставление компонентного состава эфирного масла одних и тех же видов и сортов эфиромасличных растений при разных условиях выращивания (произрастания) можно найти в целом ряде публикаций.

В Горном ботаническом саду Дагестанской АН РАН проведены сравнительные исследования компонентного состава эфирного масла шести сортов мяты перечной *Mentha × piperita* L., сортов-популяций укропа душистого *A. graveolens* и петрушки курчавой *Petroselinum crispum* (Mill.) Fus., выращенных в разных экологических условиях: на Гунибской экспериментальной базе, расположенной на высоте 1650 м над уровнем моря (горная долина), и на Цудахарской экспериментальной базе, расположенной на высоте 1100 м н. у. м. (верхний горный пояс сосново-березовых лесов Внутреннегорного Дагестана) [48]. Содержание эфирного масла и его компонентный состав разных сортов-клонов мяты оказались достаточно стабильным независимо от условий выращивания. Для изученных популяций укропа и петрушки отмечена редукция части минорных компонентов эфирного масла при выращивании на большей высоте (1650 м н. у. м.): 13-ти из 47 для укропа и шести из 62 для петрушки. При этом состав мажорных компонентов в укропном масле не изменился, но изменилось количественное их содержание. Так, количество основного компонента эфирного масла из зеленых растений укропа – α -фелландрена повысилось на 9,85 %. В эфирном масле петрушки с высоты 1650 м произошло изменение в составе мажорных компонентов: место β -фелландрена (23,5 %) занял сабинен (18,9 %).

Исследование состава эфирных масел разных видов растений: мяты перечной *Mentha × piperita*, монарды двойчатой *Monarda didyma* L., монарды лимонной *M. citriadora* Cerv., змееголовника молдавского *Dracocephalum moldavica* L., многоколосника *Agastache* Clayt., лопанта *Lophanthus* Adans., эльсгольдии реснитчатой *E. ciliata* Thunb. показало, что при интродукции этих видов из южных в более северные регионы их компонентный состав не претерпел существенных изменений, а экзогенная предуборочная обработка растений регуляторами роста целенаправленно влияет на активность биосинтеза некоторых терпеноидов, повышая содержание ценных компонентов эфирного масла [49].

Сопоставление компонентного состава эфирного масла лабазника вязолистного *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. Сибирского региона и Республики

Дагестан позволило сделать заключение о постоянстве его качественного состава независимо от экологической зоны произрастания [50].

Сравнительный анализ химического состава эфирных масел надземной и подземной частей вздутоплодника Турчанинова *Peucedanum turczaninovii* Sipl., показал, что основные отличия эфирных масел, выделенных из растений этого вида, произрастающих в Монголии и Бурятии, проявляются в различном количественном содержании компонентов [51].

По результатам сравнительного изучения компонентного состава некоторых видов рода тимьян *Thymus* L. – тимьяна забайкальского *T. baicalensis* Serg., тимьяна ползучего *T. serpyllum* L., тимьяна волосистостебельного *T. hirticaulis*, тимьяна Талиева *T. talijevii* Klok et Des.-Shost., тимьяна малолистного *T. paucifolius* Klok., тимьяна губерлинского *T. gubernensis* Пjin., тимьяна точечного *T. punctulosus* Klok., произрастающих в отличающихся условиях (Забайкалье, Алтай, Бурятия, Коми, Монголия), разные авторы приходят к сходным выводам о том, что на уровне вида компонентный состав эфирного масла подвержен влиянию ряда абиотических факторов среды (климатических, эдафических) [52–55]. Отмечается, что основные различия касаются количественного содержания компонентов. Так, например, сесквитерпены, входящие в состав эфирного масла тимьяна забайкальского представлены моно- и бициклическими соединениями. При этом количество моноциклических сесквитерпенов может варьировать от 0,7 до 8,7 %, а бициклических сесквитерпенов – от 1,4 до 16,0 % в зависимости от климата (аридный и холодный) региона произрастания. Обращается внимание на отсутствие прямой зависимости содержания ароматических соединений в эфирном масле от высоты над уровнем моря территории произрастания [52]. Прослежено обратное зависимое изменение количества монотерпенов (α -терпениол, борнеол) и ароматических соединений (п-цимол, карвакрол, тимол), что, по мнению авторов, свидетельствует о наличии биогенетической взаимосвязи между ними [53].

Разные варианты культивирования *T. pubescens* изучены иранскими учеными. Опираясь на проведенные исследования, они пришли к выводу, что у данного вида с увеличением высоты над уровнем моря снижается содержание масла в сырье, что, по их мнению, обусловлено повышенной солнечной активностью. Отмечается также, что этот показатель зависит от кислотности почвы. Максимальное накопление эфирного масла наблюдалось при pH 6–8 [56].

Для душицы обыкновенной компонентный состав эфирного масла в ряде исследований также связывается с экологическими условиями произрастания [57, 58].

Анализируя приведенные работы можно прийти к заключению, что при произрастании одних и тех же видов (образцов, сортов) в разных климатических регионах изменения в компонентном составе эфирного масла, как правило, касаются количественного содержания компонентов при достаточно стабильном их качественном составе.

Имеется информация и о существенных различиях в компонентах эфирного масла Melissa лекарственной *Melissa officinalis* L., выращиваемой в разных странах, касающихся не только количественного, но и качественного их состава [59, 60]. Так, согласно приведенным данным, в масле из Италии отсутствуют нераль и гераниаль, в масле из Турции – кариофиллен и кариофиллен оксид, в масле из Таджикистана – линалоол и цитронеллол, в масле из Украины – линалоол, цитронеллол и гераниол. В исследуемом эфирном масле растений, выращенных в окрестностях Красноярска, представлены все компоненты. Существенные различия касаются и количественного содержания компонентов.

Однако в последних двух работах сравнение проводится на основании сопоставления литературных данных и нет уверенности в аналогичности методов извлечения и анализа эфирных масел, а, соответственно, корректности выводов.

Исследования показывают, что даже в пределах одного региона различия метеоусловий в разные годы могут привести к различиям в количественном соотношении компонентов эфирного масла у разных видов эфиромасличных растений. Так, проведенное на протяжении шести лет в окрестностях Красноярска изучение эфирного масла естественных популяций володушки козелецелистной *Vupleurum scorzonerifolium* L., позволило автору сделать заключение о постоянстве качественного состава компонентов. Что же касается количественного их соотношения, результаты свидетельствуют о том, что в годы, характеризующиеся дефицитом влаги в летний период, увеличивается содержание кислородсодержащих соединений и сесквитерпенов [60]. Аналогичные выводы сделаны и в результате изучения в Центральной Якутии состава эфирных масел трех видов полыни: полыни обыкновенной *Artemisia vulgaris* L., полыни якутской *A. jacutica* Drob. и полыни эстрагон *A. dracunculus* L. [61]. В то же время реакция разных сортов одного и того же вида на метеоусловия года может быть неоднозначной. Показано, что в условиях более влажного 2004 г. содержание ментола в эфирном масле сорта Прилукская 6 составляло 58,2 %, а сорта Память Резниковой – 66,2 %. В более сухом 2005 г. содержание ментола в эфирном масле сорта Прилукская 6 снизилось до 53,8 % и повысилось в сорте Память Резниковой до 74,2 % [62].

Имеется информация об изменчивости компонентного состава эфирных масел в зоне промышленных территорий, загрязненных, в частности тяжелыми металлами (ТМ). В Южно-Уральском округе Западно-Сибирской провинции лесостепной области, где источником загрязнения территории подвижными формами ТМ (Cu, Pb, Co, Cd и Ni) является ОАО «Башкирский медно-серный комбинат», проведено определение качества двух дикорастущих видов Южного Урала тимьяна Маршалла *T. marschallianus* Willd. и шалфея степного *Salvia stepposa* Schost. [63]. Исследования показали, что, в зависимости от погодных условий и комплекса условий местообитания, содержание эфирного масла в *T. marschallianus* и *S. stepposa* может меняться в 1,5–2 раза. Однако прямой корреляции между количеством эфирных масел и концентрацией ТМ в растениях не установлено. Что же касается компонентного состава эфирных масел, то отмечено довольно существенное его количественное варьирование (особенно отдельных мажорных компонентов). Сделано предположение, что адаптация видов к повышению уровня ТМ происходит, в основном за счет варьирования синтеза карвакрола и тимола, связанных между собой обратно пропорциональной зависимостью. В засушливые годы эта закономерность выражена сильнее.

Установлена вариабельность компонентного состава эфирного масла ели канадской *Picea canadensis* (Mill.) Britton, Sterns et Poggenb. в разных условиях местообитания, в том числе и в промышленных зонах Минска (с повышенным, в пределах ПДК содержанием токсичных элементов Pb и Cd) [47]. На основании данных о существенном снижении в промышленной зоне количества α -пинена и камфена и повышении количества лимонена сделано предположение, что для ели канадской лимонен является основным соединением, через которое происходит биосинтез монотерпенов. Наличие токсичных элементов, по-видимому, ингибирует протекание этих реакций, приводя к изменению количественного соотношения компонентов.

В зависимости от степени техногенного загрязнения атмосферы тяжелыми металлами (Cd, Pb) места произрастания душицы обыкновенной отмечен разный

уровень накопления эфирного масла. При этом с усилением загрязненности наблюдалось перераспределение в количественном содержании терпенов, снижение содержания монотерпенов и их производных и увеличение сесквитерпенов [64].

Изучение содержания хамазулена в эфирном масле тысячелистника обыкновенного *Achillea millefolium* L., показало его изменчивость при произрастании на различных почвах [65]. Отмечено, что с уменьшением содержания хамазулена увеличивается содержание кариофиллена.

Данные исследований сырья полыни обыкновенной *A. vulgaris*, произрастающей в Бурятии, и сравнение их с литературными данными позволили авторам сделать вывод о том, что направление биосинтеза компонентов эфирного масла остается неизменным вне зависимости от места произрастания и условий года, что свидетельствует о высокой стабильности вида [66].

На компонентный состав эфирного масла могут оказывать влияние и агротехнические приемы возделывания. Изучение влияния органических и минеральных удобрений на соотношение компонентов в эфирном масле герани розовой *Pelargonium roseum* Willd. позволило выявить различия в соотношении основных компонентов. Максимальное содержание цитронеллола (52,3 %) отмечено в эфирном масле при использовании в качестве минерального удобрения NH_4NO_3 и $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Наименьшее содержание цитронеллола и гераниола наблюдалось при использовании органических удобрений [67].

Авторы и других, аналогичных исследований по выяснению изменчивости компонентного состава эфирного масла в зависимости от условий произрастания (культивирования), проведенных на целом ряде эфиромасличных и лекарственных растений: багульнике болотном *Ledum palustre* L., валериане лекарственной *Valeriana officinalis* L., полыни обыкновенной *A. vulgaris*, также приходят к выводу о вариабельности количества компонентов эфирного масла при сохранении качественного его состава [68–70].

Данное направление, на наш взгляд, является очень интересным и перспективным для подбора оптимальных условий выращивания конкретных видов и сортов эфиромасличных растений. Однако для корректности получаемых результатов требуется соблюдение определенных правил. Если какой-либо вид или сорт растения возделывался в одних условиях и был перенесен в другие, то для сравнения полученных результатов по сбору эфирного масла или его компонентному составу, необходимо иметь, как минимум, трехлетние данные из первого места и такие же при возделывании в новых условиях. Если сравнение происходит лишь по литературным данным, то научная ценность таких исследований довольно проблематична. Мы уже отмечали, что видовая принадлежность не является гарантом определенного компонентного состава эфирного масла, благодаря хемотипической изменчивости, детерминированной генетически. Точный компонентный состав эфирного масла конкретного образца может быть определен только соответствующими биохимическими методами. Возделывание растений в новых для него условиях может менять лишь количественное соотношение компонентов, но не качественное. При корректном подходе накопление данных позволит не только оптимизировать использование ресурсов эфиромасличных и пряноароматических культур, но и понять механизмы метаболизма биологически активных компонентов эфирных масел.

3. Исследование компонентного состава эфирных масел с целью уточнения систематической принадлежности растений.

В систематике растений основное внимание уделяется прежде всего визуально регистрируемым морфологическим признакам. Однако этого не всегда бывает достаточно. В этом случае прибегают к использованию целого ряда дополнительных

параметров. Как показывает обзор литературных источников, такой дополнительной информацией для разделения трудно идентифицируемых видовых различий может служить и компонентный состав эфирных масел.

К. Г. Ткаченко отмечает, что данные по компонентному составу и количественному содержанию веществ эфирных масел корней, листьев, цветков и плодов могут быть использованы для решения вопросов таксономии растений. Так, на основе изучения компонентного состава эфирных масел цветков и плодов борщевиков – борщевика Меллендорфа *Heracleum moellendorffii* Hance и борщевика Ворошилова *H. voroschilovii* Gogovoі подтверждена правомочность их выделения как самостоятельных видов [4, 71]. В то же время автор подчеркивает, что, поскольку состав компонентов эфирного масла и его количественное содержание меняется у растений в зависимости от возраста, длительности выращивания в новых почвенно-климатических условиях, фаз сезонного развития, надо особенно тщательно подходить к решению вопросов систематики.

Изучение компонентного состава 11 видов рода *Nepeta* из двух флористических регионов Азербайджана показывает, что для каждого вида характерен свой набор компонентов в составе эфирного масла. Имеются компоненты, общие для всех видов – непета-лактон, эпинепеталактон (до 85 %) [72]. Эти данные позволили авторам высказать мнение о том, что дальнейшее подробное изучение химического состава эфирных масел видов различных секций рода *Nepeta* может иметь хемотаксономическое значение.

В систематике рода *Achillea* не было единого мнения относительно правомерности выделения в разные виды тысячелистников обыкновенного и азиатского [73, 74]. Сравнительное изучение компонентного состава эфирных масел трех близких видов: *A. millefolium*, *A. asiatica* и *A. nobilis* L. показало сходство первых двух видов, в то время, как третий вид имеет четкие отличия от них [75]. По итогам анализа спорных видов авторы поддержали мнение ботаников, относящих тысячелистник азиатский *A. asiatica* к полиморфному виду тысячелистник обыкновенный *A. millefolium*, рассматривая его в качестве хеморасы [75, 76].

Сравнительный анализ шести образцов *A. millefolium*, собранных в различных климатических зонах России (Алтайский край, Марийская Республика, Калининградская область), позволил исследователям сделать вывод о том, что в качестве хемотаксономических маркеров данного вида следует рассматривать сесквитерпеноиды – кариофиллен, гермакрин и хамазулен [77].

Специфичность компонентного состава эфирных масел хвойных растений также предполагает возможность разработки диагностических признаков для определения их видовой принадлежности. Сравнительный анализ компонентного состава эфирных масел 11-ти видов сосен позволил авторам сделать вывод о наличии видовых различий по количественному и качественному составу фракции кислородсодержащих и сесквитерпеновых соединений. Следовательно, специфичность эфирных масел хвойных позволяет, проанализировав состав компонентов, уточнить систематическую принадлежность конкретного растения [78].

Род *Artemisia* насчитывает около 480 видов. Систематика некоторых видов окончательно не уточнена. В качестве примера следует упомянуть викарирующие виды – полынь холодную *A. frigida* Willd. и полынь серебристолистную *A. argyrophylla* Ledeb. При сравнительном изучении компонентного состава эфирного масла растений этих двух видов, собранных из разных мест произрастания и в разных фазах вегетации, обнаружены существенные различия как количественного, так и качественного характера. Так, в эфирном масле *A. argyrophylla* присутствуют монотерпеноиды – йомоги-спирт, артемизиа-кетон, артемизиа-спирт и ацетата

артемизия-спирт, отсутствующие у вида *A. frigida*. Эти данные позволили авторам сделать вывод о различных направлениях биосинтеза ряда основных компонентов эфирного масла этих двух видов. Таким образом, по мнению авторов, появилось биохимическое подтверждение обоснованности считать *A. frigida* и *A. argyrophylla* самостоятельными видами [79].

Сравнительный биохимический анализ шалфея канарского *Salvia canariensis* L., систематическое положение которого является дискуссионным, с шалфеем золотистым *S. aurea* L. (секция *Nactosphace*) и шалфеем мускатным *S. sclarea* L. (секция *Aethiopsis*) показал существенные их различия по основным компонентам эфирного масла. Это согласуется с данными о морфологической и географической обособленности этого вида как от южноафриканских шалфеев из секции *Nactosphace*, так и от древнесредиземноморских видов из секции *Aethiopsis* [80].

Периодически при исследовании эфирных масел тимьянов выявляются ранее не встречавшиеся, не характерные для данного рода соединения. Соответственно возникает вопрос, с чем связано их обнаружение: с влиянием экологических факторов, с обнаружением ранее неизученных видов или новых хемотипов в пределах вида. Представителям рода Тимьян *Thymus* присуща широкая полиморфность компонентного состава эфирных масел, что также может служить основанием для решения вопросов систематики данного рода [54, 81]. Существует мнение, что для таксонов данного рода характерно высокое содержание монотерпенов [82]. Однако это мнение оспаривается в связи с тем, что в эфирном масле ряда видов обнаружено преобладание сесквитерпенов [54, 83–86]. Кроме того, существенные вариации в количественном соотношении компонентов могут быть связаны с условиями произрастания растений.

Таким образом, при решении вопросов систематики растений возможно привлекать данные биохимических исследований, в частности, сведения о компонентном составе эфирных масел, но интерпретируя их, следует максимально учитывать факторы, влияющие на протекание процессов биосинтеза в растении.

Подтверждением этого положения являются данные сравнительного исследования компонентного состава эфирных масел семи видов рода Солонечник *Galatella* Cass. [87]. Задачей исследования было выяснение возможности использования химических соединений, точнее, компонентов эфирного масла (терпенов) в качестве таксономического признака. Для сравнения использовали эфирные масла, полученные из свежего и воздушно-сухого сырья, заготовленного на разных фазах онтогенеза растений при равноценных условиях выращивания. Анализировали эфирные масла как из целых растений, так и из их частей. Исследование продолжалось в течение четырех лет, что позволило учесть и влияние различных погодных условий. Определен характер изменчивости состава эфирного масла под влиянием перечисленных факторов, касающийся главным образом количественного соотношения компонентов. Выявлены наиболее и наименее стабильные компоненты. Столь детально проведенное исследование позволило авторам сделать заключение о возможности использования характеристики компонентного состава эфирных масел в качестве маркерного признака в целях хемосистематики только при соблюдении корректности получения данных [87].

Приведенный краткий обзор данных направлений биохимических исследований эфиромасличных растений показывает их высокую актуальность и значимость, как для расширения фундаментальных знаний в области ботаники и биохимии природных соединений, так и в связи с необходимостью расширения производства и пополнения ассортимента эфиромасличных культур, обусловленной высокой востребованностью отечественных продуктов переработки их сырья для разных отраслей производства.

Литература

1. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В. Использование эфирных масел в медицине, ароматерапии, ветеринарии и растениеводстве // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 1. С. 18–40.
2. Ткаченко К. Г. Эфиромасличные растения и эфирные масла: достижения и перспективы, современные тенденции изучения и применения // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о земле. 2011. Вып. 1. С. 88–100.
3. Черкашина Е. В. Экономика и организация рационального использования и охраны земель эфиромасличной и лекарственной отрасли в Российской Федерации. Дисс. ... д-ра экон. наук. М.: ФГБОУ высшего профессионального образования «Государственный университет по землеустройству», 2014. 419 с.
4. Ткаченко К. Г. Эфирномасличные растения семейств *Ariaceae*, *Asteraceae* и *Lamiaceae* на северо-западе России (биологические особенности, состав и перспективы использования эфирных масел). Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. СПб.: ФГБУН «Тихоокеанский институт биоорганической химии имени Г. Б. Елякова ДВО РАН, 2013. 40 с.
5. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнев А. В. История, современное состояние и перспективы развития эфиромасличной отрасли // Аграрный вестник Урала. 2017. № 12 (154). С. 37–46.
6. Фогель И. В. Характеристика пряноароматических растений из семейства губоцветные (*Lamiaceae* L.) по количественному содержанию и качеству эфирных масел. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. СПб.: ВНИИ растениеводства, 1997. 19 с.
7. Платонова Т. В., Меркурьев А. П., Аметова Э. Д., Скиба А. В., Меркушева М. Б., Бабанов Н. С. Перспективные источники эфирных масел для медицины и парфюмерно-косметической промышленности // Бюллетень ГНБС. 2015. Вып. 117. С. 48–52.
8. Кайтмазов Т. Б. Биоресурсный потенциал ароматических растений в РСО-Алания и их практическое использование. Дисс. ... канд. биол. наук. Владикавказ: ФГБОУ высшего профессионального образования «Горский государственный аграрный университет», 2014. 205 с.
9. Часовских А. А. Рациональное использование эфиромасличных растений в РСО-Алания. Дисс. ... канд. биол. наук. Владикавказ: ФГБОУ высшего профессионального образования «Горский государственный аграрный университет», 2011. 168 с.
10. Мырзагалиева А. Б., Медеубаева Б. З. К изучению эфирномасличности представителей семейства *Cupressaceae* Bartl. флоры восточного Казахстана // Фундаментальные исследования. 2014. № 5–5. С. 1021–1024.
11. Кузнецова Н. М. Переработка нетрадиционных культур с уникальными свойствами в Северо-Западном регионе России // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2015. № 3. С. 142–149.
12. Ruzicka L. The isoprene rule and the biogenesis of terpenic compounds // *Experientia*. 1953. No. 9. P. 357–367.
13. Бугаенко Л. А. Генетические закономерности биосинтеза терпеноидов и перспективы регуляции содержания и качества эфирного масла при межвидовой гибридизации у мяты. Дисс. ... д-ра биол. наук. Симферополь: ВНИИЭМК, 1985. 440 с.
14. Мишнев А. В. Создание исходного материала для селекции мяты с нементольным составом эфирного масла. Дисс. ... канд. с.-х. наук. Симферополь: Институт эфиромасличных и лекарственных растений УААН, 2000. 198 с.
15. Lawrence V. M. A study of monoterpene interrelationships in the genus *Mentha* with special reference to the origin of pulegon and mentofuran. Abstract Dr. Sc. Canada, Hamilton, Ontario, 1978. 302 p.
16. Макаров В. В. Дикорастущие мяты СССР. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: Главный ботанический сад АН СССР, 1972. 36 с.
17. Thompson J. D., Chalchat J., Michet A., Linhart Y., Ehlers B. Qualitative and quantitative variation in monoterpene co-occurrence and composition in the essential oil of *Thymus vulgaris* chemotypes. // *Journal of Chemical Ecology*. 2003. Vol. 29. No. 4. P. 859–880.
18. Работягов В. Д., Аксенов Ю. В. Компонентный состав эфирного масла видов рода *Nepeta* L. // Фармация и фармакология. 2014. № 6 (7). С. 25–28.
19. Ioana Marcela Pădure, Dan Mihăiescu, Liliana Bădulescu, Ioan Burzo. Chemical constituents of the essential oils of *Nepeta nuda* L. spp. *nuda* (*Lamiaceae*) from Romania // *Rom. J. Biol.* 2009. Vol. 53. No. 1. P. 31–38.
20. Пат. 23950. База патентов Казахстана. (19) KZ(13)A4(11)23950(51)A61K36/53(2009.01). Эфирное масло *Nepeta nuda* L. (котовник голый), обладающее антибактериальной и потенциальной анальгетической активностью, аттрактантной активностью для кошачьих и репеллентной против тараканов и комаров. Опубликовано: 16.05.2011/ Автор: Сулейменов Ерлан Мэлсович. [Электронный ресурс]. Точка доступа: <http://kzpatents.com/3-ip23950-efirnoe-maslo-nepeta-nuda-l-kotovnik-golyjj-obladayushhee-antibakterialnojj-aktivnostyu-potencialnojj-analgeticheskoyjj-aktivnostyu-atraktantnojj-aktivnostyu-dlya-koshachih-i-repel.html> (дата обращения 6.02.2018).

21. Минович В. М., Коненкина Т. А., Федосеева Г. М., Головных Н. Н. Исследование качественного состава эфирного масла душицы обыкновенной, произрастающей в Восточной Сибири // Химия растительного сырья. 2008. № 2. С. 61–64.
22. Hüsnü Can Baser K. Aromatic biodiversity among the flowering plant taxa of Turkey // Pure Appl. Chem. 2002. Vol. 74. No. 4. P. 527–545.
23. Werker E., Putievky E., Ravid U. The essential oils and glandular hairs in different chemotypes of *Origanum vulgare* L. // Ann. Bot. 1985. Vol. 55. No. 6. P. 793–801.
24. Алякин А. А., Ефремов А. А., Качин С. В., Данилова О. О. Фракционный состав эфирного масла душицы обыкновенной Красноярского края // Химия растительного сырья. 2010. № 1. С. 99–104.
25. Жигжитжапова С. В., Рабжаева А. Н., Холбоева С. А., Раднаева Л. Д. Сравнительный анализ эфирного масла некоторых видов тимьянов Бурятии и Монголии // Вестник Бурятского государственного университета. 2009. № 3. С. 66–69.
26. Бубенчикова В. Н., Старчак Ю. А. Исследование эфирного масла тимьяна мелового // Ученые записки Орловского государственного университета. 2013. № 6 (56). С. 198–200.
27. Бубенчикова В. Н., Старчак Ю. А. Исследование эфирного масла тимьяна блошиного // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 8–2. С. 116–118.
28. Ahmad Razban Haghighi, Tohid Ebrahimi Gajoti. Regional Altitude and soil physicochemical factors influence the essential oil of *Thymus pubescens* (Lamiales: Lamiaceae) // Biol. Environ. Sci. 2016. No. 10 (29). P. 45–51.
29. Степаненко Л. В., Шаталина Н. В., Слащинин Д. Г., Ефремов А. А. Химический состав эфирного масла Melissa лекарственной Красноярского края // Материалы III Всероссийской конференции «Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья». Красноярск: Федеральное агентство по образованию, Алтайский государственный университет, Общественная организация «Российское общество инженеров нефти и газа», Научно-технический центр «А. Редан», 2007. С. 128–132.
30. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнев А. В., Назаренко Л. Г. Эфиромасличная отрасль Крыма. Вчера, сегодня, завтра. Симферополь: ИТ «Ариал», 2017. С. 161–167.
31. Hatipi Ibrahim M., Papajani V., Cavar S., Matevski V. GC/MS analysis of the essential oil of *Thymus longicaulis* Presl. from Kosovo // Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina. 2013. No. 41. P. 6–10.
32. Putievsky E., Ravid U., Dudai N., Katzir I., Carmeli D., Eshel A. Variations in the essential oil of *Artemisia judaica* L. chemotypes related to phenological and environmental factors // Flavour and Fragrance Journal. 1992. Vol. 7. No. 5. P. 253–257.
33. Sharopov F. S., Sulaimonova V. A., Setzer W. N. Composition of the essential oil of *Artemisia absinthium* L. from Tajikistan // Records of Natural Products. 2012. Vol. 6. No. 2. P. 127–134.
34. Williams J. D., Campbell M. A., Jaskolka M. C., Tianyue Xie. *Artemisia vulgaris* L. chemotypes // American Journal of Plant Sciences. 2013. No. 4. P. 1265–1269.
35. Ahmad Reza Golparvar, Amin Hadipanah, Mohammad Mahdi Gheisari. Comparative analysis of chemical composition of three ecotypes of spearmint (*Mentha spicata* L. (in Isfahan province) // Technical Journal of Engineering and Applied Sciences. 2013. No. (16). P. 1849–1851.
36. Христова Ю. П. Изменчивость содержания и компонентного состава эфирного масла *Ocimum basilicum* L. // Бюллетень Никитского ботанического сада. 2008. Вып. 97. С. 75–81.
37. Шибко А. Н., Работягов В. Д., Аксенов Ю. В. Внутривидовая изменчивость компонентного состава эфирного масла *Hyssopus officinalis* L. при семенном размножении // Бюллетень Никитского ботанического сада. 2011. Вып. 103. С. 82–85.
38. Шелепова О. В., Кириченко Е. Б., Бидюкова Г. Ф., Олехнович Л. С., Курилов Д. В., Смирнова И. М., Енина О. Д. Динамика накопления и состав эфирного масла сортов и гибридов мяты, интродуцированных в средней полосе России // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия «Естественные науки». 2011. Т. 14. № 3–1 (98). С. 346–351.
39. Шуваева Т. П., Солоницкая В. Б., Бородкина А. П., Зеленцов С. В. Характеристика ментольных форм мяты и их возделывание на Вознесенской опытной станции ВНИИМК // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2009. Вып. 2 (141). С. 123–133.
40. Солопов С. Г., Маланкина Е. Л. Ритмы сезонного развития и динамика формирования урожая чабера садового (*Satureja hortensis* L.) в условиях нечерноземной зоны Российской Федерации // Сборник научных трудов Международной конференции «Биологические особенности ароматических растений и их роль в медицине», посвященной 85-летию ВИЛАР. М.: ФГБНУ ВИЛАР, 2016. С. 159–160.
41. Khalid A. Khalid. Essential oil constituents of summer savory plants propagated and adapted under Egyptian climate // Journal of Applied Sciences. 2016. No. 16 (2). P. 54–57.
42. Alban Ibraliu, Xuefei Mi, Fetah Elezi. Variation in essential oils to study the biodiversity in *Satureja montana* L. // Journal of Medicinal Plants Research. 2011. Vol. 5 (14). P. 2978–2989.

43. Аббасова З. Г., Мамедова З. А., Мамедов Р. М. Интродукция некоторых перспективных лекарственных и эфиромасличных растений в Мардакянском дендрарии // Химия растительного сырья. 2009. № 1. С. 121–124.
44. Мумладзе М. Г. Динамика накопления и формирования состава эфирных масел растениями лопанга (*Lophanthus anisatus* Benth.), котовника (*Nepeta cataria* var. *citriodora* Beck.) и эльшольции (*Elsholtria Patrini* Ler. Garcke) в онтогенезе. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: Московская ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, 1986. 26 с.
45. Орёл, Т. И., Хлыпенко Л. А. Котовник лимонный и эльсгольция Стаунтона в условиях Крыма при орошении // Universum: Химия и биология. Электронный научный журнал. 2015. № 9–10 (17) [Электронный ресурс]. Точка доступа: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/2619> (дата обращения 06.01.2018).
46. Раджабов Г. К., Алиев А. М., Вагабова Ф. А., Мусаев А. М. Экспериментальное изучение изменчивости компонентного состава эфирных масел *Anethum graveolens* L. и (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nymphae W. Hill.) в горном Дагестане // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Серия «Естественные и точные науки». 2016. Т. 10. № 3. С. 78–84.
47. Ламоткин С. А., Владыкина Д. С., Скаковский Е. Д. Зависимость состава эфирного масла ели канадской *Picea glauca* (Moench) Voss. от экологической обстановки региона произрастания // Химия растительного сырья. 2012. № 2. С. 111–117.
48. Мусаев А. М., Алиев А. М., Вагабова Ф. А., Раджабов Г. К., Гусейнова З. А., Рабаданов Г. А., Курамагомедов М. К., Мамалиева М. М., Гаджиева З. Г. Экспериментальное изучение изменчивости компонентного состава эфирных масел // Вестник Дагестанского научного центра. 2014. № 53. С. 39–52.
49. Дмитриева В. Л., Дмитриев Л. Б. Изучение состава эфирных масел эфиромасличных растений нечернозёмной зоны России // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2011. № 3. С. 106–119.
50. Зыкова И. Д., Наймушина Л. В., Гасанов Р. З. Сравнительный анализ компонентного состава эфирного масла лабазника вязолистного Сибирского региона и республики Дагестан // Сибирский медицинский журнал. 2015. № 2. С. 115–117.
51. Тараскин В. В., Раднаева Л. Д., Аненхонов О. А., Ганбаатар Ж. Сравнительный анализ состава эфирного масла *Phlojodicarpus turczaninovii* Sipl. (Ariaceae), произрастающего в Монголии и Бурятии // Вестник бурятского государственного университета. 2011. № 3. С. 111–115
52. Банаева Ю. А., Покровский Л. М., Ткачев А. В. Исследование химического состава эфирного масла представителей рода *Thymus* L., произрастающих на Алтае // Химия растительного сырья. 1999. № 3. С. 41–48.
53. Рабжаева А. Н., Жигжитжапова С. В., Раднаева Л. Д. Компонентный состав эфирного масла *Thymus baicalensis* Serg. (семейство Lamiaceae), произрастающего на территории Восточной Сибири и Монголии // Химия растительного сырья. 2015. № 2. С. 199–226.
54. Алексеева Л. И., Груздев И. В. Полиморфизм эфирных масел тимьянов Европейского северо-востока России и Урала // Физиология растений. 2012. Т. 59. № 6. С. 771–780.
55. Рабжаева А. Н. Особенности накопления биологически активных веществ *Thymus baicalensis* Serg. в зависимости от экологических факторов. Дисс. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ: Бурятский Государственный университет, 2011. 114 с.
56. Yousef Imani Dizajeyekan, Ahmad Razban Haghighi, Tohid Ebrahimi Gajoti. Regional altitude and soil physicochemical factors influence the essential oil of *Thymus pubescens* (Lamiales: Lamiaceae) // Biol. Environ. Sci. 2016. No. 10 (29). P. 45–51.
57. Туманова Е. Л., Кучин А. В., Пунегов В. В. Выделение монотерпенов эфирного масла *Origanum vulgare* L. методом твердофазной экстракции // Лесохимия и органический синтез. 1998. № 57. С. 8.
58. Ткачев А. В., Королук Е. А., Юсубов М. С., Гурьев А. М. Изменение состава эфирного масла при разных сроках хранения сырья // Химия растительного сырья. 2002. № 1. С. 19–30.
59. Ефремов А. А., Зыкова И. Д., Горбачев А. Е. Компонентный состав эфирного масла Melissa лекарственной окрестностей Красноярска по данным хромато-масс-спектрометрии // Химия растительного сырья. 2015. № 1. С. 77–81.
60. Зыкова И. Д. Изменение состава эфирного масла володушки козелецелистной (*Bupleurum scorzonifolium* L.), произрастающей в Сибирском регионе, в зависимости от метеорологических условий // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 7. С. 33–38.
61. Кершенгольц Б. М., Аньшакова В. В., Филиппова Г. В., Кершенгольц Е. Б. Влияние температурно-влажностных метеорологических условий на качественный и количественный состав эфирных масел полыней Якутии // Химия растительного сырья. 1999. № 3. С. 89–94.
62. Шуваева Т. П., Солоницкая В. Б., Бородкина А. П., Зеленцов С. В. Характеристика ментольных форм мяты и их возделывание на Вознесенской опытной станции ВНИИМК // Масличные

культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2009. Вып. 2 (141). С. 123–133.

63. Опекунова М. Г., Крылова Ю. В., Курашов Е. А., Чихачева А. Ю. Изменение качества лекарственных растений *Thymus marschallianus* Willd. и *Salvia stepposa* Schost. под воздействием загрязнения тяжелыми металлами на Южном Урале // Бюллетень Брянского отделения РБО. 2013. № 2 (2). С. 97–112.

64. Шелепова О. В., Воронкова Т. В., Кондратьева В. В., Олехнович Л. С. Влияние антропогенного загрязнения среды на качественный состав эфирного масла душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1 (3). С. 841–844.

65. Данилейко И. Р., Апыхтин Н. Н., Племенков В. В. Содержание хамазулена в эфирном масле тысячелистника обыкновенного, произрастающего на различных почвах // Вестник Балтийского федерального университета имени И. Канта. Серия «Естественные и медицинские науки». 2012. № 7. С. 33–37.

66. Жигжитжапова С. В., Рандалова Т. Э., Раднаева Л. Д., Тараскин В. В., Чимитцыренова Л. И. Эфирные масла *Artemisia vulgaris* L., произрастающей на территории республики Бурятия: состав и сравнение с литературными данными // Фундаментальные исследования. 2014. № 8 (часть 1). С. 68–73.

67. Нажбудинов С., Юсупова Н. А., Ибрагимов Д. Э. Влияние минеральных удобрений на компонентный состав эфирного масла герани (*Pelargonium roseum* Willd.) // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2011. Т. 54. № 8. С. 673–677.

68. Jerkovic I., Mastelic J., Milos M., Jutcau F., Masotti V., Viano J. Chemical variability of *Artemisia vulgaris* L. essential oils originated from the Mediterranean area of France and Croatia // Flavour Fragr. J. 2003. № 18. P. 436–440.

69. Панченко С. В. Изучение компонентного состава эфирного масла *Valeriana officinalis* L., произрастающей в Закарпатье // Вестник ВГУ. Серия «Химия. Биология. Фармация». 2014. № 2. С. 115–120.

70. Плящечник М. А. Химический состав эфирного масла *Ledum palustre* L. (Ericaceae) при увеличенном содержании доступного азота в почве криолитозоны (Центральная Эвенкия) // Химия растительного сырья. 2012. № 2. С. 139–144.

71. Ткаченко К. Г. Эфирные масла и систематика рода *Heracleum* L. // Turczaninowia. 2010. № 4. С. 74–87.

72. Мамедов З. А. Изучение интродукции, эфиромасличности и химического состава видов *Nepeta* L., распространенных на Кавказе // Успехи современной науки и образования. 2015. № 1. С. 68–71.

73. Копынева Г. А. Род *Achillea* L. – тысячелистник // Флора Красноярского края. 1980. Вып. 10. С. 28–29.

74. Шауло Д. Н. Род *Achillea* L. – тысячелистник // Флора Сибири. 1997. Т. 13. С. 65–70.

75. Калинкина Г. И., Дембицкий А. Д., Березовская Т. П. Химический состав эфирных масел некоторых видов тысячелистника флоры Сибири // Химия растительного сырья. 2000. № 3. С. 13–18.

76. Юсубов М. С., Калинкина Г. И., Дрыгунова Л. А., Покровский Л. М., Королюк Е. А., Ткачев А. В. Химический состав эфирного масла тысячелистников обыкновенного (*Achillea millefolium* L.) и азиатского (*Achillea asiatica* Serg.) // Химия растительного сырья. 2000. № 3. С. 25–32.

77. Покровская И. С., Мазова О. В., Апыхтин Н. Н., Племенков В. В. Хемотаксономия тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.) // Химия растительного сырья. 2009. № 3. С. 85–88.

78. Шпак С. И., Ламоткин С. А., Ламоткин А. И., Скаковский Е. Д., Гайдукевич О. А., Котов А. А. Изменчивость состава эфирных масел хвои в роду *Pinus* // Труды БГТУ. Серия «Химия, технология органических веществ и биотехнология». 2008. Т. 1. С. 292–296.

79. Королюк Е. А., Ткачев А. В. Химический состав эфирного масла двух видов полыни: *Artemisia frigida* и *Artemisia argyrophylla* // Химия растительного сырья. 2009. № 4. С. 63–72.

80. Байкова Е. В., Королюк Е. А., Ткачев А. В. Компонентный состав эфирных масел некоторых видов рода *Salvia* L., выращенных в условиях Новосибирска (Россия) // Химия растительного сырья. 2002. № 1. С. 37–42.

81. Худоногова Е. Г., Киселева Т. В. Содержание эфирных масел в надземной части тимьяна ползучего // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2010. № 7. С. 110–113.

82. Thyme: The Genus *Thymus* // Ed. by Stahl-Biskup E., Saez F. London, New York: Taylor, Francis, 2002. 330 p.

83. Алексеева Л. И., Быструшкин А. Г., Груздев И. В., Тетерюк Л. В. Химический состав эфирного масла *Thymus guberlinensis* Пжн. // Растительные ресурсы. 2010. № 3. С. 125–128.

84. Алексеева Л. И., Быструшкин А. Г., Груздев И. В. Химический состав эфирного масла *Thymus punctulosus* Klokov. // Химия природных соединений. 2010. № 3. С. 412–413.

85. Алексеева Л. И., Тетерюк Л. В., Груздев И. В. Компонентный состав эфирных масел *Thymus hirticaulis*, *T. talijevii* и *T. paucifolius* (Lamiaceae) европейского северо-востока России // Растительные ресурсы. 2011. № 2. С. 98–105.

86. Rota M. C., Herrera A. A., Martinez R. M., Sotomayor J. A., Jordan M. J. Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils // Food Control. 2008. Vol. 19. P. 681–687.

87. Королюк Е. А., Покровский Л. М., Ткачев А. В. Химический состав эфирного масла представителей рода *Galatella* Cass. (Asteraceae Dumort.) из Западной Сибири // Химия растительного сырья. 2002. № 1. С. 5–18.

88. Семенова Е. Ф., Теплицкая Л. М., Преснякова Е. В., Меженная Н. А. Анатомо-морфологическая характеристика лепестков представителей рода *Rosa* L. // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». 2014. Т. 27 (66). № 3. С. 138–150.

References

1. Pashtetskiy V. S., Nevkrytaya N. V. Use of essential oils in medicine, aromatherapy, veterinary and crop production (review) // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2018. No. 1. P. 18–40.

2. Tkachenko K. G. Essential oils plants and essential oils: progress and perspectives, modern tendencies of research and application // Bulletin of Udmurt University. Series “Biology. Earth Sciences”. 2011. Iss. 1. P. 88–100.

3. Cherkashina E. V. Economics and organization of rational use and protection of lands of essential oil and medicinal industry in the Russian Federation. Thesis ... Dr. Sc. (Econ.). Moscow: FSBEI of Higher professional education “State University of Land Management”, 2014. 419 p.

4. Tkachenko K. G. Essential oil plants in the family's Apasideae, Astecaceae and Lamiaceae in the northwest of Russia (biological features, composition and prospects of their use). Extended abstract of thesis ... Dr. Sc. (Biol.). Saint-Petersburg: G. B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry within the Far-Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (RAS), 2013. 40 p.

5. Pashtetskiy V. S., Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V. History, modern state and prospects of the essential oil industry development // Agrarnyj vestnik Urala (Agrarian Bulletin of the Urals). 2017. No. 11 (165). P. 37–46.

6. Fogel I. V. Characteristics of spicy aromatic plants in the Labiatae family (Lamiaceae L.) in terms of quantitative content and quality of essential oils. Authors' abstract ... Cand. Sc. (Biol.). Saint-Petersburg: N. I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry, 1997. 19 p.

7. Platonova T. V., Merkurjev A. P., Ametova E. D., Skyba A. V., Merkusheva M. B., Babanov N. S. Perspective sources of essential oils for medicine and perfume-cosmetic industry // Bulletin SNBG. 2015. Iss. 117. P.48–52.

8. Kaitmazov T. B. Bioresource potential of aromatic plants in Republic of North Ossetia-Alania and their practical use. Thesis ... Cand. Sc. (Biol.). Vladikavkaz: FSBEI of higher professional education “Gorsky State Agrarian University”, 2014. 205 p.

9. Chasovskikh A. A. Rational use of essential oil plants in Republic of North Ossetia-Alania. Thesis ... Cand. Sc. (Biol.). Vladikavkaz: FSBEI of higher professional education “Gorsky State Agrarian University”, 2011. 168 p.

10. Myrzagalieva A. B., Medeubaeva B. Z. To the study of essential oil content of representatives of the family Cupressaceae Bartl. of Eastern Kazakhstan's flora // Fundamental research. 2014. No. 5–5. P. 1021–1024.

11. Kuznetsova N. M. Processing of non-traditional crops with unique characteristics in the North-West region of Russia // Scientific journal NRU ITMO. Series “Processes and Food Production Equipment”. 2015. No. 3. P. 142–149.

12. Ruzicka L. The isoprene rule and the biogenesis of terpenic compounds // Experientia. 1953. No. 9. P. 357–367.

13. Bugaenko L. A. Genetic regularities in the biosynthesis of terpenoids and the prospects for the regulation of the content and quality of essential oil in interspecific hybridization in mint. Thesis ... Dr. Sc. (Biol.). Simferopol: All-Union Scientific Research Institute of Essential Oil Crops (VNIIEMK), 1985. 440 p.

14. Mishnev A. V. Creation of initial material for mint selection with nonmenthol composition of essential oil. Thesis ... Cand. Sc. (Agr.). Simferopol: Institute of essential oil and medicinal crops UAAS, 2000. 198 p.

15. Lawrence V. M. A study of monoterpene interrelationships in the genus *Mentha* with special reference to the origin of pulegon and mentofuran. Thesis ... Dr. Sc. Canada. Hamilton, Ontario, 1978. 302 p.

16. Makarov V. V. Wild mint of the USSR. Authors' abstract ... Cand. Sc. (Biol.). Moscow: Main botanical garden of the Academy of Sciences of the USSR, 1972. 36 p.

17. Thompson J. D., Chalchat J., Michet A., Linhart Y., Ehlers B. Qualitative and quantitative variation in monoterpene co-occurrence and composition in the essential oil of *Thymus vulgaris* chemotypes. // Journal of Chemical Ecology. 2003. Vol. 29. No. 4. P. 859–880.

18. Rabotyagov V. D., Aksenov Yu. V. Component composition of essential oil from species of genus *Nepeta* L. // Farmatsiya i farmakologiya (Pharmacy & Pharmacology). 2014. No. 6 (7). P. 25–28.
19. Pădure I. M., Mihăiescu D., Bădulescu L., Burzo I. Chemical constituents of the essential oils of *Nepeta nuda* L. ssp. *nuda* (Lamaceae) from Romania // Rom. J. Biol. 2009. Vol. 53. No. 1. P.31–38.
20. Pat. 23950. Base of patents of Kazakhstan. (19) KZ(13) A4(11)23950(51)A61K36/53(2009.01) Essential oil *Nepeta nuda* L., possessing antibacterial and potential analgesic activity, attractant activity for feline and repellent against cockroaches and mosquitoes. Published: 16.05.2011 Author: Suleimenov Erlan Melsovich. [Electronic resource]. Access point: <http://kzpatents.com/3-ip23950-efirmoe-maslo-nepeta-nuda-l-kotovnik-golyjj-obladayushhee-antibakterialnojj-aktivnostyu-potencialnojj-analgeticheskoyj-aktivnostyu-attraktantnojj-aktivnostyu-dlya-koshachih-i-repel.html> (reference's date 6.02.2018).
21. Mirovich V. M., Konenkina T. A., Fedoseeva G. M., Golovnykh N. N. The study of the qualitative composition of essential oil of oregano, which grows in Eastern Siberia // Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material). 2008. No. 2. P. 61–64.
22. Hüsnü Can Baser K. Aromatic biodiversity among the flowering plant taxa of Turkey // Pure Appl. Chem. 2002. Vol. 74. No. 4. P. 527–545.
23. Werker E., Putievsky E., Ravid U. The essential oils and glandular hairs in different chemotypes of *Origanum vulgare* L. // Ann. Bot. 1985. Vol. 55. No. 6. P. 793–801.
24. Alyakin A. A., Efremov A. A., Kachin S. V., Danilova O. O. Fractional composition of essential oil of *Origanum vulgare* in the Krasnoyarsk Territory // Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material). 2010. No. 1. P. 99–104.
25. Zhigzhitzhapova S. V., Rabzhaeva A. N., Kholboeva S. A., Radnaeva L. D. The comparative analysis of essential oil of some species of *Thymus* L. of Buryatia and Mongolia // Bulletin of the Buryat State University. 2009. No. 3. P. 66–69.
26. Bubenchikova V. N., Starchak Investigation of *Thymus calcareus* Klov. & Des.-Shost. essential oils // Scientific Notes of Orel State University. 2013. Vol. 6. No. 56. P.198–200.
27. Bubenchicova V. N., Starchak Yu. A. Investigation of *Thymus pulegioides* L. essential oils // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2014. No. 8–2. P. 116–118.
28. Ahmad Razban Haghighi, Tohid Ebrahimi Gajoti. Regional altitude and soil physicochemical factors influence the essential oil of *Thymus pubescens* (Lamiales: Lamiaceae) // Biol. Environ. Sci. 2016. No. 10 (29). P. 45–51.
29. Stepanenko L. V., Shatalina N. V., Slashchinin D. G., Efremov A. A. Chemical composition of balm essential oil grown at Krasnoyarsk Territory // Collection of scientific works of the III All-Russian Conference “New achievements in chemistry and chemical technology of plant raw materials”. Krasnoyarsk: Federal Agency for Education, Altai State University, “Russian Society of Oil and Gas Engineers”, Scientific and Technical Center “A. Redan”, 2007. P. 128–132.
30. Pashetskii V. S., Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V., Nazarenko L. G. Essential oil industry in the Crimea. Yesterday, today, tomorrow. Simferopol: Publishing house “Arial”, 2017. P. 161–167.
31. Hatipi Ibrahim M., Papajani V., Čavar S., Matevski V. GC/MS analysis of the essential oil of *Thymus longicaulis* Presl. from Kosovo // Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina. 2013. No. 41. P. 6–10.
32. Putievsky E., Ravid U., Dudai N., Katzir I., Carmeli D., Eshel A. Variations in the essential oil of *Artemisia judaica* L. chemotypes related to phenological and environmental factors // Flavour and Fragrance Journal. 1992. Vol. 7. No. 5. P. 253–257.
33. Sharopov F. S., Sulaimonova V. A., Setzer W. N. Composition of the essential oil of *Artemisia absinthium* L. from Tajikistan // Records of Natural Products. 2012. Vol. 6. No. 2. P. 127–134.
34. Williams J. D., Campbell M. A., Jaskolka M. C., Tianyue Xie. *Artemisia vulgaris* L. chemotypes // American Journal of Plant Sciences. 2013. No. 4. P. 1265–1269.
35. Ahmad Reza Golparvar, Amin Hadipanah, Mohammad Mahdi Gheisari. Comparative analysis of chemical composition of three ecotypes of spearmint (*Mentha spicata* L. (in Isfahan province)) // Technical Journal of Engineering and Applied Sciences. 2013. No. (16). P. 1849–1851.
36. Khristova Yu. P. Variability of content and component composition of *Ocimum basilicum* L. essential oil // Bulletin of Nikita Botanical Gardens. 2008. Iss. 97. P. 75–81.
37. Shibko A. N., Rabotyagov V. D., Aksenov Yu. V. Intraspecific variability of the component composition of *Hyssopus officinalis* L. essential oil in the context of seed reproduction // Bulletin of Nikita Botanical Gardens. 2011. Iss. 103. P. 82–85.
38. Shelepova O. V., Kirichenko E. B., Bidukova G. F., Olehnovich L. S., Kurilov D. V., Smirnova I. M., Enina O. D. Dynamic of accumulation and composition of essential oil in cultivars and hybrids of *Mentha* L. introduced in middle part of Russia // Scientific bulletins of the Belgorod State University. Series: Natural Sciences. 2011. Vol. 14. No. 3–1 (98). P. 346–351.

39. Shuvaeva T. P., Solonitskaya V. B., Borodkina A. P., Zelentsov S. V. Characteristic of menthol forms of mint and its cultivation on Voznesenskaya experimental station of VNIIMK // Oil crops. Scientific and Technical Bulletin VNIIMK. 2009. Iss. 2 (141). P. 123–133.
40. Solopov S. G., Malankina E. L. Rhythms of seasonal development and the dynamics of the formation of the harvest of *Satureja hortensis* L. in the non-chernozem zone of the Russian Federation // Collection of scientific works of the International Conference “Biological features of medicinal and aromatic plants and their role in medicine”, dedicated to the 85th anniversary of VILAR. Moscow: VILAR, 2016. P. 159–160.
41. Khalid A. Khalid. Essential oil constituents of summer savory plants propagated and adapted under Egyptian climate // Journal of Applied Sciences. 2016. No. 16(2). P. 54–57.
42. Alban Ibraliu, Xuefei Mi, Fetah Elezi. Variation in essential oils to study the biodiversity in *Satureja montana* L. // Journal of Medicinal Plants Research. 2011. Vol. 5 (14). P. 2978–2989.
43. Abbasova Z. G., Mamedova Z. A., Mamedov R. M. Introduction of some promising medicinal and essential oil plants in the Mardakan Arboretum // Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material). 2009. No. 1. P. 121–124.
44. Mumladze M. G. Dynamics of accumulation and formation of essential oils composition by *Lophanthus anisatus* Benth., *Nepeta cataria* var. *Citriodora* Beck. and *Elsholtzia patrini* Lep. Garcke in ontogenesis: Authors' abstract of thesis ... Cand. Sc. (Biol.). Moscow: K. A. Timiryazev Moscow agricultural academy of the order of Lenin and the order of the red banner, 1986. 26 p.
45. Oryol T. I., Khlypenko L. A. *Nepeta cataria* and *Elsholtzia stauntonii* under conditions of the Crimea under irrigation // Universum: Chemistry and Biology: electron. scientific journal. 2015. No. 9–10 (17). [Electronic resource]. Access point: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/2619> (reference's date 6.01.2018).
46. Radzhabov G. K., Aliev A. M., Vagabova F. A., Musaev A. M. The experimental study of the component composition variability of the *Anethum graveolens* L. and *Petroselinum crispum* (Mill.) Nyman ex. W. Hill. essential oils in Mountain Dagestan // Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences. 2016. Vol. 10. No. 3. P. 78–84.
47. Lamotkin S. A., Vladykina D. S., Skakovsky E. D. Dependence of the composition of essential oil of *Picea glauca* (Moench.) Voss. from the ecological situation in the region of growth // Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material). 2012. No. 2. P. 111–117.
48. Musaev A. M., Aliev A. M., Vagabova F. A., Radzhabov G. K., Guseinova Z. A., Kuramagomedov M. K., Mamaliyeva M. M., Gadzhieva Z. G. Experimental study of variability of composition of essential oils // Herald of the Dagestan Scientific Center. 2014. No. 53. P. 39–52.
49. Dmitrieva V. L., Dmitriev L. B. Research into volatile oils in essential oil plants of non-blacksoil area in Russian Federation // Izvestiya of Moscow Timiryazev Agricultural Academy. 2011. Iss. 3. P. 106–119.
50. Zykova I. D., Naimuschina L. V., Gasanov R. Z. Comparative analysis of component composition of essential oil from flowers of *Filipendula ulmaria* L. of Siberian region and Republic of Dagestan // Sibirskii meditsinskii zhurnal (Siberian Medical Journal). 2015. No. 2. P. 115–117.
51. Taraskin V. V., Radnaeva L. D., Anenkhonov O. A., Ganbaatar Zh. The comparative analysis of composition of essential oil from *Phlojodicarpus turczaninovichii* Sipl. (Apiaceae), growing in Mongolia and Buryatia // Bulletin of the Buryat State University. 2011. No. 3. P. 111–115.
52. Banaeva Yu. A., Pokrovsky L. M., Tkachev A. V. Investigation of the chemical composition of essential oil of representatives of the genus *Thymus* L. growing in Altai // Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material). 1999. No. 3. P. 41–48.
53. Rabzhaeva A. N., Zhigzhitzhapova S. V., Radnaeva L. D. Component composition of the essential oils of *Thymus baicalensis* Serg. (Lamiaceae), growing in the Eastern Siberia and Mongolia // Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material). 2015. No. 2. P. 119–126.
54. Alekseeva L. I., Gruzdev I. V. Polymorphism of essential oils in thyme species growing in European Part of North-East Russia and Ural // Russian Journal of Plant Physiology (Fiziologiya rastenii). 2012. Vol. 59. No. 6. P. 771–780.
55. Rabzhaeva A. N. Features of accumulation of biologically active substances *Thymus baicalensis* Serg. depending on environmental factors. Thesis... Cand. Sc. (Biol.). Ulan-Ude: Buryat State University, 2011. 114 p.
56. Yousef Imani Dizajeykan, Ahmad Razban Haghghi, Tohid Ebrahimi Gajoti. Regional altitude and soil physicochemical factors influence the essential oil of *Thymus pubescens* (Lamiales: Lamiaceae) // Biol. Environ. Sci. 2016. No. 10 (29). P. 45–51.
57. Tumanova E. L., Kuchin A. V., Punegov V. V. Isolation of monoterpenes of essential oil *Origanum vulgare* L. by solid-phase extraction method // Lesokhimiya i organicheskiy sintez. 1998. No. 57. P. 8.
58. Tkachev A. V., Korolyuk E. A., Yusubov M. S., Guriev A. M. Change in the composition of essential oil due to different times of raw materials storage // Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material). 2002. No. 1. P. 19–30.

59. Efremov A. A., Zykova I. D., Gorbachev A. E. Essential oil composition from above-ground part of *Melissa officinalis* L. in the vicinity of Krasnoyarsk by GC/MS-method // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* (Chemistry of plant raw material). 2015. No. 1. P. 77–81.
60. Zykova I. D. The change of the essential oil composition of the horoughwax (*Bupleurum scorzonerifolium* L.) growing in the Siberian region depending on meteorological conditions // *Bulletin of KrasGAU*. 2015. No. 7. P.33–38.
61. Kershengolts B. M., An'shakova V. V., Filippova G. V., Kershengolts E. B. Influence of temperature-humidity meteorological conditions on the qualitative and quantitative composition of essential oils of *Artemisia* of Yakutia // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* (Chemistry of plant raw material). 1999. No. 3. P. 89–94.
62. Shuvaeva T. P., Solonitskaya V. B., Borodkina A. P., Zelentsov S. V. Characteristic of menthol forms of mint and its cultivation at the Voznesenskaya experimental station of VNIIMK // *Oil Crops. Scientific and technical bulletin of All-Russia Research Institute of Oil Crops*. 2009. Iss. 2 (141). P. 123–133.
63. Opekunova M. G., Krylova Y. V., Kurashov E. A., Chikhacheva A. Yu. The change of quality of the herbs *Thymus marschallianus* Willd. and *Salvia stepposa* Schost. under the heavy metal pollution influence in the South Urals // *Bulletin of Bryansk department of Russian botanical society*. 2013. No. 2 (2). P. 97–112.
64. Shelepova O. V., Voronkova T. V., Kondratyeva V. V., Olekhovich L. S. Influence of environmental anthropogenous pollution on qualitative composition of essential oil from *Origanum vulgare* L. // *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2014. Vol. 16. No. 1 (3). P. 841–844.
65. Danileiko I. R., Apykhtin N. N., Plemenkov V. V. The maintenance of guaiazulene in the essence of common yarrow growing on different soils // *IKBFU's Vestnik. Ser. natural and medical sciences*. 2012. No. 7. P. 33–37.
66. Zhigzhitzhapova S. V., Randalova T. E., Radnaeva L. D., Taraskin V. V., Chimittsyrenova L. I. Essential oils *Artemisia vulgaris* L., growing on the territory of Buryatia: composition and compare with literature data // *Thefundamental researches*. 2014. No. 8 (Part 1). P. 68–73.
67. Nazhbudinov S., Yusupova N. A., Ibragimov D. E. Effect of mineral fertilizers on the component composition of essential oil of geranium (*Pelargonium roseum* Willd.) // *Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*. 2011. Vol. 54. No. 8. P. 673–677.
68. Jerkovic I., Mastelic J., Milos M., Jutcau F., Masotti V., Viano J. Chemical variability of *Artemisia vulgaris* L. essential oils originated from the Mediterranean area of France and Croatia // *Flavour Fragr. J*. 2003. No. 18. P. 436–440.
69. Panchenko S. V., Zabelina S. K., Fursa N. S. Study of transcarpathian *Valeriana officinalis* L. essential oil composition // *Proceedings of Voronezh State University. Series "Chemistry. Biology. Pharmacy"*. 2014. No. 2. P. 115–120.
70. Plyashechnik M. A. Chemical composition of the *Ledum palustre* L. (Ericaceae) essential oil due to increased content of available nitrogen in the soil of the cryolithozone (Central Evenkia) // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* (Chemistry of plant raw material). 2012. No. 2. P. 139–144.
71. Tkachenko K. G. Essential oils and systematics of the genus *Heracleum* L. // *Turczaninowia*. 2010. No. 4. P. 74–87.
72. Mamedova Z. A. Study of introduction, essential oil percentage and chemical composition of "Nepeta L." oil types that are widespread in the Caucasus // *Success of modern science and education*. 2015. No. 1. P. 68–71.
73. Kopynyeva G. A. Genus *Achillea* L. – yarrow // *Flora of the Krasnoyarsk Territory*. 1980. Iss. 10. P. 28–29.
74. Shaulo D. N. Genus *Achillea* L. – yarrow // *Flora of Siberia*. 1997. Vol. 13. P. 65–70.
75. Kalinkina G. I., Dembitsky A. D., Berezovskaya T. P. Chemical composition of essential oils of some varieties of yarrow grown in Siberia // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* (Chemistry of plant raw material). 2000. No. 3. P. 13–18.
76. Yusubov M. S., Kalinkina G. I., Drygunova L. A., Pokrovsky L. M., Korolyuk E. A., Tkachev A. V. The chemical composition of the essential oil of common yarrow (*Achillea millefolium* L.) and the Asian yarrow (*Achillea asiatica* Serg.) // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* (Chemistry of plant raw material). 2000. No. 3. P. 25–32.
77. Pokrovskaya I. S., Mazova O. V., Apykhtin N. N., Plemenkov V. V. Chemotaxonomy of *Achillea millefolium* L. // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* (Chemistry of plant raw material). 2009. No. 3. P. 85–88.
78. Shpak S. I., Lamotkin S. A., Lamotkin A. I., Skakovsky E. D., Gaidukevich O. A., Kotov A. A. Variability of the composition of pine essential oils in the genus *Pinus* // *Proceedings of the Belarusian Technological University. Chemistry and technology of organic substances*. 2008. Vol. 1. No. 4. P. 292–296.
79. Korolyuk E. A., Tkachev A. V. Chemical composition of the essential oil of two species of artemisia: *Artemisia frigida* and *Artemisia argyrophylla* // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* (Chemistry of plant raw material). 2009. No. 4. P. 63–72.

80. Baikova E. V., Korolyuk E. A., Tkachev A. V. Component composition of essential oils of some species of the genus *Salvia* L., grown under the conditions of Novosibirsk (Russia) // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* (Chemistry of plant raw material). 2002. No. 1. P. 37–42.
81. Khudonogova E. G., Kiseleva T. V. Content of essential oils in aerial parts of creeping thyme // *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2010. No. 7. P. 110–113.
82. Thyme: The Genus *Thymus* // Ed. by Stahl-Biskup E., Saez F. London, New York: Taylor, Francis. 2002. 330 p.
83. Alekseeva L. I., Bystrushkin A. G., Gruzdev I. V., Teteryuk L. V. Chemical composition of *Thymus guberlinensis* Iljin. essential oil // *Rastitelnye resursy*. 2010. No. 3. P. 125–128.
84. Alekseeva L. I., Gruzdev I. V., Bystrushkin A. G. Chemical composition of *Thymus punctulosus* essential oil // *Chemistry of Natural Compounds*. 2010. Vol. 46. No. 3. P. 491–492.
85. Alekseeva L. I., Teteryuk L. V., Gruzdev I. V. Component composition of essential oils of *Thymus hirticaulis*, *T. talijevii* and *T. paucifolius* (Lamiaceae) of the European northeast of Russia // *Rastitelnye resursy*. 2011. No. 2. P. 98–105.
86. Rota M. C., Herrera A. A., Martinez R. M., Sotomayor J. A., Jordan M. J. Antimicrobial Activity and Chemical Composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils // *Food Control*. 2008. Vol. 19. P. 681–687.
87. Korolyuk E. A., Pokrovsky L. M., Tkachev A. V. Chemical composition of the essential oil of the genus *Galatella* Cass. (Asteraceae Dumort.) from Western Siberia // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* (Chemistry of plant raw material). 2002. No. 1. P. 5–18.
88. Semenova E. F., Teplitskaya L. M., Presnyakova E. V., Mezhennaya N. A. Anatomical and morphological characteristic of rose petals of representatives of the genus *Rosa* L. // *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Series "Biology. Chemistry"*. 2014. Vol. 27 (66). No. 3. P. 138–150.

UDC 633.81

Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V.

ACTUAL AND CONTEMPORARY DIRECTIONS OF BIOCHEMICAL RESEARCH OF OIL-BEARING PLANTS (REVIEW, PART I)

Summary. *Oil-bearing plants are cultivated on a very small areas compared to other agricultural crops and cannot compete with them in terms of raw materials production. Nevertheless, they are of great value for a number of industries – perfumery, cosmetics, pharmaceutical, food, production of alcoholic beverages, etc., due to essential oils these plants contain. Currently, the needs for essential oil products in Russia are fulfilled through importation, for which Russian Federation spends tens of millions of US dollars annually. Some research and selection surveys are conducted to expand the domestic assortment and increase the level of essential oil production as well as other products of their processing (bioconcentrates, extracts, concrete, waxes, herbal distillates, etc.). The purpose of these studies is the creation of new, highly productive cultivars of traditional oil-bearing plants and introduction some less common crops and promising species. The content and component composition of the essential oils are the signs, which cannot be controlled visually and, as a rule, do not correlate with the morphological or any other signs. Therefore, it is necessary to determine the availability of essential oils in the raw materials of the studied plants and their component composition at all stages of the studies, as well as to clarify how accumulation of the essential oils and their component composition depend on environmental factors. Study of the component composition of essential oils in some disputable cases can also serve as a supporting material in specifying the taxonomy of doubtful species. The purpose of this review was the proper justification of the relevance and mandatory nature of the main directions of biochemical research of essential oil plants.*

Keywords: *aromatic plants, biochemical analysis, components composition, accumulation of the essential oil.*

Невкрытая Наталья Владимировна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией селекции отдела эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: nevkritaya@mail.ru.

Мишнев Александр Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории поддержания стабильности и качества сортов отдела эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: AVMishnev@mail.ru.

Nevkrytaya Natalya Vladimirovna, Cand. Sc. (Biol.), head of the Laboratory of breeding of the Department of essential oil and medicinal crops, Federal State Budgetary Scientific Institution “Scientific Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya Str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: nevkritaya@mail.ru.

Mishnev Aleksandr Vasilevich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the Laboratory of maintaining stability and quality of varieties, Federal State Budgetary Scientific Institution “Scientific Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya Str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: AVMishnev@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 15.08.2018.

Дата принятия к печати – 01.10.2018.

DOI: 10.25637/TVAN2018.04.11.

УДК 631.365.23:533.9.082.74:66.047.3

Пахомов В. И.¹, Бахчевников О. Н.², Брагинец С. В.², Рухляда А. И.²

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА СВЧ-ВАКУУМНОЙ СУШКИ ЛЮЦЕРНЫ

¹ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»;

²ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»

Реферат. *Тема сохранности каротина в люцерне в ходе СВЧ-вакуумной сушки и при хранении исследована недостаточно. Цель исследований – изучить процесс СВЧ-вакуумной сушки зеленой люцерны в сушильном аппарате непрерывного действия для определения параметров, обеспечивающих максимальную сохранность каротина в процессе сушки и хранения. Исследования проводили в 2017–2018 гг. в зерноградском районе Ростовской области. Основным предметом исследований – сохранность каротина в процессе СВЧ-сушки люцерны и ее хранения. Содержание каротина определяли методом хроматографии в слое сорбента. Применен экспериментальный аппарат для СВЧ-вакуумной сушки, способный выполнять сушку растительных материалов в непрерывном режиме. Установлено, что СВЧ-вакуумная сушка обеспечивает хорошую сохранность каротина в процессе сушки люцерны и в процессе хранения высушенной люцерны. Результаты экспериментов демонстрируют, что содержание каротина в люцерне, высушенной методом СВЧ-вакуумной сушки, в несколько раз превышает содержание каротина в люцерне, высушенной методом солнечной сушки. Для предотвращения излишнего разрушения каротина наиболее эффективен режим СВЧ-вакуумной сушки люцерны с минимальной температурой нагрева – 120–140 °С. Малый уровень разрушения каротина в процессе СВЧ-сушки объясняется тем, что применение вакуума позволяет осуществлять сушку при более низкой температуре. За период хранения (180 дней) содержание каротина в высушенной методом СВЧ-вакуумной сушки люцерне снизилось только на 25,5 %, что значительно ниже, чем в люцерне, высушенной методом солнечной сушки. Малый уровень разрушения каротина в течение хранения высушенной люцерны, предположительно, объясняется изомеризацией каротина, снижающей его окисление, под действием СВЧ-излучения. Сделан вывод о том, что метод СВЧ-вакуумной сушки является перспективным для организации промышленной сушки кормовых и лекарственных трав.*

Ключевые слова: *СВЧ-сушка, вакуум, удаление влаги, каротин, люцерна посевная *Medicago sativa* L., растительные материалы, хранение.*

Введение

Люцерна посевная (*Medicago sativa* L.) – одна из ведущих кормовых трав. Она содержит большое количество ценных питательных веществ – протеина и каротина [1, 2].

Скошенную листостебельную массу люцерны подвергают сушке до влажности 8–10 % для сохранения в зимний период [3]. Основным препятствием для сохранения питательной ценности высушенной люцерны является разрушение под действием высокой температуры, создаваемой при сушке, питательных веществ, особенно каротина [4].

Ранее убранный люцерну сушили непосредственно в поле под действием солнечного излучения [5, 6], но в настоящее время данный метод мало используется по причине большой продолжительности сушки [7] и резкого снижения содержания каротина [8]. Наиболее распространенным способом промышленной сушки является конвективная высокотемпературная сушка [6, 7]. Но недостаток этого способа – разрушение значительной части каротина под действием высокой температуры [8].

Предложены различные методы сушки растительных материалов, в том числе люцерны [9]. Наиболее эффективным из них является метод СВЧ-сушки, так как в процессе ее осуществления нагревается не растительная ткань, а содержащаяся в ней вода [6, 10, 11]. СВЧ-сушка также обеспечивает хорошую сохранность каротина и других питательных веществ по причине малой продолжительности нагрева [10, 12]. При нагреве растительных материалов внутри их частиц происходит повышение давления, приводящее к интенсивному удалению воды и водяного пара через капилляры и поры [13]. Поэтому процесс СВЧ-сушки может быть эффективным только при своевременном удалении образующегося водяного пара, причем естественная вентиляция не обеспечивает выполнение этого условия [14, 15]. Обеспечить эффективный отвод выделяющихся водяных паров возможно путем создания в сушильной камере пониженного атмосферного давления (вакуума) [16, 17].

Установлено, что СВЧ-вакуумная сушка эффективна для отвода влаги из растительных материалов [15, 17]. Но экспериментальных исследований СВЧ-вакуумной сушки люцерны не проводили. Комбинированное воздействие СВЧ-излучения и вакуума является, по нашему мнению, перспективным для сушки люцерны [18]. При пониженном атмосферном давлении снижается температура кипения воды, содержащейся в растительных материалах [15, 18, 19, 20]. Поэтому сушку возможно осуществлять при более низкой температуре, что предположительно обеспечит большую сохранность каротина в люцерне и других растениях. Но тема разрушения каротина в процессе СВЧ-сушки зеленых растений мало исследована.

Содержание каротина, как и его сохранность в течение зимнего периода – важный показатель качества высушенной люцерны [4, 21]. Необходимо отметить, что вопрос сохранности каротина в высушенной СВЧ-сушкой люцерне при ее длительном хранении исследован недостаточно.

Недостаток современных аппаратов для СВЧ-сушки – порционное высушивание растительного материала и многократное повторение цикла сушки [6, 9]. При такой технологии масштабирование результатов лабораторных исследований по СВЧ-сушке для промышленности является проблематичным [13]. Поэтому для эффективной промышленной СВЧ-сушки необходимо разработать сушильный аппарат непрерывного действия.

Цель исследований – изучить процесс СВЧ-вакуумной сушки зеленой люцерны в сушильном аппарате непрерывного действия для определения параметров, обеспечивающих максимальную сохранность каротина в процессе сушки и дальнейшего хранения.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2017–2018 гг. в Зерноградском районе Ростовской области. Основной предмет исследований – сохранность каротина в процессе СВЧ-сушки люцерны. Также изучена сохранность каротина в процессе хранения высушенной люцерны.

Люцерна убрана в начале сентября 2017 г. (третий укос). Она имела начальную влажность 75–80 %. Содержание каротина в люцерне перед сушкой составляло 113 мг/кг. Непосредственно перед сушкой листостебельная масса была механически измельчена до размера частиц 10–20 мм.

На рисунке 1 показан разработанный в АНЦ “Донской” экспериментальный аппарат для СВЧ-вакуумной сушки растительных материалов, способный выполнять сушку растительных материалов в непрерывном режиме. Конструкция аппарата защищена патентом [22]. Аппарат состоит из загрузочного бункера со шнеками, электропривода и сушильной камеры. Сушильная камера состоит из соединенных секций, в каждой из которых установлен магнетрон с волноводом и штуцер,

соединенный шлангом с вакуумным насосом. В процессе сушки частицы люцерны движутся по сушильной камере под действием создаваемого шнеками загрузочного бункера давления подпора, регулируемого перемещением заслонки. Частицы люцерны при движении по сушильной камере подвергаются действию СВЧ-излучения. Испаряемая влага удаляется из камеры вместе с воздухом под действием вакуумного насоса.

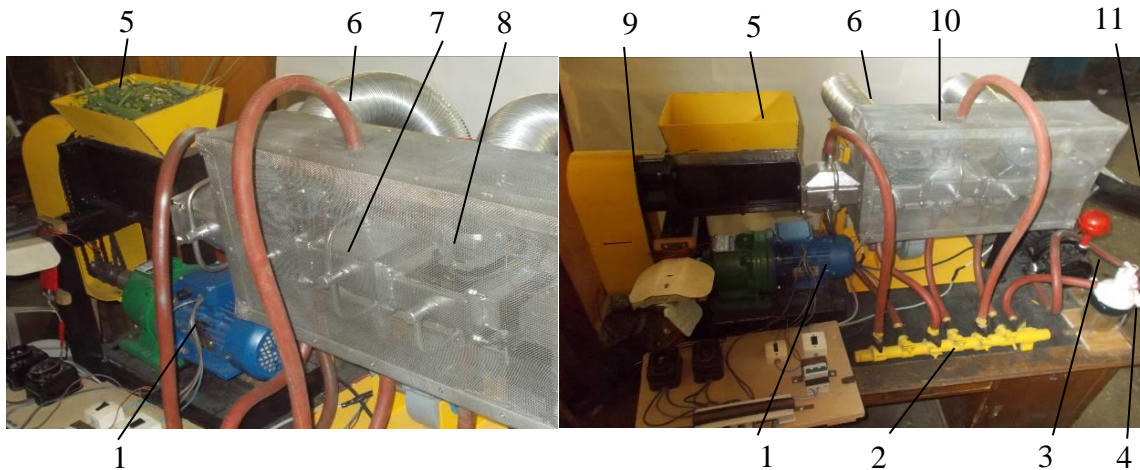


Рисунок 1 – Экспериментальный аппарат для СВЧ-вакуумной сушки растительных материалов

Примечание. 1. Электродвигатель; 2. Вакуумный коллектор; 3. Вакуумный насос; 4. Фильтр; 5. Загрузочный бункер; 6. Устройство для охлаждения магнетронов; 7. Сушильная камера; 8. Магнетроны; 9. Привод; 10. Барьер для защиты персонала от СВЧ-излучения; 11. Выгрузной лоток.

Сушку измельченной люцерны проводили при постоянной потребляемой мощности СВЧ-генератора сушильного аппарата 800 Вт и частоте излучения 2450 МГц. Температура нагрева люцерны изменялась в пределах от 120 до 185 °С. Влажность высушенной люцерны составляла 14–15 %. В сушильной камере создавалось пониженное атмосферное давление 80 кПа (± 1 %). Плотность люцерны в сушильной камере поддерживалась на уровне 220 кг/м³ (± 5 %).

Производительность сушильного аппарата изменяли методом изменения частоты вращения шнеков его загрузочного бункера под действием частотного преобразователя. При увеличении производительности аппарата соответственно сокращалось время нахождения частиц люцерны в его сушильной камере и уменьшалась температура их нагрева.

Температуру нагрева частиц люцерны в процессе СВЧ-сушки измеряли оптическим пирометром на выходе сушильной камеры аппарата.

Влажность люцерны определяли методом высушивания образцов массой 10 г в сушильном шкафу при температуре 105 °С до стабилизации массы (в течение 24 ч) [23]. Влажность измеряли как удельное содержание воды в общей массе люцерны, выраженное в процентах. Образцы взвешивали с точностью до 0,1 г. Интенсивность сушки измеряли как изменение влажности люцерны за время ее прохождения через одну секцию сушильной камеры.

Содержание каротина в люцерне определяли методом хроматографии в тонком слое сорбента [24, 25]. Содержание каротина измеряли как отношение его массы в мг к массе сухого вещества люцерны в кг.

Высушенную при температуре 125 °С люцерну хранили в непрозрачных пластиковых мешках в закрытом отапливаемом помещении при температуре 15–20 °С

в течение 180 дней: с 15 сентября 2017 г. по 13 марта 2018 г. Каждые 30 дней отбирали пробы и определяли содержание каротина. Для сравнения определяли содержание каротина в высушенной солнечной сушкой люцерне, которая хранилась в аналогичных условиях.

Результаты и их обсуждение

На рисунке 2 представлены результаты экспериментальных исследований по определению зависимости содержания каротина в высушенной люцерне от температуры ее нагрева в процессе СВЧ-вакуумной сушки. Они соответствуют результатам более ранних исследований [4, 8, 12], согласно которым степень разрушения каротина увеличивается при увеличении температуры сушки. Температура 120–140 °С является рациональной для СВЧ-вакуумной сушки люцерны посевной, так как при этом режиме наблюдается минимальное уменьшение содержания каротина. Например, при температуре сушки 125 °С содержание каротина в высушенной люцерне снижается на 23 % по сравнению с содержанием каротина в зеленой люцерне. При температуре сушки от 120 до 180 °С зависимость содержания каротина в высушенной люцерне от температуры нагрева практически линейная. При температуре нагрева более 180 °С скорость разрушения каротина значительно увеличивается.

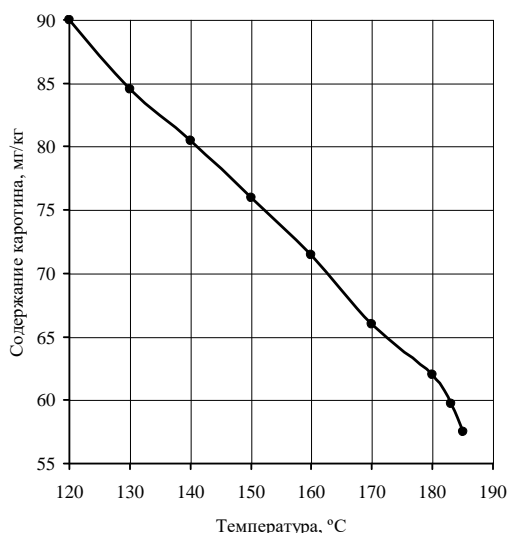


Рисунок 2 – Зависимость содержания каротина в высушенной люцерне от температуры СВЧ-вакуумной сушки

Рисунок 3 иллюстрирует зависимость содержания каротина в высушенной люцерне от метода и температуры сушки. Результаты экспериментов демонстрируют, что содержание каротина в люцерне, высушенной методом СВЧ-вакуумной сушки, в несколько раз превышает содержание каротина в люцерне, высушенной методом солнечной сушки.

Установлено, что для предотвращения излишнего разрушения каротина наиболее эффективен режим СВЧ-вакуумной сушки люцерны с минимальной температурой нагрева – 120–140 °С.

На рисунке 4 показано изменение содержания влаги в высушиваемой люцерне в зависимости от начальной влажности зеленой люцерны. Этот график показывает зависимость интенсивности процесса СВЧ-сушки от исходной влажности высушиваемого растительного материала.

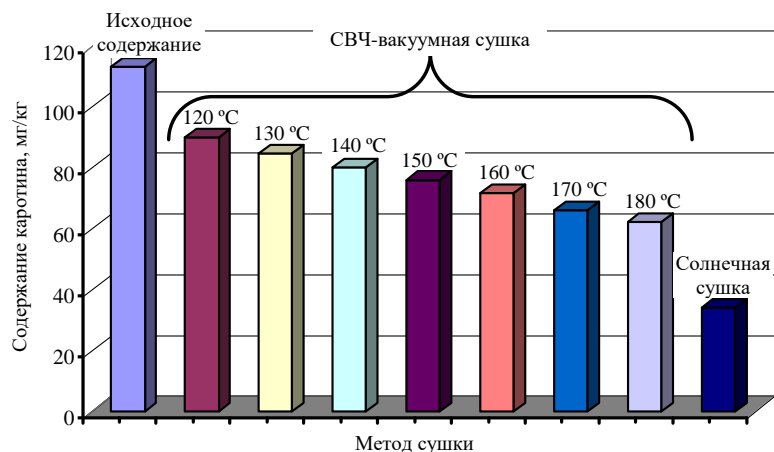


Рисунок 3 – Зависимость содержания каротина в высушенной люцерне от метода и температуры сушки

Установлено, что при уменьшении начальной влажности зеленой люцерны снижается интенсивность ее сушки, определяемая как изменение влажности люцерны за время ее прохождения через одну секцию сушильной камеры. При уменьшении начальной влажности люцерны ниже уровня 32–33 % дальнейшего снижения интенсивности сушки не происходит, и она остается постоянной, так как при этом начинается удаление химически связанной влаги [26]. Для осуществления этого процесса необходимо значительное количество энергии. Но мощность экспериментального сушильного аппарата недостаточна для удаления химически связанной влаги.

Аппарат для СВЧ-вакуумной сушки работает в непрерывном режиме. Измельченная зеленая люцерна движется через сушильную камеру, подвергаясь нагреву. Температура нагрева зависит от времени нахождения частиц люцерны в сушильной камере, которое определяется производительностью сушильного аппарата.

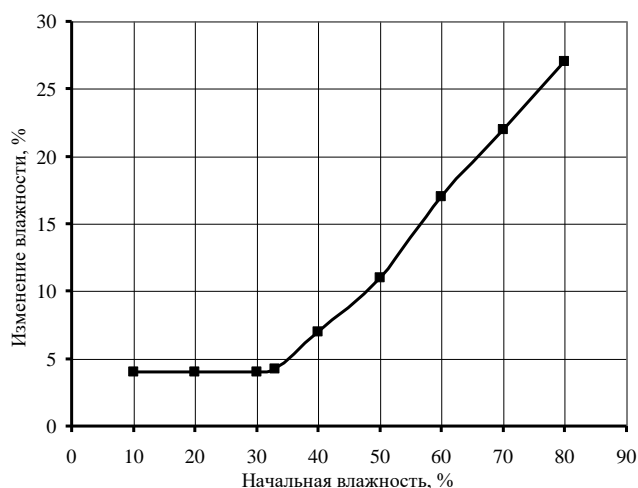


Рисунок 4 – Изменение влажности люцерны при СВЧ-вакуумной сушке в зависимости от исходной влажности зеленой люцерны

На рисунке 5 показана зависимость температуры СВЧ-вакуумной сушки люцерны от производительности сушильного аппарата. Установлено, что при увеличении производительности сушильного аппарата снижается температура

нагрева частиц люцерны. Оптимальная температура нагрева люцерны – 120–140 °С достигается при производительности аппарата 60–80 кг/ч. При такой производительности время СВЧ-сушки люцерны не превышает 5 с. Результаты эксперимента, показанные на рисунке 5, необходимо учитывать при масштабировании экспериментального сушильного аппарата для промышленного применения.

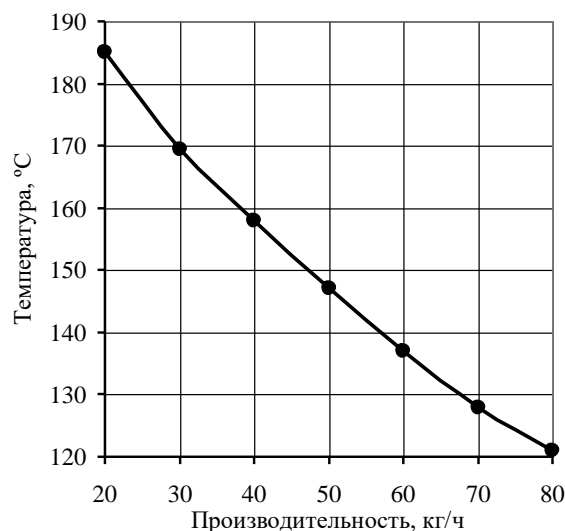


Рисунок 5 – Зависимость температуры СВЧ-вакуумной сушки люцерны от производительности сушильного аппарата

На рисунке 6 показан график изменения содержания каротина в высушенной люцерне в течение ее хранения в зимний период. Установлено, что за 180 дней содержание каротина в высушенной методом СВЧ-вакуумной сушки люцерне снизилось на 25,5 %. Содержание каротина в высушенной методом солнечной сушки люцерне снизилось за 180 дней на 48,1 %.

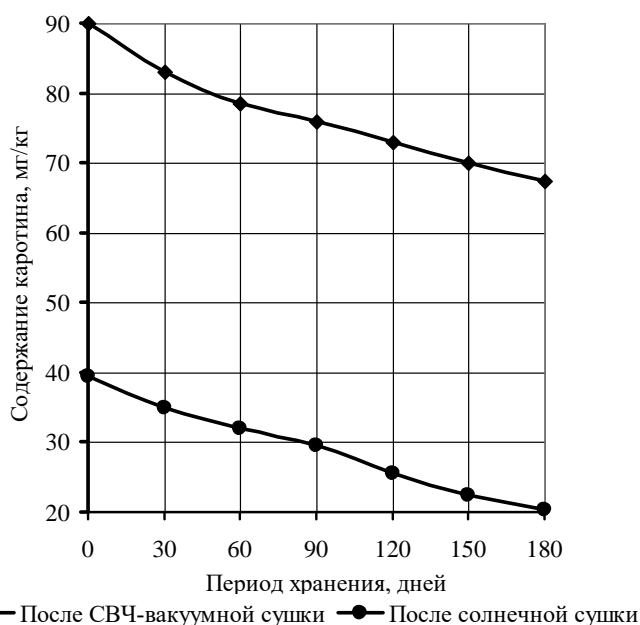


Рисунок 6 – Изменение содержания каротина в высушенной люцерне в процессе хранения

Содержание каротина в высушенной методом СВЧ-вакуумной сушки люцерне наиболее интенсивно снижалось в период 0–60 дней с начала хранения (на 12,8 %). В продолжение периода 60–180 дней с начала хранения содержание каротина уменьшилось на 12,7 % по сравнению с начальным. Содержание каротина в высушенной методом солнечной сушки люцерне снижалось более равномерно в течение всего периода хранения 0–180 дней.

Результаты данного эксперимента доказывают, что применение метода СВЧ-вакуумной сушки обеспечивает хорошую сохранность каротина в высушенной люцерне в течение зимнего периода хранения.

Результаты экспериментов подтвердили эффективность метода СВЧ-вакуумной сушки для обезвоживания растительного сырья. Новым экспериментальным результатом является установление факта высокой сохранности каротина при СВЧ-сушке зеленых растений, в частности люцерны.

Низкий уровень разрушения содержащегося в люцерне каротина в процессе СВЧ-сушки (см. рисунки 2 и 3) объясняется тем, что применение вакуума позволяет осуществлять сушку при более низкой температуре. Малый уровень разрушения каротина в течение периода хранения высушенной люцерны (см. рисунок 6), предположительно, объясняется его изомеризацией, вызывающей превращение β -каротина в α -каротин, что снижает его окисление кислородом воздуха. Факт снижения интенсивности сушки при уменьшении начальной влажности зеленой люцерны (см. рисунок 4) возможно, объясняется тем, что при малой величине начальной влажности начинается удаление из растительных тканей химически связанной влаги [26].

Выводы

Применение метода СВЧ-вакуумной сушки обеспечивает хорошую сохранность каротина в высушенной люцерне не только в процессе сушки и непосредственно после нее, но и в течение всего зимнего периода ее хранения. Температура 120–140 °С является рациональной для СВЧ-вакуумной сушки люцерны, так как при этом режиме наблюдается минимальное уменьшение содержания в ней каротина. За период хранения 180 дней содержание каротина в высушенной методом СВЧ-вакуумной сушки люцерне снизилось только на 25,5 %, что значительно ниже, чем в люцерне, высушенной методом солнечной сушки. Метод СВЧ-вакуумной сушки с использованием аппарата непрерывного действия является перспективным для организации промышленной сушки зеленой массы люцерны посевной, а также других кормовых и лекарственных трав.

Литература

1. Шевцов А. А., Дранников А. В., Дерканосова А. А., Коротаева А. А. Вегетативная масса растений, как нетрадиционный источник протеина // Актуальная биотехнология. 2013. № 1. С. 38–40.
2. Elgersma A., Soegaard K., Jensen S. K. Vitamin contents in forage herbs // Aspects of Applied Biology. 2012. No. 115. P. 75–80.
3. Muller C. J. C., Cruywagen C. W., du Toit F. J., Botha J. A. The drying rate and chemical composition of field and artificially dried lucerne hay (Short communication) // South African Journal of Animal Science. 2008. Vol. 38. No. 4. P. 350–354.
4. Park Y. W., Anderson M. J., Walters J. L., Mahoney A. W. Effects of processing methods and agronomic variables on carotene contents in forages and predicting carotene in alfalfa hay with near-infrared-reflectance spectroscopy 1, 2 // Journal of Dairy Science. 1983. Vol. 66. No. 2. P. 235–245.
5. Rotz C. A., Chen Y. Alfalfa drying model for the field environment // Transactions of the ASAE. 1985. Vol. 28. No. 5. P. 1686–1691.
6. Farhang A., Hosinpour A., Darvishi H., Khoshtaghaza M. H., Tavakoli Hashtjin T. Accelerated drying of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) by microwave dryer // Global Veterinaria. 2010. Vol. 5. No. 3. P. 158–163.
7. Adapa P. K., Schoenau G. J., Tabil L. G., Arinze E. A., Singh A. K., Dalai A. K. Customized and value-added high quality Alfalfa products: A new concept // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2007. Vol. 9. P. 1–28.

8. Suvarnakuta P., Devahastin S., Mujumdar A. S. Drying kinetics and β -carotene degradation in carrot undergoing different drying processes // *Journal of Food Science*. 2005. Vol. 70. No. 8. P. 520–526.
9. Moses J. A., Norton T., Alagusundaram K., Tiwari B. K. Novel drying techniques for the food industry // *Food Engineering Reviews*. 2014. Vol. 6. No. 3. P. 43–55.
10. Rogov I. A. Biological aspects of microwaves food's technologies // *Electronic processing of materials*. 2000. No. 5. P. 115–125.
11. Figiel A. Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum-microwave methods // *Journal of Food Engineering*. 2010. Vol. 98. No. 4. P. 461–470.
12. Cui Z. W., Xu S. Y., Sun D. W. Effect of microwave-vacuum drying on the carotenoids retention of carrot slices and chlorophyll retention of Chinese chive leaves // *Drying Technology*. 2004. Vol. 22. No. 3. P. 563–575.
13. Zhang M., Tang J. M., Mujumdar A. S., Wang S. Trends in microwave related drying of fruits and vegetables // *Trends in Food Science & Technology*. 2006. Vol. 17. No. 10. P. 524–534.
14. Wojdyła A., Figiel A., Lech K., Nowicka P., Oszmiański J. Effect of convective and vacuum-microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries // *Food and Bioprocess Technology*. 2014. Vol. 7. No. 3. P. 829–841.
15. Goreshnev M. A., Kazarin A. N., Lopatin V. V., Sekisov F. G., Smerdov O. V. Combined timber drying method // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. 2013. Vol. 86. No. 2. P. 336–339.
16. Goreshnev M., Litvishko E. Math modeling of vacuum conductive timber drying // *Advanced Materials Research*. 2014. No. 1040. P. 478–483.
17. Zielinska M., Michalska A. Microwave-assisted drying of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) fruits: Drying kinetics, polyphenols, anthocyanins, antioxidant capacity, colour and texture // *Food Chemistry*. 2016. Vol. 212. P. 671–680.
18. Cai Y., Hayashi K. Contribution of evaporation from transverse sections to drying rate during radio-frequency/vacuum drying // *Journal of the Japan Wood Research Society*. 2002. Vol. 48. No. 2. P. 73–79.
19. Горешнев М. А., Секисов Ф. Г. Исследование динамики влагоудаления при сушке комбинированной методом в вакууме // *Ползуновский альманах*. 2010. № 2. С. 257–259.
20. Антипов С. Т., Казарцев Д. А., Журавлев А. В., Виниченко С. А. Исследование кинетики сушки плодов черной смородины в вакуум-аппарате с СВЧ-энергоподводом // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2013. № 4 (58). С. 26–30.
21. Bruhn J. C., Oliver J. C. Effect of storage on tocopherol and carotene concentrations in alfalfa hay // *Journal of Dairy Science*. 1978. Vol. 61. No. 7. P. 980–982.
22. Пат. 2620462 Российская Федерация МПК F26B 9/06, F26B 3/347, F26B 3/06, F26B 25/06. Установка комбинированной сушки зеленой растительной массы / Пахомов В. И., Брагинцев С. В., Бахчевников О. Н., Рухляда А. И., Дровалев А. В.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» № 2015150664; заявл. 25.11.2015; опубл. 25.05.2017, Бюл. № 15.
23. Bennamoun L., Chen Z., Salema A. A., Afzal M. T. Moisture diffusivity during microwave drying of wastewater sewage sludge // *Transactions of the ASABE*. 2015. T. 58. № 2. С. 501–508.
24. Barba A. O., Hurtado M. C., Mata M. S., Ruiz V. F., De Tejada M. L. S. Application of a UV-vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and β -carotene in vegetables // *Food Chemistry*. 2006. Vol. 95. No. 2. P. 328–336.
25. Чечета О. В., Сафонова Е. Ф., Сливкин А. И. Методика определения каротиноидов методом хроматографии в тонком слое сорбента // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2008. Vol. 8. No. 2. P. 320–326.
26. Gachovska T. K., Ngadi M., Oluka S., Raghavan V. Electro-plasmolysis of alfalfa mash // *19th IEEE Pulsed Power Conference (PPC)*. 2013. P. 1–6.

References

1. Shevtsov A. A., Drannikov A. V., Derkanosova A. A., Korotaeva A. A. Vegetative mass of plants as untraditional source of protein // *Aktualnaya biotekhnologia*. 2013. No. 1. P. 38–40.
2. Elgersma A., Soegaard K., Jensen S. K. Vitamin contents in forage herbs // *Aspects of Applied Biology*. 2012. No. 115. P. 75–80.
3. Muller C. J. C., Cruywagen C. W., du Toit F. J., Botha J. A. The drying rate and chemical composition of field and artificially dried lucerne hay (Short communication) // *South African Journal of Animal Science*. 2008. Vol. 38. No. 4. P. 350–354.
4. Park Y. W., Anderson M. J., Walters J. L., Mahoney A. W. Effects of processing methods and agronomic variables on carotene contents in forages and predicting carotene in alfalfa hay with near-infrared-reflectance spectroscopy 1, 2 // *Journal of Dairy Science*. 1983. Vol. 66. No. 2. P. 235–245.
5. Rotz C. A., Chen Y. Alfalfa drying model for the field environment // *Transactions of the ASAE*. 1985. Vol. 28. No. 5. P. 1686–1691.
6. Farhang A., Hosinpour A., Darvishi H., Khoshtaghaza M. H., Tavakolli Hashtjin T. Accelerated drying of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) by microwave dryer // *Global Veterinaria*. 2010. Vol. 5. No. 3. P. 158–163.
7. Adapa P. K., Schoenau G. J., Tabil L. G., Arinze E. A., Singh A. K., Dalai A. K. Customized and value-added high quality Alfalfa products: A new concept // *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 2007. Vol. 9. P. 1–28.

8. Suvarnakuta P., Devahastin S., Mujumdar A. S. Drying kinetics and β -carotene degradation in carrot undergoing different drying processes // *Journal of Food Science*. 2005. Vol. 70. No. 8. P. 520–526.
9. Moses J. A., Norton T., Alagusundaram K., Tiwari B. K. Novel drying techniques for the food industry // *Food Engineering Reviews*. 2014. Vol. 6. No. 3. P. 43–55.
10. Rogov I. A. Biological aspects of microwaves food's technologies // *Electronic processing of materials*. 2000. No. 5. P. 115–125.
11. Figiel A. Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum-microwave methods // *Journal of Food Engineering*. 2010. Vol. 98. No. 4. P. 461–470.
12. Cui Z. W., Xu S. Y., Sun D. W. Effect of microwave-vacuum drying on the carotenoids retention of carrot slices and chlorophyll retention of Chinese chive leaves // *Drying Technology*. 2004. Vol. 22. No. 3. P. 563–575.
13. Zhang M., Tang J. M., Mujumdar A. S., Wang S. Trends in microwave related drying of fruits and vegetables // *Trends in Food Science & Technology*. 2006. Vol. 17. No. 10. P. 524–534.
14. Wojdyła A., Figiel A., Lech K., Nowicka P., Oszmiański J. Effect of convective and vacuum–microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries // *Food and Bioprocess Technology*. 2014. Vol. 7. No. 3. P. 829–841.
15. Goreshnev M. A., Kazarin A. N., Lopatin V. V., Sekisov F. G., Smerdov O. V. Combined timber drying method // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. 2013. Vol. 86. No. 2. P. 336–339.
16. Goreshnev M., Litvishko E. Math modeling of vacuum conductive timber drying // *Advanced Materials Research*. 2014. No. 1040. P. 478–483.
17. Zielinska M., Michalska A. Microwave-assisted drying of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) fruits: Drying kinetics, polyphenols, anthocyanins, antioxidant capacity, colour and texture // *Food Chemistry*. 2016. Vol. 212. P. 671–680.
18. Cai Y., Hayashi K. Contribution of evaporation from transverse sections to drying rate during radio-frequency/vacuum drying // *Journal of the Japan Wood Research Society*. 2002. Vol. 48. No. 2. P. 73–79.
19. Goreshnev M. A., Sekisov F. G. Research of dehumidification dynamics when drying by a combined method in a vacuum // *Polzunovsky Almanac*. 2010. No. 2. P. 257–259.
20. Antipov S. T., Kazartsev D. A., Zhuravlev A. V., Vinichenko S. A. Investigation of the kinetics of black currant berries drying inside the vacuum apparatus with microwave energy supply // *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2013. No. 4 (58). P. 26–30.
21. Bruhn J. C., Oliver J. C. Effect of storage on tocopherol and carotene concentrations in alfalfa hay // *Journal of Dairy Science*. 1978. Vol. 61. No. 7. P. 980–982.
22. Patent 2620462 Russian Federation MPK F26B 9/06, F26B 3/347, F26B 3/06, F26B 25/06. / Pakhomov V. I., Braginets S. V., Bakhchevnikov O. N., Rukhlyada A. I., Drovalov A. V.; applicant and patent holder FSBSI «Agrarian research center “Donskoy”». No. 2015150664; appl. 25.11.2015; publ. 25.05.2017, Bull. No. 15.
23. Bennamoun L., Chen Z., Salema A. A., Afzal M. T. Moisture diffusivity during microwave drying of wastewater sewage sludge // *Transactions of the ASABE*. 2015. Vol. 58. No. 2. P. 501–508.
24. Barba A. O., Hurtado M. C., Mata M. S., Ruiz V. F., De Tejada M. L. S. Application of a UV–vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and β -carotene in vegetables // *Food Chemistry*. 2006. Vol. 95. No. 2. P. 328–336.
25. Checheta O. V., Safonova E. F., Slivkin A. I. Technique of determination of carotinoids by a chromatography method in a thin layer of a sorbent // *Sorption and Chromatographic Processes. (Sorbtsionnye i Khromatograficheskie Protsessy)*. 2008. Vol. 8. No. 2. P. 320–326.
26. Gachovska T. K., Ngadi M., Oluka S., Raghavan V. Electro-plasmolysis of alfalfa mash // *19th IEEE Pulsed Power Conference (PPC)*. 2013. P. 1–6.

UDC 631.365.23:533.9.082.74:66.047.3

Pakhomov V. I., Braginets S. V., Bakhchevnikov O. N., Rukhlyada A. I.

RESULTS OF THE EXPERIMENTAL STUDY ON ALFALFA MICROWAVE-VACUUM DRYING PROCESS

Summary. *The subject of carotene retention in an alfalfa during microwave-vacuum drying and in case of storage is investigated insufficiently. A research objective was to conduct the pilot studies of a green alfalfa microwave-vacuum drying process in the continuous drying apparatus for determining the parameters ensuring the maximum carotene retention during the drying and storage. Studies were conducted in 2017–2018 in Zernogradsky district of Rostov region. Carotene retention during the alfalfa microwave-vacuum drying and its storage were the subject of the research. Carotene content was determined by a chromatography method in a sorbent thin layer. The test apparatus for microwave-vacuum drying capable to dry plant materials in the continuous mode was used. We identified that microwave-vacuum drying ensures good carotene retention both in the*

drying process of green alfalfa and during storage of the dried one. Results of experiments showed that the carotene content in alfalfa which is dried up by the method of microwave-vacuum drying several times exceeds the carotene content in alfalfa which is dried up by the method of solar drying. Carotene retention in microwave-vacuum drying process was the main object of this research. For preventing excessive carotene destruction, the mode of microwave-vacuum drying of an alfalfa at a minimum temperature of heating 120–140 °C was the most effective. Low level of carotene destruction in microwave-vacuum drying process was interpreted by the fact that use of vacuum allows realizing drying at a lower temperature. Carotene content in alfalfa which was dried up by the method of microwave-vacuum drying during the storage period of 180 days decreased only by 25,5 % that is much lower, than in the alfalfa which was dried up by the method of solar drying. Low level of carotene destruction during storage of the dried alfalfa hypothetically was interpreted by the isomerization of carotene reducing its oxidation. The method of microwave-vacuum drying is perspective for the organization of industrial drying of forage and medicinal herbs.

Keywords: *microwave drying, vacuum, moisture elimination, carotene, alfalfa Medicago sativa L., plant materials, storage.*

Пахомов Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и оборудование переработки продукции АПК, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»; 344000, Россия, Ростовская обл., г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1; e-mail: vniptim@gmail.com.

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

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

Рухляда Артем Игоревич, младший научный сотрудник отдела переработки продукции растениеводства, структурное подразделение «СКНИИМЭСХ», ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Ленина, 14; e-mail: Ruhlada1990@yandex.ru.

Pakhomov Viktor Ivanovich, Dr. Sc. (Tech.), professor, head of the Department of Technologies and equipment for processing production of agriculture, Don State Technical University; 1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, Rostov Region, 344000, Russia; e-mail: vniptim@gmail.com.

Bakhchevnikov Oleg Nikolayevich, Cand. Sc. (Tech.), researcher of the Vegetable Feedstock Processing Department, structural unit SKNIIMESH, Agricultural Scientific Centre Donskoy; 14, Lenin Str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: oleg-b@list.ru.

Braginets Sergey Valerievich, Cand. Sc. (Tech.), leading researcher of the Vegetable Feedstock Processing Department, structural unit SKNIIMESH, Agricultural Scientific Centre Donskoy; 14, Lenin Str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: braginets@mail.ru.

Rukhlyada Artem Igorevich, junior researcher of the Vegetable Feedstock Processing Department, structural unit SKNIIMESH, Agricultural Scientific Centre Donskoy; 14, Lenin Str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: Ruhlada1990@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 01.09.2018.

Дата принятия к печати – 03.10.2018.

**О МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНКРЕТА В СЫРЬЕ РОЗЫ
ЭФИРОМАСЛИЧНОЙ И ШАЛФЕЯ МУСКАТНОГО**

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. В настоящее время большим спросом пользуются конкреты шалфея мускатного и розы. Оценка сырья шалфея и розы по содержанию и качеству конкрета является актуальной для производителей и селекционеров, так как дает информацию об использовании того или иного сорта или сортообразца для получения различных видов продукции и выведения новых сортов. Цель исследований – разработка методик, которые позволили бы с высокой степенью точности и надежности проводить определение содержания конкрета в сырье шалфея (*Salvia sclarea* L.) и сырье розы (*Rosa* L.), а также в селекционном растительном материале. Для определения конкрета в изучаемом сырье применяют методики, которые разработаны более 30 лет назад. В результате проведенных исследований разработаны методики, включающие три методических подхода, обеспечивающих получение сравнимых данных по содержанию конкрета в сырье. Первый подход заключался в определении массовой доли конкрета путем двукратного экстрагирования сырья в растворителе (нефрас) при температуре окружающей среды в течение 120 мин. Второй подход – экстрагирование сырья при температуре кипения растворителя в течении 60 мин. Третий подход – экстрагирование сырья в аппарате Сокслета. Продолжительность экстрагирования сырья шалфея 150 мин, количество сливов – 12 раз; для сырья розы соответственно 180 мин и 15 раз. Установлено, что все три подхода позволяют извлекать из сырья практически одинаковое количество конкрета по качеству соответствующего требованиям нормативных документов. Разработанные методики могут быть использованы в условиях производственных лабораторий, а также при создании новых сортов с оценкой их по целевому продукту (конкрет).

Ключевые слова: сырье, конкрет, шалфей *Salvia sclarea* L., роза *Rosa* L., методика, экстрагирование.

Введение

Эфиромасличное сырье перерабатывается различными методами (физико-химические и механические). Выбор метода переработки сырья зависит от его свойств: типа эфиромасличных вместилищ, характера связи эфирного масла с растительным материалом, а также от химического состава эфирного масла. В настоящее время в эфиромасличном производстве широко применяется экстракция летучими растворителями. Метод основан на растворимости ароматических веществ растений в органических растворителях. В результате экстрагирования эфиромасличного сырья извлекают эфирное масло, труднолетучие смолистые вещества, воска, пигменты, жирные кислоты и прочие вещества. При экстрагировании сырья гидрофобным растворителем получают конкрет – ароматический экстракт. Данная продукция находит широкое применение в различных отраслях промышленности: парфюмерно-косметической, фармацевтической и в медицине. В настоящее время большим спросом пользуются конкреты шалфея мускатного (*Salvia sclarea* L.) и розы эфиромасличной (*Rosa* L.).

Шалфей мускатный в промышленных масштабах возделывают в южных регионах России (Крым и Краснодарский край). Конкрет шалфея мускатного,

полученный из свежего, подвяленного или высушенного сырья путем экстрагирования его углеводородным растворителем, представляет собой воскоподобную массу, желтовато-зеленого или коричневатого-зеленого цвета. Имеет запах, характерный для соцветий шалфея мускатного. В производстве получают еще два вида конкрета: конкрет шалфея мускатного обезэфиренный, полученный из конкрета шалфея мускатного после извлечения из него эфирного масла путем паровой дистилляции и конкрет шалфея мускатного из отходов после паровой дистилляции.

Конкрет шалфея мускатного применяют для получения склареола (амбриаль и амброксид) и абсолютного масла (абсолю), которые используют в качестве фиксатора запаха и для отдушек при составлении душистых композиций.

Сорта шалфея мускатного, выращиваемые в производстве: Вознесенский 24, Салют, С 785, Ай-Тодор, Тайган и Крымский поздний Орфей. Все сорта растений включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на 8 октября 2018 года [1, 2].

В Крыму розу эфиромасличную традиционно выращивают для получения промышленного сырья и различных продуктов его переработки (эфирное масло, конкрет, абсолю и др.). При переработке розы эфиромасличной способом экстракции получают два основных продукта: конкрет и абсолю. Конкрет розы представляет собой мазеобразную массу оранжевого или зеленоватого цвета с сильным запахом розы. В нем содержится не менее 50 % абсолю и не менее 7 % веществ, перегоняемых с водяным паром. Конкрет используют в производстве парфюмерно- косметических изделий высшего качества и в медицине. Он обладает антисептическим, противоревматическим, бактерицидным, ранозаживляющим действием. Основные сорта розы эфиромасличной, возделываемые в Крыму: Радуга, Лань, Лада, Золушка и Легрина (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на восьмое октября 2018 г.) [1, 2].

Оценка сырья шалфея мускатного и розы эфиромасличной по содержанию конкрета является актуальной для производителя и селекционера, так как дает информацию об использовании того или иного сорта или сортообразца для получения различных видов продукции и выведении новых сортов.

Для определения конкрета в сырье шалфея мускатного и розы эфиромасличной в научно-исследовательской работе и в производстве применяют методики, которые разработаны более 30 лет назад [5, 6]. Данные методики требуют пересмотра и разработки стандартизированной методики, которую можно применять как в научных исследованиях, так и в производстве.

Цель исследований – разработка методик, которые позволили бы с высокой степенью точности и надежности проводить определение содержания конкрета в сырье шалфея мускатного или отходах после паровой дистилляции и в сырье розы эфиромасличной, а также в селекционном растительном материале.

Для этого необходимо решить следующие задачи:

- выбрать экстрагент;
- уточнить параметры экстрагирования сырья;
- сравнить методы экстрагирования сырья изучаемых эфирносов;
- установить метрологические характеристики методов;
- провести сравнительные испытания методов на свежесобранном сырье шалфея мускатного и розы эфиромасличной.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2016 и 2017 гг. в отделе переработки и стандартизации эфиромасличного сырья ФГБУН «Научно-исследовательский

институт сельского хозяйства Крыма». Материал исследований – свежееубранное сырье шалфея мускатного и розы эфиромасличной сортов селекции ФГБУН «НИИСХ Крыма», а также растительные отходы шалфея мускатного после извлечения эфирного масла.

В качестве экстрагента применяли нефрас (экстракционный бензин марки А) с содержанием гексана и его изомеров не менее 95 % и температурным пределом кипения 63–70 °С. Нефрас-П1-63/70 °С (гексановый растворитель) способен легко растворять органические соединения; быстро испаряться, а также обладает стабильностью качества и гарантийным сроком хранения.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по методикам Б. А. Доспехова и ОФС.1.1.0013.15 [3, 4].

Результаты исследований и их обсуждение

В результате проведенных исследований разработаны три методики, включающие разные методические подходы, обеспечивающие получение данных по содержанию конкрета в эфиромасличном сырье.

Первый подход заключался в определении массовой доли конкрета путем двукратного настаивания сырья в растворителе при температуре окружающей среды в течение 120 мин.

В результате эксперимента определены основные параметры процесса экстрагирования сырья. Навеску сырья, измельченного на отрезки 2–3 см, массой 50 г, количественно переносили в коническую колбу вместимостью 1000 см³, заливали 500 см³ растворителя, хорошо перемешивали стеклянной палочкой до полного удаления пузырьков воздуха, закрывали корковой пробкой и настаивали в течение 30 мин. Через 30 мин содержимое (мисцеллу) сливали в плоскодонную колбу вместимостью 1000 см³ и вновь заливали сырье растворителем в количестве 400 см³. Время второго настаивания – 90 мин. Первый и второй сливы объединяли. Мисцеллу сливали через воронку с ватным фильтром. Сырье в колбе и воронку с ватой промывали три раза порциями растворителя по 10–15 см³ во избежание потерь мисцеллы. При наличии в мисцелле свободной влаги (в виде капель) ее сушили сульфатом натрия. Затем мисцеллу сливали в колбу и упаривали на установке для отгонки растворителя (рисунок 1) до объема 80–85 см³. Температура воды в бане не превышала температуру кипения растворителя 70 °С более, чем на 5 °С. Отгонку проводили со скоростью две-три капли в секунду до остаточного объема мисцеллы в колбе 30–40 см³.

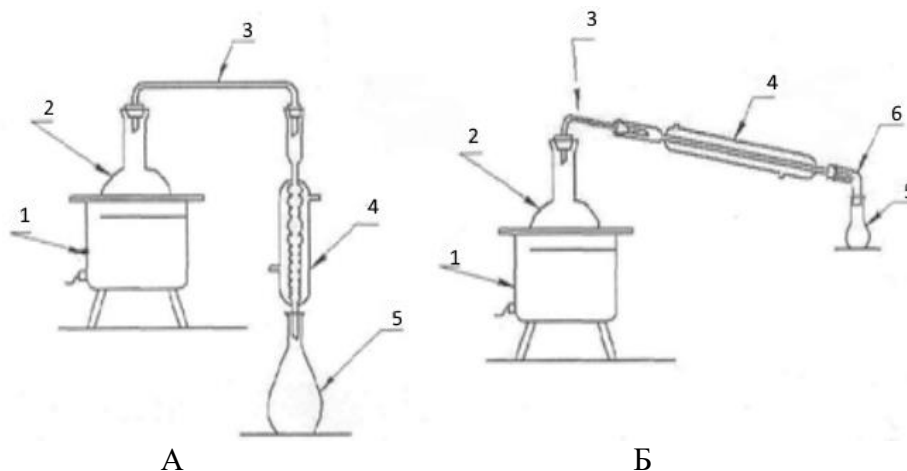


Рисунок 1 – Установки для отгонки растворителя из мисцеллы

Примечание. А. Установка с шариковым холодильником (обратный); Б. Установка с холодильником Либиха (прямой). 1. Водяная баня; 2. Плоскодонная колба; 3. Соединительная трубка; 4. Холодильник; 5. Приемная колба; 6. Алонж.

Полученную мисцеллу после охлаждения до температуры окружающей среды помещали в чистую, сухую, предварительно взвешенную колбу вместимостью 100 см³. Результат взвешивания в граммах записывали до четвертого десятичного знака. Далее колбу с предварительно упаренной мисцеллой (30–40 см³) помещали на водяную баню установки (рисунок 1) и продолжали отгонку растворителя до прекращения поступления капель растворителя из трубки холодильника в приемную колбу. Затем открытую колбу выдерживали в горизонтальном положении в термостате при температуре 50 ± 1 °С в течение 30 мин. Остатки растворителя можно удалять и в вакуум-сушильном шкафу при температуре 40–45 °С и вакуумметрическом давлении 40–47 кПа (300–350 мм рт. ст.) в течение 15 мин. Для извлечения экстрактивных веществ из растительного сырья можно использовать магнитные мешалки, что позволяет интенсифицировать процесс экстракции, а отгонку растворителя из мисцеллы проводить на ротационном испарителе при температуре 40–45 °С [7]. После охлаждения до температуры окружающей среды колбу с конкретом взвешивали. Результат взвешивания в граммах записывали до четвертого десятичного знака. Определение проводили в двукратной повторности.

Массовую долю конкрета (Э) в процентах вычисляли по формуле (1):

$$\text{Э} = \frac{m_1}{m} \times 100, \quad (1)$$

где m_1 – масса конкрета в колбе, г;

m – масса навески сырья, г;

100 – коэффициент пересчета в проценты.

За результат анализа принимали среднее арифметическое двух параллельных определений, допустимое расхождение между которыми при доверительной вероятности $P = 0,95$ составляло 10 % относительно среднего результата.

Все вычисления проводили до тысячных долей процента с последующим округлением результата до второго десятичного знака.

Экспериментально установлено, что допускаемые расхождения между результатами двух параллельных определений не должны превышать:

- для сырья шалфея мускатного при массовой доле конкрета от 0,10 до 0,50 % – 0,05 %, а при массовой доле конкрета свыше 0,50 и до 1,00 % – 0,10 %;
- для сырья розы эфиромасличной при массовой доле конкрета от 0,10 до 0,50 % – 0,05 %.

Сравнительный анализ разработанной и существующих методик определения конкрета показал, что в разработанной методике были уточнены следующие параметры проведения анализа:

- масса навески сырья уменьшена вдвое;
- соотношение сырья к растворителю составляло 1:10;
- токсичный и взрывоопасный растворитель петролейный эфир заменен на нефрас, обладающий способностью легко растворять органические соединения и быстро испаряться;
- уточнено время настаивания сырья 120 мин;
- уточнены параметры сушки мисцеллы (давление – 40–47 кПа, температура – 40–45 °С);
- установлены метрологические параметры результатов измерения.

Второй подход заключался в определении массовой доли конкрета настаиванием (экстракция) при температуре кипения растворителя.

Суть метода – двукратная экстракция сырья при температуре кипения растворителя в течение 60 мин. Порядок проведения анализа аналогичен методу холодного настаивания. Подготовленную колбу с навеской и растворителем

соединяли с обратным холодильником и помещали на водяную баню. Температура воды в бане не превышала температуру кипения растворителя (70 °С) более чем на 5 °С. Экстракцию сырья проводили в течение 30 мин при температуре кипения растворителя. Мисцеллу после первой экстракции охлаждали и сливали в колбу с пробкой вместимостью 1000 см³, сырье вновь заливали растворителем в количестве 400 см³ и проводили вторую экстракцию. Полученные охлажденные мисцеллы объединяли. Далее порядок определения конкрета в сырье был такой же, как приведено выше. В методике установлены метрологические параметры результатов измерения.

Третий подход заключался в экстрагировании сырья в аппарате Сокслета. Суть метода – многократная обработка сырья органическим растворителем при температуре кипения растворителя в аппарате Сокслета. Навеску сырья, измельченную на отрезки 2–3 см, массой 50 г, количественно переносили в чистый и сухой экстрактор аппарата Сокслета, предварительно закрыв отверстие сифонной трубки ватой. Экстрактор соединяли с приемной колбой и наливали в него растворитель до верхнего уровня сифонной трубки. После слива растворителя в колбу, экстрактор на половину объема вновь заполняли растворителем и соединяли с укрепленным на штативе холодильником. Собранный аппарат ставили на водяную баню так, чтобы приемная колба была на $\frac{2}{3}$ погружена в воду. Температура воды в бане не превышала температуру кипения углеводородного растворителя (70 °С) более, чем на 5 °С. Продолжительность экстракции – 150 мин, количество сливов – 12 раз для сырья шалфея мускатного; для сырья розы эфиромасличной продолжительность экстракции – 180 мин, количество сливов – 15 раз. После окончания экстракции баню выключали, аппарат охлаждали и, наклоня экстрактор в сторону сифонной трубки, полностью сливали из него мисцеллу в приемную колбу. Полученную мисцеллу предварительно упаривали до 30–40 см³ и рассчитывали массовую долю конкрета в сырье по формуле, приведенной выше.

В данной методике уточнены следующие параметры проведения экстрагирования сырья по сравнению с существующей:

- продолжительность экстрагирования сырья розы увеличена до 180 мин, шалфея мускатного – до 150 мин;
- количество сливов растворителя увеличено для розы – до 15 раз, шалфея – до 12 раз;
- установлены метрологические параметры результатов измерения.

Экспериментально установлено, что разработанные методики позволяют наиболее полно извлекать конкрет из сырья изучаемых эфирносонов (на 5–10 % больше) по сравнению с применяемыми в настоящее время и обеспечить безопасность проведения анализа.

Содержание конкрета в сырье разных сортов изучаемых эфирносонов определено с использованием трех разработанных методик (таблицы 1 и 2).

Сравнительный анализ данных таблицы 1 показал, что содержание конкрета в сырье шалфея мускатного при разных методах извлечения находилось практически на одном уровне. Количество конкрета зависело от биологического потенциала сорта. Также следует отметить, что качественные характеристики конкрета по содержанию «абсолю» и «склареол» каждого сорта не зависели от метода его извлечения. Показатель «перегоняющиеся с паром» был выше у конкретов, полученных методом холодного настаивания в среднем на 2–3 %. В целом, полученные качественные характеристики конкретов шалфея мускатного соответствовали установленным нормативам в НД (ДСТУ 4652) [8].

Таблица 1 – Конкрет шалфея мускатного различных сортов и его качество в зависимости от метода извлечения

Наименование образца (сорт)	Массовая доля, concreta, % (на абсолютно сухую массу)	Качество concreta (массовая доля, %)		
		«абсолю»	«перегоняющихся с паром»	склареола
метод холодного настаивания				
С-785	3,8 ± 0,14	70,3 ± 0,64	12,2 ± 0,24	67,2 ± 0,42
Крымский поздний	4,0 ± 0,14	68,9 ± 0,43	17,6 ± 0,24	73,9 ± 0,37
Ай-Тодор	3,7 ± 0,15	70,3 ± 0,54	14,9 ± 0,24	67,8 ± 0,47
Тайган	3,5 ± 0,11	69,8 ± 0,81	12,8 ± 0,22	62,2 ± 0,34
Орфей	4,5 ± 0,13	68,7 ± 0,50	11,6 ± 0,24	65,9 ± 0,46
метод настаивания при температуре кипения растворителя				
С-785	4,0 ± 0,15	71,7 ± 0,62	10,0 ± 0,14	63,4 ± 0,38
Крымский поздний	4,2 ± 0,14	72,2 ± 0,70	16,7 ± 0,20	72,6 ± 0,56
Ай-Тодор	3,9 ± 0,15	75,4 ± 0,62	10,3 ± 0,13	70,1 ± 0,43
Тайган	3,9 ± 0,11	71,5 ± 0,56	9,9 ± 0,08	68,2 ± 0,34
Орфей	4,7 ± 0,13	70,0 ± 0,48	8,6 ± 0,08	66,7 ± 0,28
метод Сокслета				
С-785	3,9 ± 0,15	72,4 ± 0,64	11,4 ± 0,13	65,2 ± 0,32
Крымский поздний	4,1 ± 0,14	71,5 ± 0,52	15,1 ± 0,24	75,4 ± 0,63
Ай-Тодор	3,8 ± 0,15	69,5 ± 0,47	10,3 ± 0,15	69,6 ± 0,37
Тайган	3,7 ± 0,11	67,9 ± 0,62	10,2 ± 0,15	66,9 ± 0,28
Орфей	4,6 ± 0,13	68,2 ± 0,47	9,6 ± 0,10	64,3 ± 0,31

Таблица 2 – Конкрет розы эфиромасличной различных сортов и его качество в зависимости от метода извлечения

Наименование образца (сорт)	Массовая доля concreta, % (на сырую массу)	Качество concreta (массовая доля, %)	
		«абсолю»	«перегоняющихся с паром»
метод холодного настаивания			
Золушка	0,32 ± 0,03	46,8 ± 0,58	18,0 ± 0,18
Лань	0,30 ± 0,03	63,3 ± 0,81	17,9 ± 0,14
Легрина	0,26 ± 0,03	54,5 ± 0,42	13,9 ± 0,12
Лада	0,30 ± 0,04	52,8 ± 0,36	12,8 ± 0,12
метод настаивания при температуре кипения растворителя			
Золушка	0,34 ± 0,04	49,8 ± 0,60	17,8 ± 0,18
Лань	0,33 ± 0,06	62,8 ± 0,76	16,3 ± 0,15
Легрина	0,28 ± 0,04	52,4 ± 0,52	14,3 ± 0,12
Лада	0,32 ± 0,06	50,7 ± 0,37	13,2 ± 0,12
метод Сокслета			
Золушка	0,30 ± 0,03	47,9 ± 0,37	17,5 ± 0,16
Лань	0,29 ± 0,03	64,0 ± 0,57	18,1 ± 0,16
Легрина	0,26 ± 0,02	50,8 ± 0,42	14,0 ± 0,11
Лада	0,34 ± 0,03	51,6 ± 0,48	12,6 ± 0,11

Примечание. $\bar{x} \pm S_x$ по содержанию concreta в зависимости от метода извлечения составляет для сортов: Золушка – 0,32 ± 0,02; Лань – 0,31 ± 0,03; Легрина – 0,27 ± 0,01; Лада – 0,32 ± 0,02.

Аналогичные данные получены и для сырья розы. Так, сравнительный анализ данных таблицы 2 показал, что количество concreta при использовании трех методов извлечения из сырья розы эфиромасличной различных сортов находилось на одном уровне и зависело от особенностей сорта. Из цветков розы сортов Лада, Золушка и Лань количество извлекаемого concreta варьировало в пределах от 0,29 до 0,34 %, а у сорта Легрина – от 0,26 до 0,28 %. Качественные характеристики concreta по содержанию «абсолю» и «перегоняющихся с паром» каждого сорта зависели от биологических особенностей сорта, а не от метода его извлечения и соответствовали требованиям НД (ДСТУ 5056) [9].

Таким образом, установлено, что при соблюдении требований разработанных методик можно извлекать из сырья шалфея мускатного и розы эфиромасличной практически одинаковое количество конкрета, по качеству соответствующее требованиям, установленным в нормативной документации.

Выводы

Получены экспериментальные данные для разработки трех методик определения содержания конкрета в сырье шалфея мускатного и розы эфиромасличной с использованием трех методических подходов (метод холодного настаивания, экстрагирование сырья при горячем настаивании и в аппарате Сокслета).

В разработанных методиках уточнены следующие параметры проведения анализа (масса навески, соотношение сырья к растворителю, продолжительность экстрагирования сырья, параметры сушки мисцеллы, количество сливов растворителя, петролейный эфир заменен на нефрас) и установлены метрологические параметры результатов измерения.

Установлено, что все три методических подхода позволяют извлекать из сырья практически одинаковое количество конкрета (например, из сырья: шалфея мускатного сорт Крымский поздний 4,0–4,2%; сорта Орфей 4,5–4,7%; розы эфиромасличной сорта Золушка – 0,30–0,34%, сорта Лань 0,29–0,33%) по качеству, соответствующего требованиям нормативной документации. В методиках регламентированы метрологические характеристики результатов измерения.

Методики определения конкрета в эфиромасличном сырье шалфея мускатного и розы эфиромасличной могут быть использованы в условиях производства, а также при создании новых сортов с оценкой их по целевому продукту (конкрет).

Литература

1. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (на 8 октября 2018 г.). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://reestr.gossort.com/reestr/sort/> (дата обращения 17.10.2018).
2. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнев А. В., Назаренко Л. Г. Эфиромасличная отрасль Крыма. Вчера, сегодня, завтра. Симферополь: ИТ «Ариал», 2017. 244 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. ОФС.1.1.0013.15. Статистическая обработка результатов химического эксперимента // Государственная фармакопея РФ. Изд. 13. Т. 1. М., 2015. 30 с.
5. ИК 64-4-107-90. Инструкция по теххимическому контролю производства экстракционных эфирных масел. Симферополь, 1990. 72 с.
6. Биохимические методы анализа эфиромасличных растений и эфирных масел. Сборник научных трудов. Симферополь, 1972. С. 55–56.
7. Новиков И. А., Золотилов В. А., Аметова Э. Д. Содержание конкрета в перспективных сортообразцах розы эфиромасличной и оптимизация методики его определения // Сборник научных трудов 4-ой научно-практической конференции с международным участием «Молодые ученые и фармация XXI века». М.: ФГБНУ ВНИИЛАР, 2016. С. 100–103.
8. ДСТУ 4651:2006. Конкрет шавлії мускатної. Технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 19 с.
9. ДСТУ 5056:2008 Конкрет троянди ефіроолійної. Технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 21 с.

References

1. State Register for Selection Achievements Admitted for Usage (October 8, 2018). [Electronic resource]. Access point: <http://reestr.gossort.com/reestr/sort/> (reference's date 17.10.2018).
2. Pashtetskiy V. S., Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V., Nazarenko L. G. Essential oil industry in the Crimea. Yesterday, today, tomorrow. Simferopol: Publishing house "Arial", 2017. 244 p.
3. Dospikhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

4. OFS.1.1.0013.15. Statistical processing of chemical experiment results// Russian Federation State Pharmacopeia. 13th ed. Vol. 1. Moscow. 30 p.
5. ИК 64-4-107-90. Instructions for technochemical control of production of extraction essential oils. Simferopol, 1990. 72 p.
6. Biochemical methods of analysis of essential oil plants and essential oils / Collection of scientific papers. Simferopol, 1972. P. 55–56.
7. Novikov I. A., Zolotilov V. A., Ametova E. D. Content of the concrete in perspective varieties of essential oil rose and optimization of the method of its determination // Moscow: FSBSI VNIILAR, 2016. P. 100–103.
8. DSTU 4651:2006 Concrete of salvia sclarea. Specifications. Kiev: State standard of Ukraine, 2008. 19 p.
9. DSTU 5056:2008 Concrete of essential oil rose. Specifications. Kiev: State standard of Ukraine, 2009. 21 p.

UDC 665. 52:001.8

Pekhova O. A., Timasheva L. A., Danilova I. L.

METHODOLOGY FOR DETERMINATION THE CONCRETE IN RAW MATERIALS OF ROSE (*ROSA L.*) AND SAGE (*SALVIA SCLAREA L.*)

Summary. Nowadays sage and rose are in great demand. Sage concrete is used to obtain sclareol (ambrial and ambroxide) and absolute oil (absolum) that are used as an odor fixer and for making fragrant compositions. Rose concrete is used in perfumery, cosmetics and medicine. Evaluation of raw materials of sage and rose on the content and quality of concrete is relevant for producers and breeders. It provides information on how to use particular variety or variety sample in production and breeding. The purpose of this research was to develop the methods that would allow the determination of the content of concrete in the raw materials of sage (*Salvia sclarea L.*) and rose (*Rosa L.*) with a high degree of accuracy and reliability, as well as in plant breeding materials. Nowadays, to determine the concrete in the studied raw material we use methods that were developed more than 30 years ago. Obviously, these techniques are already outdated. Consequently, technique that include three methodological approaches had been developed as a result of the conducted research. The first approach: to determine the mass fraction of concrete by double extraction of the raw materials in a solvent (nefras) at ambient temperature within 120 minutes. The second approach: extraction of the raw materials at the boiling point of the solvent within 60 minutes. The third approach: extraction of the raw materials in the Soxhlet apparatus (the duration of sage extraction – 150 min, the number of drains – 12; rose: 180 minutes and 15 times, respectively). All three approaches make it possible to extract almost the same amount of concrete that corresponds to the requirements of the regulatory documents. The developed techniques can be used in the laboratories, as well as in the process of new varieties creation and assessment by the target product (concrete).

Keywords: raw materials, concrete, sage *Salvia sclarea L.*, rose *Rosa L.*, technique, extraction.

Пехова Ольга Антоновна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, отдел переработки и стандартизации эфиромасличного сырья, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Тимашева Лидия Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующая отделом переработки и стандартизации эфиромасличного сырья, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Данилова Ирина Львовна, научный сотрудник, отдел переработки и стандартизации эфиромасличного сырья, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Pekhova Olga Antonovna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the Department of essential oil raw material processing and standardization, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Timasheva Lidia Alekseevna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher, head of the Department of essential oil raw material processing and standardization, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Danilova Irina Lvovna, researcher, Department of essential oil raw material processing and standardization, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: isocrimea@gmail.com.

Дата поступления в редакцию – 25.09.2018.

Дата принятия к печати – 10.11.2018.

УДК 631.531:633.1

Поползухин П. В., Василевский В. Д., Гайдар А. А.
**СИСТЕМА УСКОРЕННОГО РАЗМНОЖЕНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ
В ПРОИЗВОДСТВО НОВЫХ СОРТОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»

Реферат. Стабильный рост производства зерна высокого качества в России в целом и Западно-Сибирском регионе в частности, невозможен без обеспечения сельского хозяйства семенами новых высокопродуктивных сортов зерновых культур. Сорт является одним из эффективных факторов увеличения производства зерна и улучшения его качества. Цель исследований – повышение эффективности использования новых сортов зерновых культур путем ускоренного их внедрения в производство на основе предварительного испытания. В ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» разработана и апробирована в 2006–2017 гг. система ускоренного размножения и внедрения новых сортов зерновых культур. Размножение нового сорта начинается до его включения в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации, после обязательного предварительного испытания новых сортов в отделе семеноводства и хозяйствах РНПС «Сибирские семена». Это обеспечивает замену старых сортов новыми на три-четыре года раньше, быстрое расширение площади посева под новыми сортами, а, следовательно, повышение урожайности зерновых культур. Так, сорт мягкой яровой пшеницы Омская 36 в год внесения его в Госреестр (2007) занимал в Омской области 1,4 тыс. га, на шестой год после внесения в Госреестр – 102,2; а на седьмой – 191,6 тыс. га. Этот сорт является самым распространенным в РФ, занимая площадь более 2 млн га. Ускоренное внедрение новых сортов обеспечивается более ранним началом их размножения на основании результатов предварительного испытания в отделе семеноводства, а также в хозяйствах РНПС «Сибирские семена». В результате сортоиспытания мягкой яровой пшеницы в 2015–2017 гг. в отделе семеноводства по урожайности зерна выделились новые сорта Омская юбилейная и Уралосибирская 2, существенно превосходящие по этому показателю сорта-стандарты – на 0,42 и 1,49 т/га соответственно при размещении по чистому пару и на 0,40 и 0,83 т/га – по зерновому предшественнику, что позволило начать ускоренное их размножение.

Ключевые слова: семеноводство, сорт, сортосмена, зерновые культуры, ускоренное размножение новых сортов.

Введение

Новый сорт – наиболее эффективное средство использования природно-климатических, погодных, материальных, трудовых и других ресурсов. По экспертным оценкам специалистов на сорт и семена приходится до 30–50 % прироста урожайности сельскохозяйственных культур [1–4]. Как отмечает Алабушев В. А. [4], высокое качество семян может обеспечить увеличение урожая примерно на 20 %, сорт – на 25 %, а прогрессивные технологии на основе использования адаптированных сортов и полноценных семян – еще на 45 %. В современном семеноводстве главным направлением считают ускоренную сортосмену. Новый сорт выступает в роли инновации, а сортосмена – эффективного направления инновационного процесса. Сортосмена в современных условиях должна проводиться в кратчайшие сроки (четыре-пять лет) с целью наиболее полной реализации потенциала продуктивности новых сортов и гибридов. Быстрая сортосмена позволяет увеличить производство зерна и повысить его эффективность за счёт повышения

урожайности на 25–35 % [4], а также быстрее окупить затраты на создание новых сортов [5].

В ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» (ФГБНУ «Омский АНЦ») создана и апробирована система ускоренного размножения и внедрения новых сортов зерновых культур в производство. Новизна и оригинальность этой системы заключается в том, что размножение новых высокоурожайных сортов начинается задолго до включения в Государственный реестр селекционных достижений РФ, после обязательного независимого от селекционеров предварительного их испытания на полях отдела семеноводства (называемого нами «ОТК»), а также в базовых хозяйствах Российской научно-производственной системы «Сибирские семена» (РНПС «Сибирские семена»), количество которых в 2018 г. составило 62, в том числе в Омской области – 23. В условиях Омского региона при ранее существовавшей системе семеноводства на внедрение нового сорта в производство после его включения в Государственный реестр селекционных достижений РФ требовался достаточно длительный период времени, обычно пять–восемь лет. К внедрению нового сорта в нашем регионе обычно приступали после его районирования решением Государственной комиссии РФ по испытанию и охране селекционных достижений по результатам трехлетнего государственного сортоиспытания. Так, в прошлом, на внедрение сорта мягкой яровой пшеницы Саратовская 29 в Омской области потребовалось десять лет (1960–1969 гг.). Использование этой системы позволяет на три–четыре года сократить сроки внедрения новых сортов в производство. Начальным этапом в этой системе является предварительное сортоиспытание в сравнении с сортами-стандартами и другими лучшими сортами селекционных учреждений Западной Сибири.

Цель исследований – повышение эффективности использования новых сортов зерновых культур путем ускоренного их внедрения в производство на основе предварительного испытания.

Задачи исследований: выявление новых высокопродуктивных сортов зерновых культур путем их предварительного испытания, ускоренное размножение этих сортов в отделе семеноводства ФГБНУ «Омский АНЦ» и в хозяйствах-участниках РНПС «Сибирские семена».

Материалы и методы исследований

Работа по совершенствованию организационно-технологических мероприятий системы ускоренного размножения и внедрения новых сортов зерновых культур в производство проведена в 2006–2017 гг. отделом семеноводства ФГБНУ «Омский АНЦ» в тесном сотрудничестве с хозяйствами-участниками РНПС «Сибирские семена» и другими хозяйствами Омского региона на основе методических рекомендаций по ускоренному внедрению новых сортов в производство [6].

В 2015–2017 гг. на опытном поле отдела семеноводства ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», расположенном в южной части лесостепи Омской области, проведено сортоиспытание мягкой яровой пшеницы по двум предшественникам – чистому черному пару и зерновым культурам. Объект исследований – новые сорта в сравнении со стандартными и лучшими сортами, включенными в Госреестр РФ по Западно-Сибирскому (10) региону. В 2015 и 2016 гг. в сортоиспытании находилось 39 сортов, в 2017 г. – 44 сорта. Учетная площадь делянки – 15 м². Размещение делянок систематическое в четырехкратной повторности. Обработку почвы, уход за посевами проводили по общепринятой в зоне технологии. Посев осуществлен в оптимальные сроки (18–22 мая) сеялкой ССФК-7 сплошным рядовым способом с шириной междурядий 15 см, семена заделывались на глубину 4–6 см. Норма высева пшеницы по чистому пару – 5 млн шт. всхожих зерен

на гектар, по зерновому предшественнику – 4,5 млн/га. Учеты и наблюдения проводили по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [7, 8]. Статистическая обработка экспериментальных данных проведена методом дисперсионного анализа в изложении Доспехова Б. А. [9].

Почва опытного участка представлена черноземом слабо выщелоченным, средне гумусовым (около 6 %), среднемощным, средне- и тяжелосуглинистым, рН почвенного раствора – 6,5–6,8. Климат южной лесостепной зоны Западной Сибири резко континентальный. В среднем за год выпадает 300–350 мм осадков с крайне неравномерным их распределением в течение года. В зимние месяцы их выпадает 20–25 %, летом – 50–60 %. Сумма осадков, выпадающих за вегетационный период (май–август), составляет 200–220 мм, что значительно меньше расхода влаги на испарение (250–280 мм). Гидротермический коэффициент (по Селянину Г. Т.) составляет в среднем 0,95–1,05.

Метеорологические условия летнего периода были различными в годы исследований, что позволило всесторонне оценить испытываемые сорта. ГТК за период май–август 2015 г. составил 1,13; 2016 г. – 1,10; 2017 г. – 0,70 при норме 1,10, что свидетельствует о достаточных условиях увлажнения периода вегетации в 2015 и 2016 гг. и низкой влагообеспеченности (слабой засухе) этого периода в 2017 г.

Результаты и их обсуждение

В ФГБНУ «Омский АНЦ» (бывший ФГБНУ «Сибирский НИИСХ») разработана, успешно реализуется и совершенствуется система ускоренного размножения и внедрения новых сортов в производство, которая позволяет начинать ускоренное размножение и внедрение нового сорта за три-четыре года до включения его в Государственный реестр селекционных достижений РФ (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схемы внедрения новых сортов в производство (слева – обычная, справа – ускоренного размножения)

В хозяйствах РНИС «Сибирские семена» также с момента выявления отделом семеноводства ФГБНУ «Омский АНЦ» новых высокоурожайных, но еще не включенных в Госреестр сортов, приступают к их размножению, которое в этом случае проводится путем заключения договора с оригинатором сорта. Реализация такой системы обеспечивает сокращение сроков внедрения новых сортов на три-

четыре года, быстрое увеличение посевных площадей под новыми сортами и повышение продуктивности зернового клина.

Так, новый сорт мягкой яровой пшеницы Омская 36 вышел в Омской области на большую площадь (25 529 га) за весьма короткий период времени, на третий год после внесения в Государственный реестр селекционных достижений РФ (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика посевов мягкой яровой пшеницы сорта Омская 36 в Омской области

Год	Этап сортоиспытания и внедрения	Площадь посева, га
2006	Третий год государственного испытания	195
2007	Год внесения сорта в Госреестр	1 363
2008	Первый год после внесения сорта в Госреестр	7 266
2009	Второй год после внесения сорта в Госреестр	17 074
2010	Третий год после внесения сорта в Госреестр	25 529
2011	Четвертый год после внесения сорта в Госреестр	40 957
2012	Пятый год после внесения сорта в Госреестр	76 567
2013	Шестой год после внесения сорта в Госреестр	102 206
2014	Седьмой год после внесения сорта в Госреестр	191 629

Динамика посевов этого сорта в Омской области свидетельствует, что на третий год государственного испытания (2006 г.) он занимал 195 га, в год внесения его в Госреестр (2007 г.) – уже 1 363 га, на шестой год после внесения в Госреестр – 102 206 га, на седьмой – 191 629 га. Необходимо отметить, этот сорт мягкой яровой пшеницы является самым распространенным в РФ, занимая в последние годы площадь более 2 млн га. Аналогичным являлся также и ход внедрения в хозяйствах области нового сорта ярового ячменя Омский 95. Этот сорт уже на второй год государственного испытания (2005 г.) выращивался в области на площади 35 га, а на четвертый год внесения его в Государственный реестр (2009 г.) – занимал площадь 16 514 га. А в 2012 г. (на седьмой год после внесения в Госреестр) посевы этого сорта достигли максимального уровня – более 82 479 га. В последующие годы в связи с районированием новых сортов ярового ячменя Сибирский авангард (2010 г.) и Саша (2012 г.) селекции нашего института и расширением их посевов в 2014 г. соответственно до 23 946 и 16 296 га, посевы сорта Омский 95 стабилизировались на уровне около 70 000 га.

Освоенная в Омской области система ускоренного размножения и внедрения новых сортов зерновых культур позволяет сельскому хозяйству Западной Сибири иметь достаточное количество высококачественных семян новых высокоурожайных сортов, что обеспечивает устойчивое развитие зернового производства в регионе.

В 2015–2017 гг. в отделе семеноводства ФГБНУ «Омский АНЦ» ежегодно испытывали по 95–99 сортов яровых зерновых культур, в их числе по 39–44 сорта мягкой яровой пшеницы. В среднеранней группе сортов мягкой яровой пшеницы по зерновой продуктивности и крупности зерна выделился новый сорт Омская юбилейная, который в среднем за годы исследований обеспечивал прибавку урожайности зерна по сравнению с сортом-стандартом (Памяти Азиева) 0,42 т/га (НСР₀₅ 0,24 т/га) при размещении по пару и 0,40 т/га (НСР₀₅ 0,19 т/га) – по зерновому предшественнику (таблицы 2 и 3).

В группе среднеспелых сортов по целому комплексу параметров продуктивности и качества зерна (урожайность зерна, масса 1000 зерен, натура зерна, содержание белка и клейковины в зерне) самым лучшим оказался новый сорт Уралосибирская 2. Так, по урожайности зерна превосходство этого сорта над стандартным сортом Дуэт при размещении по чистому пару составляло 1,49 т/га, по зерновому предшественнику – 0,83 т/га, по массе 1000 зерен – 11,0 и 7,8 г, натуре

зерна – 76 и 73 г/л, содержанию в зерне белка – 1,59 и 1,34 %, содержанию в зерне клейковины – 2,9 и 1,7 % соответственно.

Таблица 2 – Продуктивность и качество зерна мягкой яровой пшеницы при размещении по чистому пару (2015–2017 гг.)

Сорт	Урожайность зерна, т/га	Масса 1000 зерен, г	Нагура зерна, г/л	Стекловидность зерна, %	Содержание в зерне, %	
					белка	клейковины*
среднеранние сорта						
Памяти Азиева (St.)	3,59	29,5	705	50	13,26	27,3
Боевчанка	3,92	32,9	725	51	14,95	30,1
Катюша	3,78	29,8	709	50	13,68	28,3
Омская 36	3,50	30,3	672	52	13,18	28,0
Омская юбилейная	4,01	34,0	693	52	13,51	27,5
среднепоздние сорта						
Дуэт (St.)	2,99	25,9	632	50	14,25	28,8
Мариинка	3,29	30,0	681	51	13,24	26,9
Мелодия	3,92	30,5	688	52	15,30	30,0
Омская 38	3,89	34,4	670	52	14,66	29,1
Омская краса	3,30	28,0	678	50	12,41	24,6
Светланка	3,20	30,3	685	50	12,75	25,5
Сигма	4,24	36,7	701	51	15,06	31,5
Уралосибирская 2	4,48	36,9	708	50	15,84	31,7
среднепоздние сорта						
Серебристая (St.)	2,67	26,9	627	50	13,18	25,9
Волошинка	3,18	27,9	668	49	13,92	27,6
Омская 18	2,37	24,5	675	49	14,02	29,4
Омская 24	2,53	31,3	640	50	13,74	28,3
Омская 28	2,77	29,2	661	51	13,05	26,3
Омская 35	3,25	32,5	652	51	14,19	28,2
Омская 37	3,43	31,8	689	51	14,42	28,1
Омская золотая	3,35	28,7	650	51	14,01	27,7
Павлоградка	3,18	30,3	715	53	13,55	28,4
Столыпинская	2,82	27,4	685	50	12,44	25,0
Уралосибирская	4,72	35,9	683	52	15,16	30,7
Элемент 22	4,66	31,6	699	52	15,57	30,6
НСР ₀₅	0,24	2,0	51	3	1,12	2,3

Примечание. * данные за 2016–2017 гг.

Оба сорта характеризовались наивысшей зерновой продуктивностью среди всех сортов своей группы спелости. В среднепоздней группе новые сорта и номера, к сожалению, обеспечивали урожайность ниже, чем лучшие по урожайности сорта этой группы Уралосибирская и Элемент 22.

За эти же годы по урожайности и качеству зерна в предварительном сортоиспытании выделились новые сорта: ярового ячменя – Омский 100, ярового овса – Сибирский геркулес. По всем выделившимся сортам начато ускоренное размножение: с 2016 г. – мягкой яровой пшеницы Уралосибирская 2 и ярового ячменя Омский 100, с 2017 г. – мягкой яровой пшеницы Омская юбилейная и овса Сибирский геркулес.

Таблица 3 – Продуктивность и качество зерна мягкой яровой пшеницы при размещении по зерновому предшественнику (2015–2017 гг.)

Сорт, образец	Урожайность зерна, т/га	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Стекловидность зерна, %	Содержание в зерне, %	
					белка	клейковины*
среднеранние сорта						
Памяти Азиева (St.)	2,88	28,5	709	50	13,30	27,7
Боевчанка	3,43	30,7	700	51	15,05	29,9
Катюша	3,13	29,2	709	51	12,94	26,0
Омская 36	2,85	29,8	669	50	13,19	26,9
Омская юбилейная	3,28	32,5	687	51	13,30	27,2
среднепоздние сорта						
Дуэт (St.)	2,89	29,0	677	49	12,80	26,3
Мариинка	2,94	28,8	698	52	12,22	24,7
Мелодия	3,41	30,6	720	52	13,96	27,4
Омская 38	3,22	32,1	699	51	14,02	27,3
Омская краса	2,52	28,4	683	48	11,84	23,4
Светланка	2,82	29,9	690	49	12,05	24,3
Сигма	3,62	36,8	728	51	14,17	28,0
Уралосибирская 2	3,72	36,8	750	50	14,14	28,0
среднепоздние сорта						
Серебристая (St.)	2,31	27,6	644	49	12,46	25,1
Волошинка	2,47	27,7	677	49	12,58	25,4
Омская 18	2,18	25,2	682	46	11,88	23,9
Омская 24	2,09	26,8	661	49	12,20	24,7
Омская 28	2,46	25,8	689	49	11,95	23,4
Омская 35	2,90	30,7	677	48	12,98	26,0
Омская 37	2,87	32,4	700	49	14,59	28,4
Омская золотая	2,87	31,0	691	49	12,86	24,9
Павлоградка	2,67	33,2	747	50	11,95	24,2
Столыпинская	2,69	29,2	721	51	12,14	24,7
Уралосибирская	3,81	36,9	701	49	13,93	27,5
Элемент 22	3,55	33,0	741	50	13,06	25,0
НСР ₀₅	0,19	1,8	46	3	0,98	2,0

Примечание. * данные за 2016–2017 гг.

В 2018 г. в ФГБНУ «Омский АНЦ» посеы мягкой яровой пшеницы сорта Омская юбилейная были размещены на площади 2,5 га, Уралосибирская 2 – 25,0 га, ярового ячменя Омский 100 – 7,5 га и овса Сибирский геркулес – 8,7 га.

Отделом семеноводства ФГБНУ «Омский АНЦ» первичное семеноводство ведется по 45–50 сортам зерновых культур. Ежегодное производство оригинальных семян в Омском АНЦ в последние годы по сравнению с 2010 г. увеличилось в 2,5 раза и достигло в 2017 г. 969 т. В ФГУП-ОПХ «Омское» и «Боевое» ежегодно под научно-методическим руководством отдела семеноводства Омского АНЦ производится по 12–14 тыс. т семян высших репродукций, семян в хозяйствах РНПС «Сибирские семена» – 150–200 тыс. т. По сравнению с 2009 г. в последнее время почти в два раза – с 4,0 до 7,8 тыс. т. увеличились объемы реализации семян высших репродукций ФГУП-ОПХ «Омское» и «Боевое» сельскохозяйственным товаропроизводителям Омского и соседних регионов. Всё это позволило сортам селекции ФГБНУ «Омский АНЦ» занять в России и Казахстане посевные площади более 10 млн га.

Выводы

Система ускоренного размножения и внедрения в производство новых сортов обеспечивает успешное решение основной задачи семеноводства – замены старых

сортов на новые высокоурожайные, в более короткие сроки, на три-четыре года раньше обычного.

Для более быстрого выявления лучшего сорта проводится испытание новых перспективных сортов зерновых культур в отделе семеноводства ФГБНУ «Омский АНЦ», а также в хозяйствах РНПС «Сибирские семена».

По результатам двух лет испытания в отделе семеноводства начинают размножение новых сортов в учреждении-оригинаторе (ФГБНУ «Омский АНЦ») методом поддерживающей селекции, а в год включения сортов в Госреестр РФ закладываются питомники размножения. В хозяйствах РНПС «Сибирские семена» с момента выявления высокопродуктивных сортов приступают к их размножению.

По результатам предварительного испытания в отделе семеноводства по урожайности зерна выделились новые сорта Омская юбилейная и Уралосибирская 2, существенно превосходящие по этому показателю сорта-стандарты соответственно на 0,42 и 1,49 т/га при размещении по чистому пару и на 0,40 и 0,83 т/га – по зерновому предшественнику, что позволило начать ускоренное их размножение.

Литература

1. Гончаров Н. П., Гончаров П. Л. Методические основы селекции растений. Новосибирск, 2009. 423 с.
2. Гончаров П. Л. Сорт и семена в стабилизации растениеводства азиатских территорий // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Монголии, Сибири и Казахстана. Сборник научных докладов XIII Международной научно-практической конференции. Новосибирск, 2010. С. 185–193.
3. Лелли Я. Селекция пшеницы: теория и практика. М., 1980. 384 с.
4. Алабушев В. А. Сорт как фактор инновационного развития зернового производства // Зерновое хозяйство России. 2011. № 3. С. 8–11.
5. Хицков И. Ф., Чарыкова О. Г. Сортосмена – важное направление инновационного процесса в зерновом производстве // Аграрно-экономическая наука в решении проблем агропромышленного производства: прошлое, настоящее, будущее. Тезисы докладов научно-практической конференции. Новосибирск, 2005. С. 476–482.
6. Ускоренное внедрение новых сортов в производство: методические рекомендации. Омск: Омское книжное изд-во, 1982. 31 с.
7. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый. М., 1985. 268 с.
8. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй. М., 1989. 194 с.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М: Колос, 1985. 308 с.

References

1. Goncharov N. P., Goncharov P. L. Methodical bases of plant breeding. Novosibirsk, 2009. 423 p.
2. Goncharov P. L. Variety and seeds in the stabilization of plant growing of Asian territories // Agrarian science to agricultural production of Mongolia, Siberia and Kazakhstan: Collection of scientific reports of the XIII International Scientific and Practical Conference. Novosibirsk, 2010. P.185–193.
3. Lelly Ya. The selection of wheat: theory and practice. Moscow, 1980. 384 p.
4. Alabushev V. A. Variety as a factor of innovative development of grain production // Grain economy of Russia. 2011. No. 3. P. 8–11.
5. Khitskov I. F., Charykova O. G. Change of varieties is an important direction of the innovation process in grain production // Agrarian-economic science in solving the problems of agro-industrial production: past, present, future. Abstracts of reports of Scientific and Practical Conference. Novosibirsk, 2005. P. 476–482.
6. Accelerated introduction of new varieties into production: guidelines. Omsk: Omsk publishing house, 1982. 31 p.
7. Methodology of the state variety testing of agricultural crops. Issue 1. Moscow, 1985. 268 p.
8. Methodology of the state variety testing of agricultural crops. Issue 2. Moscow, 1989. 194 p.
9. Dospikhov B. A. Methods of field research. Moscow: Kolos, 1985. 308 p.

UDC 631.531:633.1

Popolzukhin P. V., Vasilevskiy V. D., Gaidar A. A.

SYSTEM OF ACCELERATED REPRODUCTION AND INTRODUCTION OF NEW VARIETIES OF GRAIN CROPS IN AGRICULTURAL PRODUCTION

Summary. *Stable growth in the production of high-quality grain in Russia as a whole and in the West Siberian region, in particular, is impossible without providing agricultural enterprises with the seeds of new highly productive varieties. Variety is one of the effective factors to increase grain production and improve its quality. The purpose of the work is to increase the efficiency of using new varieties of grain crops by accelerating their introduction into production on the basis of preliminary testing. The system of accelerated reproduction and introduction of new varieties of grain crops was developed and tested at FSBSI "Omsk Agrarian Scientific Center" in 2006–2017. The reproduction of a new variety begins before it is included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation, after the mandatory preliminary testing of new varieties in the Department of seed production and on the basic farms of the Russian research and production system "Siberian seeds" (RNPS "Sibirskie semena"). This ensures the replacement of old varieties with new ones 3-4 years earlier, rapid expansion of the area under new varieties, and, consequently, increase in the yield of grain crops. Thus, the variety of soft spring wheat 'Omskaya 36' in the year of introducing it into the Russian State Register (2007) occupied 1.4 thousand hectares in Omsk Region, for the sixth year after introducing it into the Russian State Register – 102.2; and for the seventh – 191.6 thousand hectares. This variety is the most widely used in the Russian Federation; it occupies a total area of more than 2 million hectares. The accelerated introduction of new varieties is provided by an earlier start of their reproduction on the basis of the results of preliminary testing in the seed production Department, as well as on the basic farms of the RNPS "Sibirskie semena". New varieties 'Omskaya yubileynaya' and 'Uralosibirskaya 2' were identified as the best ones in terms of grain yield after the varietal testing of soft spring wheat in 2015–2017 in the seed production Department. They significantly exceeded the standard varieties – by 0.42 and 1.49 t/ha, respectively, when placed on a bare fallow, and by 0.40 and 0.83 t/ha when grain crop served as a forecrop. The results of this research allowed us to start accelerated reproduction of these varieties.*

Keywords: *seed production, variety, variety changing, grain crops, accelerated reproduction of new varieties.*

Поползухин Павел Вавилович, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по производству и инновациям ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»; 644012, Россия, г. Омск, пр. академика Королева, 26; e-mail: sibniish@bk.ru.

Василевский Василий Дмитриевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории семеноводства отдела семеноводства ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»; 644012, Россия, г. Омск, пр. академика Королева, 26; e-mail: vasil_plant@bk.ru.

Гайдар Александр Анатольевич, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией первичного семеноводства отдела семеноводства ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»; 644012, Россия, г. Омск, проспект академика Королева, 26; e-mail: sibniish@bk.ru.

Popolzukhin Pavel Vavilovich, Cand. Sc. (Agr.), deputy director for production and innovation, Federal State Budgetary Scientific Institution "Omsk Agrarian Scientific Center"; 26, Academician Korolev ave., Omsk, 644012, Russia; e-mail: sibniish@bk.ru.

Vasilevskiy Vasily Dmitrievich, Cand. Sc. (Agr.), Associate Professor, leading scientific researcher of the Laboratory of seed production of the Department of seed production, Federal State Budgetary Scientific Institution "Omsk Agrarian Scientific Center"; 26, Academician Korolev ave., Omsk, 644012, Russia; e-mail: vasil_plant@bk.ru.

Gaidar Aleksandr Anatolievich, Cand. Sc. (Agr.), head of the Laboratory of primary seed production of the Department of seed production, Federal State Budgetary Scientific Institution "Omsk Agrarian Scientific Center"; 26 Academician Korolev ave., Omsk, 644012, Russia; e-mail: sibniish@bk.ru.

Дата поступления в редакцию – 17.10.2018.

Дата принятия к печати – 01.11.2018.

DOI: 10.25637/TVAN2018.04.14.

УДК 631.53.0

Потрахов Н. Н.¹, Белецкий С. Л.², Архипов М. В.^{3,4}

**АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА
ЗЕРНА НА ОСНОВЕ ПЕРЕДВИЖНОЙ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКОЙ
УСТАНОВКИ ПРДУ-02**

¹ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина)»;

²ФГБУ «Научно-исследовательский институт проблем хранения Росрезерва»;

³ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»;

⁴ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения»

Реферат. Цель исследований – создание технологии оперативной оценки качества товарных партий зерна, а также высокоинформативной сепарации контрольных проб семян. В результате десятилетних исследований, проведенных авторскими коллективами специалистов СПбГЭТУ «ЛЭТИ», НИИ проблем хранения Росрезерва (г. Москва) и Агрофизического научно-исследовательского института (г. Санкт-Петербург) разработана методика получения резких и контрастных, увеличенных от нескольких раз до нескольких сот раз рентгеновских изображений отдельной зерновки с помощью современного аппаратно-программного комплекса. Проведена оценка качества партий зерна пшеницы и ржи с помощью разработанного комплекса. Выделены наиболее значимые дефекты зерна, влияющие на хозяйственную пригодность всей партии: сильная трещиноватость эндосперма, а также дефектность и механические травмы эндосперма, разные стадии внутреннего прорастания, энзимомикозное истощение, поврежденность клопом вредная черепашка, заселенность насекомыми, невыполненность зерновки. Представлены результаты апробации технологии оперативной оценки качества товарных партий зерна на одном из государственных элеваторов г. Санкт-Петербурга. Результаты апробации показали, что по совокупности характеристик и решаемых задач комплекс не имеет зарубежных аналогов и может быть рекомендован к внедрению на зерноперерабатывающих предприятиях и комбинатах Росрезерва для оперативного высокоинформативного контроля качества производственных партий зерна с целью отбора лучших партий на длительное ответственное хранение.

Ключевые слова: микрофокусная рентгенография, контроль качества зерна, скрытые дефекты, аппаратно-программный комплекс для рентгеновского контроля.

Введение

Как показывает современный отечественный и зарубежный опыт, скрытые дефекты зерна не идентифицируются классическими, в основном визуальными методами оценки. Для их выявления целесообразно применять специализированную интроскопическую аппаратуру, в том числе рентгенографические установки с последующим компьютерным анализом получаемых изображений отдельных зерновок.

Преимущества этого метода:

– объективность контроля, поскольку фальсифицировать рентгенограмму весьма сложно, особенно при условии использования технологии электронной цифровой подписи;

- полученные оцифрованные рентгенограммы могут храниться длительное время, что крайне необходимо при решении арбитражных вопросов;
- возможность организации текущего контроля за качеством зерна при кратковременном или длительном хранении;
- возможность проведения сепарации контрольных проб зерна по рентгенографическим признакам скрытой дефектности.

Коллектив научно-исследовательского института проблем хранения Росрезерва (НИИ ПХ) совместно со специалистами Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ) в течение ряда лет проводит исследования в области рентгеновского анализа партий зерна различных сельскохозяйственных культур.

Цель исследований – создание технологии оперативной оценки качества товарных партий зерна, а также высокоинформативной сепарации контрольных проб семян.

Эти дефекты особенно важно учитывать при закладке зерна, полученного в различных зерносеющих районах Российской Федерации, на длительное хранение, поскольку их наличие может снизить качество зерна и в значительной степени увеличить его потери [1, 2]. Помимо снижения хозяйственной пригодности, скрытые дефекты зерна могут оказывать негативное влияние и на фитосанитарную обстановку в этом стратегически важном секторе сельского хозяйства.

В зарубежной литературе сведения о целенаправленных исследованиях структурной целостности агрономических объектов, влияющих на их хозяйственную пригодность и обусловленных конкретными условиями выращивания растений, режимами уборки и послеуборочной обработки зерна практически отсутствуют.

Действующие в настоящее время стандарты: международный ИСО 1162-75 [3] и отечественные ГОСТ 28420-89 [4], ГОСТ 28666.4-90 [5] регламентируют рентгеновский контроль скрытых дефектов зерна. Однако методика контроля по этим нормативным документам основана на так называемой пленочной рентгенографии с последующим визуальным анализом получаемого изображения. Для ее реализации в начале 80-х гг. прошлого века в Советском Союзе сотрудниками ЛОЭП «Светлана» совместно со специалистами Агрофизического научно-исследовательского института разработан специализированный рентгеновский аппарат «Электроника-25». В состав аппарата входили: источник рентгеновского излучения, включая пульт управления и моноблок с микрофокусной рентгеновской трубкой, а также малогабаритная камера для рентгенографических работ (рисунок 1).

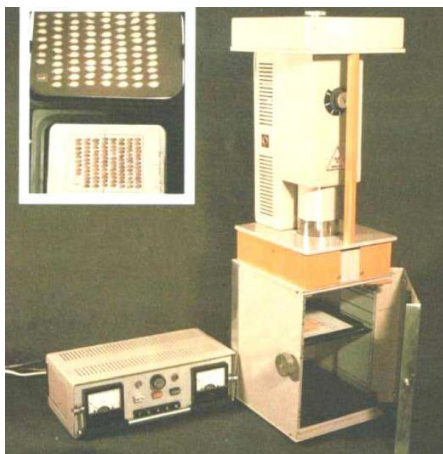


Рисунок 1 – Рентгеновский аппарат «Электроника 25»

При проведении исследований регистрацию рентгеновских изображений семян и зерна осуществляли на рентгеновскую пленку высокого разрешения. Малые размеры фокусного пятна рентгеновской трубки позволяли получать изображение высокого качества. Методика диагностирования зерновых культур предполагала получение и анализ увеличенного изображения нескольких десятков зерновок. Коэффициент увеличения изображения составлял два-три раза. Однако особенности пленочной технологии визуализации не позволяли воспользоваться всем объемом диагностической информации, заключенной в рентгеновском изображении. И, самое главное, обеспечить автоматизированный экспресс-контроль скрытых дефектов зерна.

Материалы и методы исследований

Для решения задачи оперативного контроля внутреннего состояния каждой зерновки во всей товарной партии с целью дальнейшего отделения дефектных от годных по основным значимым признакам, наиболее пригодна методика цифровой микрофокусной рентгенографии [6, 7]. Методика позволяет:

- во-первых, благодаря возможности получения резких и контрастных, увеличенных в несколько раз изображений отдельных зерновок, обнаружить наиболее значимые признаки дефектов внутреннего состояния, имеющих хозяйственное значение;
- во-вторых, благодаря современным цифровым детекторам рентгеновского излучения, зарегистрировать изображение каждой зерновки во всей товарной партии;
- в-третьих, благодаря специализированному программному обеспечению, автоматизировать процесс выявления дефектных зерновок и отделения их от годных.

Результаты и их обсуждение

Впервые в РФ 26-27 декабря 2017 г. в производственных условиях элеватора ОАО «Резервхлеб» (г. Санкт-Петербург) успешно прошли испытания аппаратно-программного комплекса, предназначенного для рентгенодиагностики зерна и семян различных сельскохозяйственных культур. Цель испытаний – оценка степени готовности технических средств рентгеновского контроля товарного зерна пшеницы и ржи, а также соответствующего программного обеспечения к внедрению на ФГКУ комбинатах Росрезерва. Испытания проводили по разработанной в ФГБУ «НИИ ПХ Росрезерва» методике автоматизированной оценки внутренних дефектов зерна на передвижной рентгенодиагностической установке ПРДУ-02 (ЗАО «ЭЛТЕХ-Мед», Технопарк СПб.ГЭТУ) [8]. Методика аттестована, свидетельство об аттестации №241.0283/RA.RU.311866/2017.

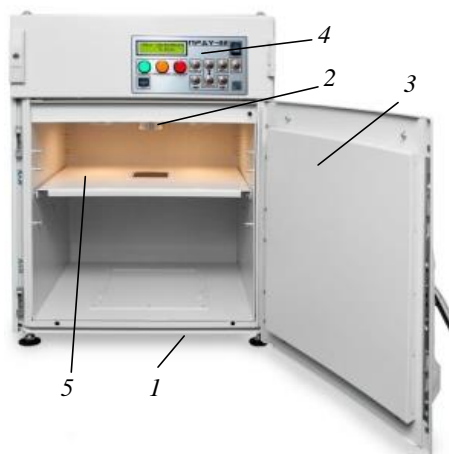


Рисунок 2 – Внешний вид установки ПРДУ-02

Основу установки ПРДУ-02 составляет рентгенозащитная камера (1). Внутри рентгенозащитной камеры располагается моноблок (2) источника рентгеновского излучения. Дверь (3) рентгенозащитной камеры снабжена блокировкой, отключающей высокое напряжение на рентгеновской трубке источника излучения при открывании. Управление источником излучения осуществляется с помощью микропроцессорного устройства. Органы управления (кнопки и ЖК-дисплей) вынесены на переднюю панель (4) камеры. Выбор режимов съемки: напряжения, тока и времени экспозиции производится нажатием на соответствующую кнопку. Информация об установленных режимах, готовности к работе, начале и окончании съемки, а также о возможных неисправностях источника излучения выводится на ЖК-дисплей. Предусмотрена возможность управления источником излучения от внешнего компьютера (ПК). Внутри рентгенозащитной камеры также располагается столик (5) для размещения объектов съемки и цифрового приемника рентгеновского изображения.

Установка ПРДУ-02 позволяет одновременно контролировать от нескольких единиц до нескольких сотен зерновок в пробе с максимальным увеличением изображения до десяти крат. С этой целью в комплект поставки установки входит компьютерная программа «Агротест-Зерно», которая автоматически обрабатывает рентгеновские изображения отдельных зерновок в контролируемой пробе и формирует протокол с указанием геометрических характеристик зерновки (длина, ширина, площадь), фракционный состав и количество зерновок, имеющих скрытые дефекты. При этом показатели трещиноватости, энзимомикозного истощения, щуплости и т.д. ранжируются по степени их проявления [9, 10].

Анализ рынка специализированного рентгеновского оборудования показал, что зарубежным аналогом установки ПРДУ-02 является установка Faxitron MX-20 (США) [11]. Однако, по информации ISTA (International Seed Testing Association – Международная ассоциация по контролю за качеством семян), эта установка не имеет программного обеспечения для автоматизированного определения типа дефекта и его количественного содержания в пробе семян (рисунок 3). При этом стоимость установки Faxitron MX-20 в 1,5 раза выше стоимости установки ПРДУ-02.



Рисунок 3 – Внешний вид установки Faxitron MX-20

Следует также отметить, что разработчики отечественной установки ПРДУ-02 предусмотрели широкие возможности ее модернизации с целью дальнейшего улучшения потребительских качеств:

- использование цифровых приемников изображения разных типов;

– использование двух и более источников рентгеновского излучения для диагностики, а также облучения зерна с целью радиационной дезинсекции или обеззараживания;

– уменьшение габаритов и веса.

Как было показано ранее [1, 2, 11], метод цифровой микрофокусной рентгенографии весьма эффективен при оценке оптимальности сроков уборки зерна в различных экологических условиях, а также режимов его подработки. Это позволяет разработать рекомендации по минимизации показателя скрытого прорастания в партиях зерна разного целевого назначения, а также по снижению различного типа скрытых дефектов зерновки, имеющих хозяйственное значение.

Проведенные исследования показали, что при оценке качества партий зерна с учетом скрытых структурных нарушений зерновки, необходимо вносить в соответствующие технические регламенты и стандарты дополнительные изменения в виде признаков, характеризующих целостность внутренних структур зерновки, а именно:

– сильную трещиноватость эндосперма (зародыша), свидетельствующую о механическом травмировании зерна при уборке или сушке; данный признак косвенно отражает повышенную белковость зерна;

– внутреннее прорастание, особенно ранние его стадии, которые другими методами практически не выявляются; данный признак отражает, в известной мере, частичное истощение зародыша и эндосперма;

– энзимомикотное истощение, которое отражает гидролитическое воздействие ферментов грибов и собственных ферментов зерновки на ее поверхностные слои;

– поврежденность клопом вредная черепашка; данный признак отражает гидролитическое действие её ферментов на внутренние и поверхностные слои зерновки;

– поврежденность (заселенность) насекомыми-вредителями запаса; данный признак отражает потерю вещества эндосперма, изменение его качества и характеризует дополнительное наличие токсинов – продуктов жизнедеятельности насекомых;

– дефектность зародыша, проявляющуюся в различной степени затененности его рентгеновских проекций; данный признак отражает поврежденность зародыша грибами и возможность его ускоренного старения, обусловленного, в частности неоптимальными режимами сушки зерновой массы;

– механические травмы зародыша; данный признак отражает воздействие рабочих органов уборочных машин на зародыш зерновки (выбитость зародыша и его механическое разделение);

– невыполненность зерновки; данный признак отражает нарушение технологий выращивания зерна, а также режимов его хранения (в особенности, длительного).

Разработанные методы визуализации и оценки внутренних структурных нарушений зерновки свидетельствуют о перспективности метода цифровой микрофокусной рентгенографии для решения не только научных, но и хозяйственных вопросов при экспресс-оценке эффективности различных технологий уборки, послеуборочной подработки и хранения зерна.

Такой подход позволяет:

– определять принадлежности зерна к различным по качеству классам или к неклассным – некондиционным партиям с учетом скрытых дефектов;

– принимать оптимальные решения по смешиванию партий зерна одинаковых по классности или не снижающих существенно классность вновь формируемой партии;

– определять режимы хранения партий разной классности, а также первоочередность использования тех или иных партий для нештатной замены.

Выводы

В результате многолетних исследований разработана отечественная технология оперативной оценки качества товарных партий зерна и контрольных проб семян. Разработан отечественный аппаратно-программный комплекс для автоматизированного анализа увеличенных рентгеновских изображений как отдельной зерновки, так и пробы семян.

С помощью комплекса выделены основные внутренние (скрытые) дефекты зерна, влияющие на его хозяйственную пригодность. Результаты апробации технологии показали, что:

– по совокупности характеристик и решаемых задач комплекс не имеет зарубежных аналогов;

– комплекс может быть рекомендован к внедрению на зерноперерабатывающих предприятиях и комбинатах Росрезерва для оперативного высокоинформативного контроля качества производственных партий зерна и отбора лучших партий на длительное ответственное хранение.

Литература

1. Рогова А. Н., Гурьева К. Б., Иванова Е. В., Архипов М. В. Оценка скрытых дефектов зерна пшеницы при длительном хранении рентгенографическим методом // Сборник докладов I межведомственной научно-практической конференции «Товароведение, экспертиза и технология продовольственных товаров». М.: Издательский комплекс МГУПП, 2008. 306 с.
2. Архипов М. В., Прияткин Н. С., Потрахов Н. Н., Белецкий С. Л. Интроскопические методы оценки качества семян и зерна в селекции, семеноводстве и зернопроизводстве // Сборник научных статей международной конференции «Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. Вып. IV». М., 2015. С. 24–29.
3. ГОСТ 28420-89. Карантин растений. Методы энтомологической экспертизы продуктов запаса. М.: изд-во стандартов, 2016. 10 с.
4. ГОСТ 28666.4-90 Зерновые и бобовые. Определение скрытой зараженности насекомыми. Часть 4. Ускоренные методы. М.: изд-во стандартов, 1991. 26 с.
5. Пат. на изобрет. 2352922. Российская Федерация, МПК G01N 23/083, A01C 1/02. Способ получения рентгенографического изображения семян растений / Архипов М. В., Грязнов А. Ю., Потрахов Н. Н.; заявитель и патентообладатель СПб.ГЭТУ «ЛЭТИ». № 2007126109; заявл. 09.07.09; опубл. 20.04.09.
6. Архипов М. В., Потрахов Н. Н. Микрофокусная рентгенография растений. СПб.: «Технолит», 2008. 194 с.
7. Рентгенография семян овощных культур // Под. ред. Мусаева Ф. Б. СПб.: СПб.ГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. 207 с.
8. Желудков А. Г., Потрахов Н. Н., Белецкий С. Л. Комплексное решение задач автоматизации рентгенографического метода анализа качества семян и зерна злаковых культур // Хлебопродукты. 2016. № 05. С. 58–61.
9. Свид. об. офиц. рег. прог. для ЭВМ. 2010610289 РФ. Программа автоматического распознавания образов семян зерновых культур и анализа качества зерна по рентгенографии, полученным на рентгенодиагностической установке ПРДУ-02 / Потрахов Е.Н., Желудков А.Г.; заявл. 2.09.09; опубл. 10. 11.09.
10. Архипов М. В., Алексеева Д. И., Батыгин Н. Ф., Великанов Л. П., Гусакова Л. П., Дерунов И. В., Желудков А. Г., Николенко В. Ф., Никитина Л. И., Савин В. Н., Пономаренко Е. Н., Якушев В. П. Методика рентгенографии в земледелии и растениеводстве. М.: РАСХН, 2001. 93 с.

References

1. Rogova A. N., Guryeva K. B., Ivanova E. V., Arkhipov M. V. Evaluation of hidden defects in wheat grain during long-term storage by X-ray diffraction // Collection of reports of 1 interdepartmental scientific-practical conference "Commodity research, examination and technology of food products". Moscow: Publishing complex of MGUPP, 2008. 306 p.
2. Arkhipov M. V., Priyatkin N. S., Potrakhov N. N., Beletsky S. L. Introsopic methods of evaluation of quality of seeds and grain in selection, seed and grain production // Collection of scientific articles of the international conference "Innovative technologies of production and storage of material values for state needs. Iss. IV". Moscow, 2015. P. 24–29.
3. GOST 28420-89. Plant quarantine. Methods of entomology estimation of storage products. Moscow: Publishing house of standards, 2016. 10 p.
4. GOST 28420-89. Cereals and pulses. Determination of hidden insect infestation. Part 4. Rapid methods. Moscow: publishing house of standards, 2016. 10 p.
5. Patent 2352922 RF, IPC G01N 23/083, A01C 1/02. Method for obtaining X-ray images of plant seeds / Arkhipov M. V., Gryaznov A. Yu., Potrakhov N. N.; applicant and patentee Saint-Petersburg Electrotechnical University ETU "LETI". No. 2007126109; appl. 09.07.09; publ. 20.04.09.
6. Arkhipov M. V., Potrakhov N. N. Microfocus radiography of plants. Saint-Petersburg: Tekhnolit, 2008. 194 p.
7. Radiography of vegetable seeds // Ed. by Musayev F. B. Saint-Petersburg Electrotechnical University ETU "LETI", 2016. 207 p.
8. Zheludkov A. G., Potrakhov N. N., Beletsky S. L. Complex solution of the problems of automation of the X-ray method for analyzing the quality of seeds and grain cereals // Khleboпродукты. 2016. No. 05. P. 58–61.
9. Certificate of official registration of computer programs. 2010610289 RF. The program of automatic recognition of grain seed images and analysis of grain quality by X-ray diffraction obtained on the X-ray diagnostic device PRDU-02 / Potrakhov E. N., Zheludkov A. G.; appl. 2.09.09; publ. 10.11.09.
10. Arkhipov M. V., Alekseeva D. I., Batygin N. F., Velikanow L. P., Gysakova L. P., Derunov I. V., Jeludkov A. G., Nikolenko V. F., Nikitina L. I., Savin V. N., Ponomarenko E. N., Yakushev V. P. Method of radiography in agriculture and plant growing. Moscow: Russian Academy of Agricultural Sciences, 2001. 93 p.

UDC 631.53.0

Potrakhov N. N., Beletskiy S. L., Arkhipov M. V.

HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR GRAIN QUALITY CONTROL BASED ON THE MOBILE X-RAY DIAGNOSTIC UNIT PRDU-02

Summary. The purpose of the conducted studies was to create a technology for rapid assessment of the quality of commodity lots of grain, as well as highly informative separation of control samples of seeds. Research for more than 10 years had been carried out by a team of specialists from Saint-Petersburg Electrotechnical University ETU "LETI", Research Institute of Rosrezerv Storage Preservation (Moscow) and Agrophysical Research Institute (NII AFI) (St. Petersburg) and as a result a technique for obtaining crisp, clean and contrast X-ray images of a separate grain enlarged from several times to several dozen times using modern hardware and software complex was developed. The quality of batches of wheat and rye grains using the developed complex was substantially evaluated. The most significant grain defects affecting the economic suitability of the whole lot were identified. They were strong endosperm fissuring, defectiveness and mechanical injuries of the endosperm, different stages of internal germination, enzyme mycosis depletion, damage by *Eurygaster integriceps*, pests (insects) infestation, grain implumpness. The results of the approbation of technology for rapid assessment of the quality of commodity lots of grain at one of the state elevators of Saint-Petersburg were presented. They showed that the complex has no foreign analogues. This hardware and software complex can be recommended for implementation at grain processing enterprises and Rosrezerv plants for the efficient high-level control of the quality of production batches of grain in order to select the best ones for long-term storage.

Keywords: microfocus radiography, grain quality control, hidden defects, hardware and software complex for X-ray control.

Потрахов Николай Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электронных приборов и устройств ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина)»; 197376, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5; e-mail: kzhmova@gmail.com.

Белецкий Сергей Леонидович, кандидат технических наук, доцент, заместитель заведующего лабораторией технологии длительного хранения продовольственных товаров и хлебопродуктов ФГБУ «Научно-исследовательский институт проблем хранения Росрезерва»; 111033, Россия, г. Москва, ул. Волочаевская, 40 к. 1; e-mail: grain-miller@yandex.ru.

Архипов Михаил Вадимович, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»; 195220, Россия, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14; e-mail: prini@mail.ru; заместитель директора, ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения», 196608, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, шоссе Подбельского, 7; e-mail: szcentr@bk.ru.

Potrakhov Nikolay Nikolaevich, Dr. Sc. (Tech.), head of the Department of electronic devices and system of Saint-Petersburg Electrotechnical University ETU “LETI”; 5, Professora Popova str., Saint-Petersburg, 197376, Russia; e-mail: kzhmova@gmail.com.

Beletskiy Sergey Leonidovich, Cand. Sc. (Tech.), deputy head of the Laboratory of technology of long-term storage of food products and bread, FSBI “NIIPH Rosrezerv”; 40 k. 1, Volochaevskaya str., Moscow, 111033, Russia; e-mail: grain-miller@yandex.ru.

Arkhipov Mikhail Vadimovich, Dr. Sc. (Biol.), professor, chief researcher of the FSBSI “Agrophysical Research Institute”; 14, Grazhdanskiy ave., Saint-Petersburg, 195220, Russia; deputy director of the FSBSI “Northwestern Center for interdisciplinary research of the problems of food supply”; 7, Podbel'skogo road, Saint-Petersburg, Pushkin, 196608, Russia; e-mail: szcentr@bk.ru.

Дата поступления в редакцию – 01.09.2018.

Дата принятия к печати – 03.10.2018.

DOI 10.25637/TVAN.2018.04.15.

УДК: 635.132:631.811

Скиба А. В., Кравченко Г. Д.

**ЭТАПЫ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ СЕЛЕКЦИОННОЙ РАБОТЫ ПО
СОЗДАНИЮ СКОРОСПЕЛОГО СОРТА КОРИАНДРА, ПРИГОДНОГО ДЛЯ
ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПРИ ОЗИМОМ СРОКЕ СЕВА**

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. Производство кориандра требует создания новых высокопродуктивных зимостойких сортов ранних сроков созревания. Цель исследований – создать скороспелый зимостойкий сорт кориандра озимого сева для условий Республики Крым и Юга России. Основные этапы селекционной работы проведены в 2005–2010 гг. в институте эфиромасличных и лекарственных растений (ныне входит в состав ФГБУН «НИИСХ Крыма»). Кориандр не имеет озимых и яровых форм и может возделываться при обоих сроках сева, если сорт обладает высокой зимостойкостью. Для получения сорта с оптимальным сочетанием полезных признаков испытание селекционного материала проводили как при озимом, так и при яровом сроках сева, что расширило возможности его оценки. Исходным материалом для получения перспективных образцов служили сорта Ранний, Янтарь, используемые только при яровом сроке возделывания, а также Нектар и Медун, характеризующиеся высокой зимостойкостью и пригодные для обоих сроков сева. По сравнению с ними проводили отбор лучших селекционных номеров. В результате конкурсного сортоиспытания выделен сортообразец R-2752, превысивший контроль по основным хозяйственно полезным признакам, зарегистрированный как новый сорт Силач. По данным конкурсного сортоиспытания урожайность плодов нового сорта – 22,5 ц/га, массовая доля эфирного масла – 2,73 %, сбор эфирного масла – 61,5 кг/га (117,6 % к стандарту сорта Нектар). Вегетационный период при озимом сроке посева составляет 251 день, что на восемь-девять дней короче такового сортов Нектар и Медун. Сорт зимостойкий, скороспелый, устойчив к полеганию и осыпанию семян, пригоден для ярового и озимого сроков сева. С 2016 г. сорт Силач включен в «Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию» Российской Федерации.

Ключевые слова: кориандр посевной *Coriandrum sativum* L., сорт, селекция, сортоиспытание, зимостойкость, скороспелость.

Введение

Поиск форм и получение сортов кориандра посевного (*Coriandrum sativum* L.), наилучшим образом соответствующих требованиям производства, – основная задача селекции. Сорта кориандра должны обладать комплексом хозяйственно полезных признаков, которые могли бы обеспечить наиболее полный выход продукции, что не только окупит затраты фермера на технологию возделывания кориандра, но и обеспечит стабильный доход [1].

Погодно-климатические условия Крыма позволяют возделывать сорта кориандра, обладающие высокой зимостойкостью, при озимом сроке сева. В этом случае их урожайность в 1,5–2 раза превышает таковую при яровом сроке сева. Однако, в производственных условиях установлено, что сорта озимых сроков посева созревают, как правило, одновременно с зерновыми злаковыми культурами, озимой пшеницей и ячменем, которые убирают в первую очередь, а созревшие плоды растений кориандра осыпаются, что приводит к значительным потерям его урожая. Это обусловило актуальность селекционного исследования по созданию высокопродуктивного зимостойкого сорта кориандра, пригодного для возделывания

при озимом сроке сева, характеризующегося более коротким вегетационным периодом по сравнению с аналогичными сортами Нектар и Медун.

Цель исследований – создать скороспелый зимостойкий сорт кориандра озимого сева для условий Республики Крым и Юга России.

Материалы и методы исследований

Экспериментальную работу по созданию нового высокопродуктивного скороспелого сорта кориандра посевного начали в 2005 г. в институте эфиромасличных и лекарственных растений (ИЭЛР) (ныне входит в состав ФГБУН «НИИСХ Крыма»).

Работа проведена в условиях предгорной зоны Крыма, на научно-производственной базе Института в с. Крымская роза Белогорского района. Данная территория относится к одному из пяти агроклиматических районов Крыма – четвертому верхнему предгорному, тёплому, недостаточно влажному, северному подрайону с умеренно мягкой зимой.

Почвенный покров района представлен черноземами обыкновенными мицелярно-карбонатными предгорными с содержанием гумуса в пахотном горизонте до 3,4 % [2]. Средняя годовая температура воздуха – 8,5–9,8 °С. Годовая сумма осадков – 490–520 мм, испаряемость – 830 мм. Территория относится к агрогидрологическому району полного весеннего промачивания (до 2,0 м) [3].

Исходный материал получен в предшествующий период многолетней селекционной работы с кориандром в ИЭЛР [4, 5]. Проведено сравнение отборов из трех гибридных комбинаций (Янтарь × Ранний, Нектар × Ранний, Луч × Ранний). Лучшие отборы (селекционные номера), выделенные в результате лабораторно-полевой оценки, включали в питомник направленного переопыления, в который входили зимостойкие биотипы и высокопродуктивные скороспелые формы. Исследовательская работа проведена в соответствии с методическими рекомендациями [6].

Поскольку основная задача исследования – создание скороспелого зимостойкого сорта, а единого стандарта, удовлетворяющего всем признакам, нет, в работе в качестве контроля использовали: для оценки селекционного материала на скороспелость при яровом сроке сева сорт Ранний, при озимом – Нектар; при отборе по зимостойкости – сорт Медун. Отбор по показателям продуктивности вели по сравнению с сортами Янтарь (при яровом сроке сева) и Медун (при озимом сроке сева).

Зимостойкость определяли прямым полевым методом [7]. Массовую долю эфирного масла в плодах кориандра рассчитывали по соответствующей методике [8]. Статистическую обработку полученных результатов проводили по Доспехову Б. А. [9].

Результаты и их обсуждение

В 2005–2010 гг. отборы из гибридных комбинаций (Янтарь × Ранний, Нектар × Ранний, Луч × Ранний) и исходных сортов проходили лабораторно-полевую оценку при яровом и озимом сроках сева. Всего в условиях озимого срока сева за четыре вегетационных сезона проанализировано 540 индивидуальных отборов и выделено 19 лучших для прохождения дальнейших этапов селекции. При яровом сроке сева за четыре года оценено 905 отборов и выделено 24 лучших для дальнейшей работы.

Эффективность отбора биотипов на начальном этапе селекции в селекционных питомниках первого и второго года изучения по скороспелости и основным показателям продуктивности представлены в таблице 1 при яровом посеве, в таблице 2 – при озимом.

Наибольшее количество скороспелых номеров, отобранных по результатам оценки в селекционных питомниках ярового срока сева, выделено из сорта Янтарь – 91 (60,7 %) из 150. Из сорта Нектар отобрано 27 перспективных номеров (15,0 %).

Достаточно перспективной для отбора по признаку скороспелости является комбинация Нектар × Ранний. Однако отборы из нее уступают по показателям продуктивности отборам из сортов Янтарь и Нектар.

Таблица 1 – Результаты отбора лучших образцов кориандра по комплексу признаков в селекционном питомнике, яровой срок сева (2005–2007 гг.)

Происхождение образца	Количество оцененных отборов	Вегетационный период, дни			Урожай плодов, г	Массовая доля эфирного масла, %	Масса 1000 плодов, г
		количество отборов со скороспелостью, превышающей стандарт	%	lim.	lim.	lim.	lim.
Янтарь × Ранний F ₂	120	8	6,7	4–12	4–6	2,18–2,44	6–7
Нектар × Ранний F ₂	90	17	19,0	1–15	3–11	2,21–2,45	6–9
Луч × Ранний F ₂	57	5	8,9	3–5	3–17	2,25–2,46	6–7
Янтарь	150	91	60,7	5–17	8–26	2,51–3,12	7–8
Ранний	210	14	6,7	1–4	3–5	2,20–2,48	5–7
Нектар	180	27	15,0	1–5	10–14	2,46–2,52	7–9
Медун	98	11	11,2	1–4	9–16	2,46–2,56	7–10

Таблица 2 – Результаты отбора лучших образцов кориандра по комплексу признаков в селекционном питомнике, озимый срок сева (2005–2007 гг.)

Происхождение образца	Количество оцененных отборов	Вегетационный период, дни			Урожай плодов, г	Массовая доля эфирного масла, %	Масса 1000 плодов, г	Зимостойкость, %
		количество отборов со скороспелостью, превышающей стандарт	%	lim.	lim.	lim.	lim.	lim.
Янтарь × Ранний F ₂	120	21	18	4–15	7–12	2,20–2,46	7–8	48–56
Нектар × Ранний F ₂	90	9	10	7–9	6–17	2,18–2,31	7–9	51–64
Янтарь	150	59	39	5–10	11–21	2,58–2,87	6–8	68–79
Нектар	90	7	8	1–3	14–36	2,46–2,56	8–11	87–95
Медун	90	5	6	2–3	17–42	2,48–2,56	8–12	88–100

По результатам испытания отборов в селекционных питомниках озимого срока сева подтверждается наибольшая эффективность отборов из сорта Янтарь (см. таблицу 2) [5].

В результате двухлетних испытаний в селекционных питомниках озимого срока сева (таблица 3) выделены лучшие номера R-2752 и R-2753 (индивидуальные отборы из сорта Янтарь). Резервы отобранных номеров объединены и использованы для дальнейшего сравнительного изучения на этапах предварительного и конкурсного сортоиспытания.

По результатам предварительного сортоиспытания выбран лучший сортообразец R-2752 для дальнейшего изучения на этапе конкурсного сортоиспытания (таблица 4).

Результаты сравнительного изучения перспективного сортообразца кориандра R-2752 в питомнике конкурсного сортоиспытания (при озимом сроке сева) на протяжении трех лет (2007–2009 гг.) позволяют говорить, что по признаку скороспелости он достоверно превосходит сорта Нектар и Медун.

Таблица 3 – Характеристика перспективных образцов кориандра по скороспелости и зимостойкости в комплексе с высокой продуктивностью, озимый срок сева (2006–2008 гг.)

Номер образца	Признак									
	вегетационный период, дни		урожай плодов, г		масса 1000 плодов, г		массовая доля эфирного масла, %		зимостойкость, %	
	сорт	±St.*	сорт	±St.	сорт	±St.	сорт	±St.	сорт	±St.
R-2743	223	-10	248	-15	7,1	+0,5	2,57	-0,01	78	-11
R-2746	252	-9	321	+5	9,1	-0,6	2,70	+0,08	70	-24
R-2747	242	-13	268	-2	7,8	-0,1	2,49	-0,10	63	-13
R-2750	214	-9	317	+4	6,6	-1,1	2,65	+0,02	50	-34
R-2752	252	-9	326	+24	8,4	+0,6	3,34	+0,15	80	+8
R-2753	220	-10	305	+12	8,6	+0,6	2,89	+0,32	78	-18
R-2788	249	-7	321	+5	7,8	+0,2	2,76	+0,21	82	-8
R-2789	191	-10	205	-24	8,0	+0,2	2,66	+0,02	68	-11

Примечание. * St. – сорт Нектар.

Таблица 4 – Результаты конкурсного сортоиспытания образца R-2752, озимый срок сева (2007–2009 гг.)

Сорт	Год исследований			Среднее
	2007	2008	2009	
урожайность, ц/га				
R-2752	16,7	24,3	26,4	22,5
Нектар	18,4	20,8	23,9	21,0
Медун	20,7	20,8	25,0	22,2
НСР ₀₅	1,3	1,0	0,9	–
массовая доля эфирного масла, %				
R-2752	2,80	2,97	2,41	2,73
Нектар	2,48	2,59	2,37	2,48
Медун	2,54	2,93	2,41	2,63
НСР ₀₅	0,24	–	–	–
сбор эфирного масла, кг/га				
R-2752	46,8	71,0	66,7	61,5
Нектар	45,4	54,0	57,6	52,3
Медун	51,9	60,0	63,0	58,3
НСР ₀₅	2,1	11,5	8,3	–
масса 1000 плодов, г				
R-2752	7,4	7,4	7,9	7,6
Нектар	7,2	7,2	7,6	7,3
Медун	7,4	7,5	6,7	7,2
НСР ₀₅	0,2	0,3	0,4	–
вегетационный период, дни				
R-2752	249,0	254,0	251,0	251,0
Нектар	259,0	260,0	259,0	259,0
Медун	266,0	261,0	252,0	260,0
НСР ₀₅	6,0	4,0	2,0	–
зимостойкость, %				
R-2752	87,0	47,0	90,0	75,0
Нектар	89,0	67,0	90,0	82,0
Медун	100,0	76,0	99,0	92,0
НСР ₀₅	12,0	10,0	8,0	–

Период вегетации у него составляет в среднем 251 день, что на восемь-девять дней меньше, чем у сортов Нектар и Медун. Основные показатели продуктивности в большинстве случаев находились на уровне показателей сортов и даже превышали их. В среднем за три года лучшим из сортов по показателям продуктивности был сорт Медун, что логично, поскольку Медун – это последний районированный сорт перед новым сортом Силач.

Выводы

Показана высокая эффективность отбора в сортах и гибридных популяциях кориандра посевного по селективируемому признаку.

В результате многолетней селекционной работы создан высокопродуктивный скороспелый зимостойкий сорт кориандра Силач (селекционный номер R-2752), который в 2016 г. занесен в «Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию» РФ.

По данным конкурсного сортоиспытания средняя урожайность нового сорта Силач составляет 22,5 ц/га, массовая доля эфирного масла – 2,73 %, сбор эфирного масла – 61,5 кг/га, масса 1000 плодов – 7,6 г, продолжительность вегетационного периода – 251 день, зимостойкость – 75 %.

Литература

1. Бабанина С. С., Мемишева Л. С., Бабанов Н. С., Кравченко Г. Д. Формирование структурных элементов продуктивности кориандра в зависимости от метеорологических условий // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2017. № 2 (170). С. 70–75.
2. Савчук Л. П. Климат предгорья Крыма и эфирносы. Симферополь, 2006. 76 с.
3. Адамень Ф. Ф., Паштетский В. С., Сидоренко А. В. Агроэкологические особенности аграрного производства в Крыму. Клепинино, 2011. С. 104.
4. Сильченко В. М. Наследование основных хозяйственно полезных признаков в сортовых популяциях кориандра. Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Одесса, 1977. 19 с.
5. Сильченко В. М. К методике гибридизации кориандра // Труды ВНИИЭМК. 1969. Т. 2. С. 39–43.
6. Селекция эфиромасличных культур (методические указания) // Под ред. Аринштейн А. И. Симферополь, 1977. С. 21–27.
7. Сергеева Д. С., Сильченко В. М. Методические указания по оценке селекционного материала кориандра на морозо- и зимостойкость. Симферополь, 1989. С. 3–8.
8. Биохимические методы анализа эфиромасличных растений и эфирных масел. Симферополь, 1972. 107 с.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.

References

1. Babanina S. S., Memisheva L. S., Babanov N. S., Kravchenko G. D. Formation of structural elements of coriander productivity depending on the meteorological conditions // Oil crops. Scientific and Technical Bulletin VNIIMK. 2017. No. 2 (170). P. 70–75.
2. Savchuk L. P. The climate of the foothill areas of the Crimea and essential oil crops. Simferopol, 2006. 76 p.
3. Adamen F. F., Pashtetskiy V. S., Sidorenko A. V. Agroecological features of agriculture in the Crimea. Klepinino, 2011. 104 p.
4. Silchenko V. M. Inheritance of basic economically useful traits in varietal populations of coriander. Authors' abstract ...diss. Cand. Sc. (Agr.). Odessa, 1977. 19 p.
5. Silchenko V. M. To the method of coriander hybridization // Scientific works of All-Union Scientific Research Institution of Essential Oil Crops (VNIEMK). 1969. Vol. 2. P. 39–43.
6. Selection of essential oil plants (methodical directions) // Ed. by Arinshtein A. I. Simferopol, 1989. P. 3–8.
7. Sergeeva D. S., Silchenko V. M. Methodical guideline for the evaluation selection material of coriander for frost and winter hardiness. Simferopol, 1989. P. 3–8.
8. Biochemical methods of analysis of essential oil plants and essential oils. Simferopol, 1972. 107 p.
9. Dospikhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of results) Moscow: Agropromizdat, 1985. 352 p.

UDC 635.132:631.811

Skiba A. V., Kravchenko G. D.

STAGES AND EFFICIENCY OF BREEDING WORK ON CREATION OF THE EARLY RIPENING VARIETY OF CORIANDER SUITABLE FOR WINTER SOWING

Summary. Production of coriander demands the creation of new highly productive winter-hardy and early ripening varieties. The aim of the research was to create an early

ripening winter-hardy variety of coriander that can be sown in winter and suitable for the conditions of the Republic of Crimea and the South of Russia. The main stages of breeding work were carried out from 2005 to 2010 at the Institute of Aromatic and Medicinal Plants (now a part of FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"). Coriander does not have winter and spring forms and can be cultivated both as winter and spring crop if the variety is high winter-tolerant. To obtain a variety with an optimal combination of useful traits, testing of the breeding material was carried out both for winter and spring forms, which expanded the possibilities of its evaluation. The varieties 'Ranniy' and 'Yantar' that are used only as a spring crop, as well as 'Nectar' and 'Medun' that are characterized by high winter hardiness and suitable for both terms of sowing, were used as an initial material for obtaining promising samples. As a result of competitive variety testing, a promising variety sample R-2752 that exceeded the standard for the main economically useful traits was selected and registered as a new variety 'Silach'. According to the competitive variety trial data: fruit yield – 22.5 cwt/ha, mass fraction of essential oil – 2.73 %, collection of essential oil – 61.5 kg/ha (117.6 % compared to standard variety 'Nectar'). The vegetation period, when the crop is sown at winter planting dates, is 251 days that is eight to nine days shorter than for 'Nectar' and 'Medun' varieties. The variety 'Silach' is winter hardy, early ripening, resistant to lodging and seed fall, as well as suitable for spring and winter sowing. Since 2016, the variety 'Silach' has been included into the "State Register of Breeding Achievements Approved for Use" of the Russian Federation.

Keywords: *coriander Coriandrum sativum L., variety, breeding, crop variety testing, sampling, winter hardiness, early ripeness.*

Скиба Александр Владимирович, научный сотрудник лаборатории поддержания стабильности и качества сортов отдела эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская,150; e-mail: alexandr.sk@mail.ru.

Кравченко Галина Дмитриевна, научный сотрудник лаборатории селекции отдела эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская,150; e-mail: gala.kravchencko@yandex.ru.

Skiba Aleksandr Vladimirovich, researcher of the Laboratory of maintenance stability and high-quality of oil bearing crops' varieties of the Department of essential oil and medicinal crops, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295000, Russia; e-mail: alexandr.sk@mail.ru.

Kravchenko Galina Dmitrievna, researcher of the Laboratory of selection of the Department of essential oil and medicinal crops, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295000, Russia; e-mail: gala.kravchencko@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 07.08.2018.

Дата принятия к печати – 01.10.2018.

ОТКЛОНЯЕМАЯ ФРЕЗЕРНАЯ СЕКЦИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ПРИСТВОЛЬНЫХ ЗОНАХ МНОГОЛЕТНИХ НАСАЖДЕНИЙ

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

***Реферат.** Одной из важнейших операций в технологиях возделывания многолетних культур является обработка почвы. Качественные показатели во многом зависят от ряда функциональных параметров применяемых технических средств. Используемые в садах машины не полностью выполняют качественные показатели обработки почвы, особенно в приствольных зонах плодовых деревьев. Цель исследований – обосновать конструктивные параметры, разработать макетный образец и провести предварительные испытания фрезы садовой с выносной фрезерной секцией в производственных условиях. Теоретический анализ позволил установить, что предпочтительная защитная дистанция в междурядье сада должна быть не менее 0,20 м в каждую сторону, а в межствольном пространстве штамбов вдоль ряда – 0,38 м. Оптимальная ширина захвата выносной секции должна равняться 0,55 м. В результате проведённых исследований предложена и разработана оригинальная конструкция отклоняемой фрезерной секции фрезы садовой с автономной гидросистемой; в качестве рабочих органов применяются г-образные ножи с особой заточкой. Следящая система выносной секции оснащена сдвоенным выносным щупом, при воздействии на который секция отводится на расстояние, необходимое для защиты штамба дерева. Усилие на щупах оттарировано таким образом, чтобы не повреждать кору плодовых деревьев. Применение отклоняемой фрезерной секции садовой фрезы позволяет повысить точность и качественные показатели обработки в приствольных зонах садовых насаждений, плотность почвы при этом снижается в среднем на 24 %. Энергетическая оценка машины показала, что при отклонении фрезерной секции от штамба плодового дерева, энергоёмкость процесса обработки почвы уменьшается в среднем на 28 %. Применение фрезы садовой с отклоняемой фрезерной секцией позволяет повысить в 1,5 раза производительность труда по сравнению с серийной фрезой ФА-0,76.*

***Ключевые слова:** междурядья садовых насаждений, выносная секция фрезы садовой, межствольная зона.*

Введение

В приствольных зонах плодовых деревьев интенсивных и суперинтенсивных садов располагается до 90 % всей корневой системы. Сорные растения и некачественное выполнение технологических операций по обработке почвы могут в значительной степени влиять на недобор урожая, снижая его на 20–25 %. В то же время приствольные зоны являются наиболее трудными в обработке, требующими применения специализированных машин, особенно в интенсивных насаждениях [1, 2]. Для соблюдения основных технологических требований в многолетних плодовых насаждениях необходимо решение вопроса качественной обработки почвы в приствольных зонах. Обработка почвы гербицидными препаратами частично решает данную проблему, однако их использование не всегда возможно из-за высоких экологических требований и зачастую экономически не оправдано. Предлагаемый ассортимент химических средств борьбы с сорными растениями не в полной мере удовлетворяет жёстким требованиям содержания приствольных зон и межствольных полос садовых насаждений.

Для решения этой проблемы разработана отклоняемая фрезерная секция универсальной садовой фрезы для обработки приствольных полос с обводом стволов плодовых деревьев, которая выполняет обработку почвы в соответствии со всеми современными требованиями к данной технологической операции с качественным крошением почвы в межствольных полосах садовых насаждений [3].

Операция обработки почвы в приствольных зонах многолетних насаждений выполняется машинами, рабочие органы которых, приближаясь к стволу дерева, оставляют защитную зону. Используемые в хозяйствах специализированные машины зачастую не полностью выполняют требования к качеству выполнения технологического процесса обработки почвы в рядах многолетних насаждений, что ведёт к вынужденному упрощению агротехнологий и к недобору урожая плодовых культур.

Цель исследований – обосновать конструктивные параметры, разработать макетный образец и провести предварительные испытания фрезы садовой с выносной фрезерной секцией в производственных условиях.

Материалы и методы исследований

Теоретические исследования проведены с использованием положений математического анализа, аналитической геометрии и теоретической механики с учётом агротехнических, технологических, конструктивных и качественных требований, предъявляемых к процессу обработки почвы в межствольных зонах плодовых насаждений.

Специальная программа и методика лабораторно-экспериментальных исследований и предварительных испытаний разработана на основании СТО АИСТ 4.4-2010, ГОСТ Р 54784, ГОСТ Р 52777 и других государственных и отраслевых стандартов испытаний сельскохозяйственной техники [4–7].

Показатели влажности и плотности почвы определяли в слое почвы 0–15 см. Влажность почвы измеряли методом высушивания проб при 105 °С, показатели находились в пределах от 9,3 до 18,8 %. Измерение плотности почвы производили электромеханическим твердомером почвы ИП 271, в среднем её значение составило 1,42 г/см³.

Качество обработки почвы оценивали по равномерности глубины обработки, крошению и подрезанию сорняков. Глубину обработки почвы определяли щуп-линейкой с точностью до ±1 см. Крошение почвы по фракциям оценивали с помощью набора сменных сит исходя из процентного содержания почвенных агрегатов размером от 1 до 50 мм и более. Для этого в четырёх местах отбирали контрольные пробы через 1 ч после прохода машины. Размер учетной площадки для отбора пробы – 0,25 м² на глубину обработки. Количественную долю уничтоженных сорняков в процентах определяли по разнице количества сорняков до и после прохода машины.

Из энергетических показателей работы определяли отношение расхода топлива на единицу площади к мощности, расход топлива (кг/га) за время работы и мощность выносной секции (кВт). Оценка энергоёмкости обработки почвы выносной фрезерной секцией проведена с использованием тензометрического оборудования, состоящего из осциллографа АКПП-4115, ротационного динамографа, частоту вращения вала измеряли импульсными датчиками ВК-317. Аппаратуру размещали в кабине трактора, питание осуществляли от аккумулятора 6-СТ120 с использованием преобразователя напряжения на 1000 Вт. Определение тягового сопротивления отклоняемой секции фрезы в программу испытаний не входило.

Лабораторно-экспериментальные исследования и предварительные испытания проходили 12.05–10.09.2017 на опытных полях ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ» (п. Майданово, Московская обл.), на участках с плодовыми насаждениями возрастом

три–пять лет и схемой посадки $5 \times 3,5$. Рельеф – ровный, микрорельеф – мелкогребнистый. Почвы дерново-подзолистые. Засорённость участка сорняками составляла 90–170 шт./м².

Результаты и их обсуждение

В процессе обработки почвы в междурядьях плодовых садов остаётся необработанная приштамбовая зона шириной 30–60 см, что связано с особыми условиями работы почвообрабатывающей машины в садах, где движение трактора в непосредственной близости в ряду деревьев невозможно из-за их кроны. Поэтому машины для обработки приствольных зон являются асимметричными относительно центра ряда и имеют механизм бокового смещения для ввода рабочих органов в линию ряда и обвода стволов деревьев в ряду плодовых насаждений [8, 9].

При боковом смещении совершается сложное движение, при котором выносная секция движется по дуге окружности (рисунок 1).

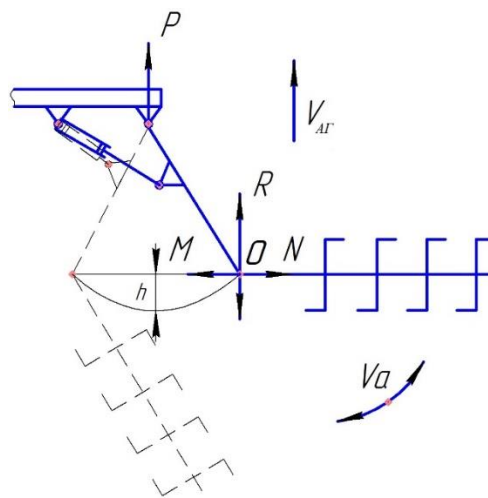


Рисунок 1 – Схема отклонения выносной фрезерной секции

Если тракторный агрегат движется со скоростью V_{ag} и скорость отклонения выносной секции при этом V_a , точка O движется по некоторой траектории с дискретной скоростью V_p , которая постоянно меняется по величине и направлению (см. рисунок 1).

Точка O движется по кривой OO₄ с точкой излома (O₂), при этом эти траектории кривой имеют выгиб в сторону, направленную против движения агрегата. Изменение направления траектории возрастает на участке OO₁ и O₂O₃, так как на участке OB проекция скорости V_a на ось Y направлена в сторону, противоположную движению машины. Подобным образом находим траекторию на участке O₂O₃ при движении точки O справа налево.

На участках O₁O₂ и O₃O₄ траекторию движения получаем за счёт сложения скорости движения агрегата и проекции скорости отклонения выносной секции на ось Y, так как скорость V_{ay} направлена по ходу движения агрегата.

На отклоняемую секцию в горизонтальной плоскости действуют: сила тяги P, сила реакции почвы, сила сопротивления F. В процессе отвода фрезерной секции от оси ряда действуют: отводящая сила гидроцилиндра M и реактивная осевая сила бокового резания N (рисунок 2).

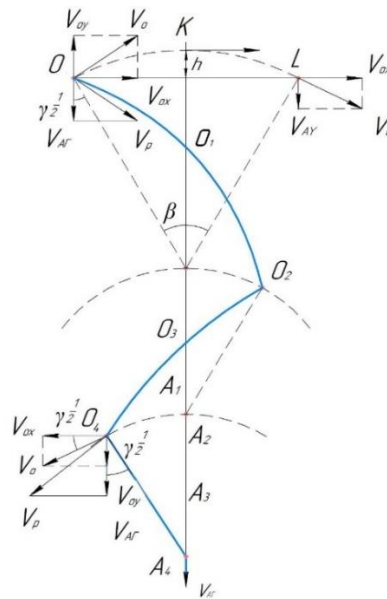


Рисунок 2 – Схема движения точек отклонения секции

Для нашего случая, движение отклоняемой фрезерной секции происходит по окружности радиусом r , поэтому в большей мере проявляется действие центробежной силы, направленной против хода агрегата.

При обходе ствола дерева фрезерным рабочим органом под действием силы тяги P и усилия отвода секции гидроцилиндром M точка фрезерной секции O движется по траектории в форме параллелограмма. Так как рассматриваемая точка жёстко связана с осью вращения и движется по дуге окружности одновременно двигаясь поступательно, при этом возникает центробежная сила, которая противодействует силе тяги P и характеризуется увеличенным тяговым сопротивлением, передающимся на весь агрегат.

В результате обхода ствола дерева фрезерная секция движется по траектории (рисунок 3), совершая при этом сложное движение:

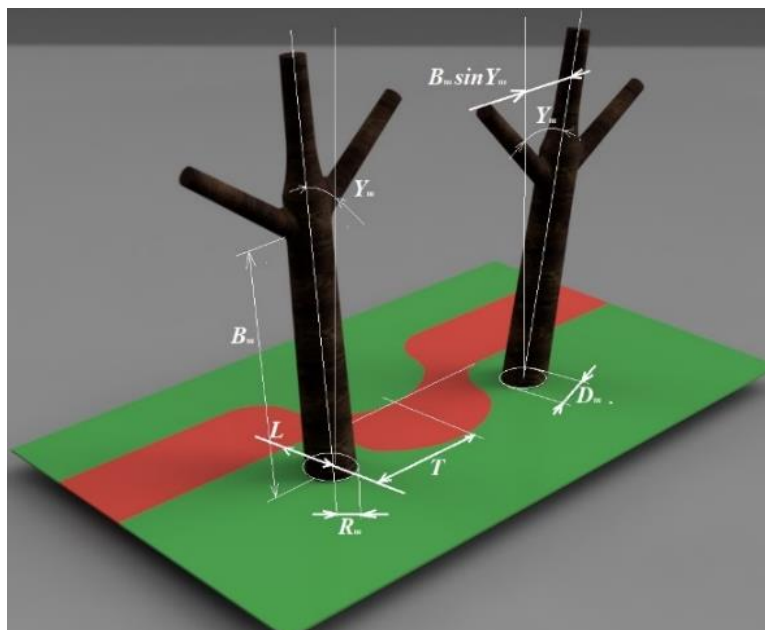


Рисунок 3 – Схема к определению защитной зоны садовых растений
 Примечание. R_m – радиус штамба дерева, D_m – диаметр штамба, B_m – высота штамба.

Относительное движение выносной секции получаем из уравнения 1:

$$\chi = L(1 - \cos\alpha t) \quad (1)$$

Поступательное движение выносной секции, характеризуется уравнением 2:

$$y = T \frac{\omega t}{\pi} = T \frac{\varphi}{\pi} \quad (2)$$

В данном случае площадь отклонения фрезерной секции рассчитывается по формуле 3:

$$S = \int_0^{\pi} L(1 - \cos\varphi) \frac{T}{\pi} d\varphi \quad (3)$$

Значение защитного расстояния от центральной оси ствола дерева до крайних точек фрезерных ножей перпендикулярных к линии ряда насаждений, зависит от угла наклона штамба в сторону междурядья и рассчитывается по формуле 4:

$$L = B_{ш} \sin Y_{ш} + R_{ш} \quad (4)$$

где $H_{ш}$ – высота штамба плодового дерева, м;

$\sin Y_{ш}$ – угол наклона центральной оси штамба, град;

$R_{ш}$ – радиус штамба плодового дерева, м.

Значения защитного расстояния от центральной оси ствола дерева до края фрезерных ножей,двигающихся по линии ряда садовых деревьев, в основном зависит от диаметра ствола (штамба) дерева в наиболее широком месте и в меньшей степени – от высоты штамба и угла его наклона вдоль линии ряда деревьев; определяется по формуле 5:

$$T = D_{ш} + 2H_{ш} \sin Y_{ш} \quad (5)$$

Из этого следует, что для обеспечения беспрепятственной работы машины и повреждения стволов и корневой системы плодовых насаждений, защитная зона при работе отклоняющейся фрезерной секции должна иметь следующие параметры: ортогонально ряду (от крайней точки рабочего органа до линии ряда) $L = 19,32$ см вдоль линии ряда $T = 38,43$ см. Для обеспечения защитной зоны при работе выносной фрезерной секции её ширина захвата не должна превышать 55 см.

В результате проведённых исследований обоснованы размерные характеристики конструкции отклоняемой фрезерной секции с приводом рабочих органов от независимой гидросистемы [10–12]. Отклоняемая фрезерная секция (рисунок 4) состоит из корпуса (1), гидравлического двигателя привода вала ножевого барабана (4), жёстко закреплённых рабочих органов в виде ножей, гидравлического распределителя системы отклонения секции, прикатывающего барабана и гидроцилиндров изменения положения секции в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Стальной кожух отклоняемой секции имеет защитные щитки для исключения разлёта мелких частиц почвы. Рабочий вал имеет набор дисков с жёстко прикреплёнными почвообрабатывающими ножами. Для исключения повреждения коры деревьев во время обхода штамбов, секция оснащена системой автоматического отклонения, которая состоит из сдвоенного щупа (9), подключённого к гидравлическому распределителю (3), который воздействует на гидроцилиндр (5), вызывая отклонение фрезерной секции от продольной оси ряда в междуствольном пространстве плодового сада.

Результаты проведённых исследований и испытаний показали, что при средней скорости движения агрегата 3,5 км/ч глубина обработки почвы составляла в среднем 8,7 см. Среднеквадратическое отклонение при этом составило 1,24 см,

коэффициент вариации – 13,9 %. При работе выносной секции защитные приштамбовые зоны деревьев не превышали рассчитанных значений, при этом необработанная площадь вокруг штамбов составила 0,28 м². Уничтожение сорных растений в зоне прохода выносной секции составило 98 %.



Рисунок 4 – Отклоняемая фрезерная секция

Примечание. 1. Кожух секции; 2. Гидравлические рукава высокого давления; 3. Гидравлический распределитель выносной секции с функцией регулировки чувствительности шупа; 4. Гидравлический мотор для привода ножевого барабана; 5. Гидроцилиндр поворота секции относительно в продольной оси ряда; 6. Гидроцилиндр подъема выносной секции; 7. Шарнирное крепление секции; 8. Гидроцилиндр для регулирования наклона секции в вертикальной плоскости; 9. Сдвоенный следящий шуп системы отклонения секции от штамба.

Крошение почвы по фракциям после обработки было следующим:

- количество крупной (более 50 мм) составило 12,4 %;
- средней (25–50 мм) – 13,6 %;
- мелкой (10–25 мм) – 46,8 %;
- мелкой (4–10 мм) – 17,3 %;
- мелкой (1,5–4 мм) – 8,7 %;
- содержание эрозионно опасных частиц не превышало 1,2 %.

В результате энергетической оценки работы выносной секции получен график зависимости мощности, затрачиваемой на обработку почвы в процессе отвода выносной секции от оси ряда (рисунок 5). Полученный график показал, что при обводе штамба плодового дерева энергозатраты на приводе рабочих органов уменьшаются на 28 %. Это объясняется изменением угла работы ножевого барабана из-за уменьшения ширины захвата выносной секции. Удельный расход топлива составил 15,22 кг/га. Производительность за час основного времени – 0,88 га/ч (например, производительность серийной фрезы ФА-0,76 – 0,259 га/ч).

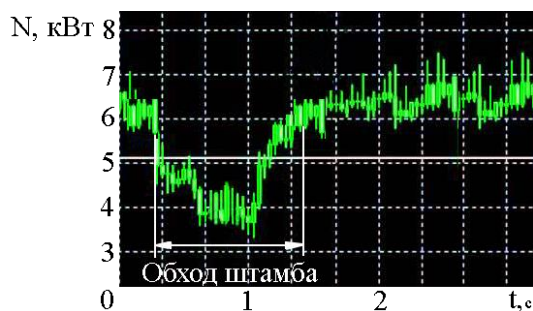


Рисунок 5 – Зависимость величины мощности N , расходуемой на операцию фрезерование почвы, от времени t

Результаты замеров показали (рисунок 6), что плотность почвы на обработанном участке варьировала от 1,05 до 1,09 г/см³ при среднем значении 1,07 г/см³, а на необработанных участках – от 1,37 до 1,48 г/см³ при среднем значении 1,42 г/см³.

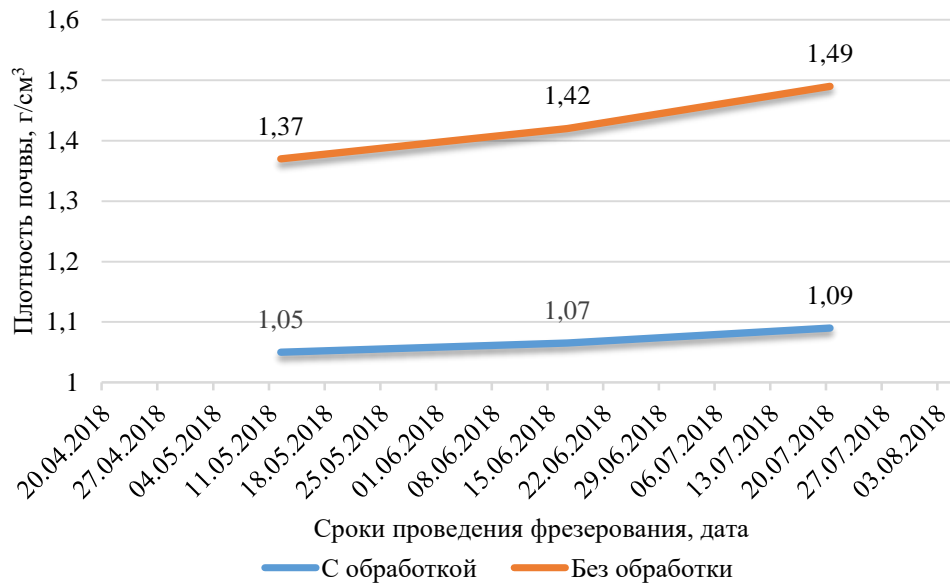


Рисунок 6 – График изменения плотности почвы

На рисунке 7 показан процесс работы фрезы с выносной фрезерной секцией.



Рисунок 7 – Макетный образец фрезы садовой с выносной фрезерной секцией в работе

Выводы

Проведённый теоретический анализ помог обосновать оптимальные размеры защитных зон, которые поперёк ряда должны быть не менее 0,20 м в каждую сторону, а у штамбов вдоль линии ряда – 0,38 м, поэтому для обеспечения данных защитных зон ширина захвата отклоняемой секции не должна составлять более 55 см.

При обработке почвы фрезерным культиватором плотность почвы в приствольных кругах снижается в среднем на 24 %, а энергоёмкость фрезерования в процессе обхода штамба дерева уменьшается на 28 %.

Работа выносной секции в полевых экспериментальных исследованиях

помогла обосновать полученные результаты теоретических выводов. Фактически, полученные показатели по площади защитной зоны, измельчению корней сорной растительности и фракционному составу почвы полностью соответствуют технологическим требованиям по операции обработки почвы в межствольном пространстве многолетних насаждений, а практическое применение фрезы садовой с дополнительной выносной секцией (фрезерной) повышает производительность в 1,5 раза по сравнению с серийной фрезой ФА-0,76 за счёт большей ширины захвата двух секций, а также более высокой скорости работы за счёт быстродействия гидравлической системы выносной секции.

Литература

1. Смирнов И. Г., Хорт Д. О., Филиппов Р. А. Нормативно-техническая база данных машин для современных технологий промышленного садоводства // Сборник докладов Международной научно-технической конференции «Система технологий и машин для инновационного развития АПК России», Ч. 1. М.: ВИМ, 2013. С. 202–205.
2. Смирнов И. Г., Хорт Д. О., Филиппов Р. А., Романюк Н. Н., Есипов С. В. Совершенствование технологии обработки межствольной зоны междурядий садовых насаждений выносной фрезерной секцией // Вестник рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2017. № 2 (34). С. 83–88.
3. Смирнов И. Г., Хорт Д. О., Филиппов Р. А. Техническое обеспечение работ по уходу за междурядьями в садах интенсивного типа // Материалы Международной научно-технической конференции «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве». Минск: НПЦ НАН Беларуси по вопросам механизации сельского хозяйства, 2014. С. 303–311.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2014. 351 с.
5. ГОСТ Р 54784–2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы оценки технических параметров. М.: Стандаринформ, 2012. 19 с.
6. СТО АИСТ 4.4–2010. Машины и орудия для обработки почвы в садах, виноградниках, хмельниках и ягодниках. Методы оценки функциональных показателей. М.: Росинформагротех, 2013. 37 с.
7. ГОСТ Р 52777–2007. Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки. М.: Стандаринформ, 2008. 6 с.
8. Шевкун В. А. Борона дисковая садовая для обработки почвы в рядах плодовых деревьев. Дисс. ... канд. с.-х. наук. М.: ГНУ ВСТИСП, 2008. 113 с.
9. Шевкун В. А. Определение защитной зоны в процессе обхода штамба плодовых деревьев дисковым рабочим органом // Садоводство и виноградарство. 2008. № 2. С. 23–24.
10. Филиппов Р. А. Повышение эффективности использования высококлиренсного фрезерного культиватора в садоводстве // Сборник докладов Международной научно-технической конференции «Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации государственной программы развития сельского хозяйства», Ч. 1. М.: ВИМ, 2015. С. 336–339.
11. Пат. 2544378 Российская Федерация, МПК А 01 В 39/16, А 01 В 33/02. Выносная секция фрезы садовой [Текст] / Измайлов А. Ю., Лобачевский Я. П., Смирнов И. Г., Хорт Д. О., Филиппов Р. А., Романюк Н. Н.; заявитель и патентообладатель – ГНУ ВИМ Россельхозакадемии. №2013153026/13, 29.11.2013.
12. Филиппов Р. А., Хорт Д. О. Фреза садовая универсальная ФСУ-2,5 // Сборник докладов Международной научно-практической конференции «Молодые ученые в решении актуальных проблем науки». Владикавказ, 2014. С. 42–43.

References

1. Smirnov I. G., Khort D. O., Filippov R. A. Normative and technical database of machines for modern technologies of industrial horticulture // Proceedings of the International Scientific and Technical conference “System of technologies and machines for the innovative development of agriculture of Russia”. Part 1. Moscow: Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 2013. P. 202–205.
2. Smirnov I. G., Khort D. O., Filippov R. A., Romanyuk N. N., Esipov S. V. Improvement of technology for processing of the interstate zone of interdisciples of gardening plants with an extended milling section // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2017. No. 2 (34). P. 83–88.
3. Smirnov I. G., Khort D. O., Filippov R. A. Technical support of works on care of row spacing in gardens of intensive type // Proceedings of the International Scientific and Technical Conference “Scientific and technical progress in agricultural production”. Minsk, “Scientific-Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for agricultural mechanization” (RUE “SPC NAS of Belarus for agricultural mechanization”), 2014. P. 303–311.
4. Dospikhov B. A. Methods of field research. Moscow: Alyans, 2014. 351 p.

5. GOST 54784–2011. Testing of agricultural tractors and machines. Methods for estimation of technical parameters. Moscow: Standartinform, 2012. 19 p.
6. STO AIST 4.4-2010. Machines and tools for soil cultivation in orchards, vineyards, hop and berry fields. Methods of evaluation of functional indicators. Moscow: Rosinformagrotekh, 2013. 37 p.
7. GOST 52777–2007. Agricultural machinery. Methods of power estimation. Moscow: Standartinform, 2008. 6 p.
8. Shevkun V. A. The garden' disk harrows for soil cultivation in rows of fruit trees. Thesis ... Cand. Sc. (Agr.). Moscow: State Scientific Institution "All-Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery", 2008. 113 p.
9. Shevkun V. A. Determination of the protective zone during bypass of the trunk of fruit trees by disk working body // Horticulture and viticulture. 2008. No. 2. P. 23–24.
10. Filippov R. A. Improving the efficiency of the use high-performance milling cultivator in horticulture // Proceedings of the International Scientific and Technical Conference "Intelligent machinery and equipment for the implementation of the state program of agricultural development", Part 1. Moscow: Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 2015. P. 336–339.
11. Patent 2544378 Russian Federation, IPC A01B 39/16, A01B 33/02. Remote section of garden cutter [Text] / Izmailov A. Yu., Lobachevskiy Ya. P., Smirnov I. G., Khort D. O., Filippov R. A., Romanyuk N. N.; Applicant and patentee State Scientific Institution VIM. No. 2013153026/13. 29.11.2013.
12. Filippov R. A., Khort D. O. Garden cutter universal FSU-2,5 // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Young scientists in solving urgent problems of science". Vladikavkaz: Vladikavkaz Scientific Center of RAS, 2013. P. 42–43.

UDC 634.75:631.358

Filippov R. A., Khort D. O., Smirnov I. G.

REMOTE MILLING UNIT FOR THE SOIL CULTIVATION IN THE NEAR-TREE-TRUNK ZONE OF FRUIT PLANTS

Summary. One of the most important operations in the technology of growing fruit and berry crops is the process of tillage. Qualitative indicators largely depend on the number of functional indicators of the applied technical means. Machines that are used in the horticultural industry do not cultivate the soil very well, especially in the zone near the trunk of perennial plantings. The aim of this work was to prove the design and develop the remote milling unit for soil treatment in the zone near the tree trunks of fruit plantations. Theoretical analysis made it possible to establish that the safe distance across the row should be not less than 0.20 m in each direction, trunks along the line – 0.38 m; and to establish the optimal size of the remote milling unit equal to 0.55 m. The original design of the remote milling unit of the garden cutter with the drive of the working bodies from the autonomous hydraulic system was proposed and developed after conducting research; Г-shaped knives with a special sharpening were used as working bodies. The tracking system of the remote unit was equipped with probes exposing to which the section was pulled away to the required distance to protect the trunk of the fruit tree. The force on the probes was calibrated in such a manner that not to damage the bark of fruit trees. The use of a remote milling unit of the garden cutter improves the accuracy and quality of soil tillage in the inter-trunk zone between the rows of garden plantings; herewith, soil density in the near-tree-trunks zone is reduced averagely by 24 %. Energy assessment showed that when bypassing the trunk of the fruit tree, the energy intensity of the soil treatment process decreased, on average, by 28 %.

Keywords: inter-trunk zone, row spacing of garden plantations, remote milling unit of garden cutter.

Филиппов Ростислав Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории машинных технологий для питомниководства ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»; 109428, Россия, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5; e-mail: vim_sad@mail.ru.

Хорт Дмитрий Олегович, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом машинных технологий в садоводстве ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»; 109428, Россия, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5; e-mail: vim_sad@mail.ru.

Смирнов Игорь Геннадьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ученый секретарь, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», 109428, Россия, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5; e-mail: vim@vim.ru.

Filippov Rostislav Aleksandrovich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher laboratory of machine technologies for nursery of FSBSI “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”; 5, 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russia; e-mail: vim-sad@mail.ru.

Khort Dmitriy Olegovich, Cand. Sc. (Agr.), head of the Department machine technology in horticulture of FSBSI “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”; 5, 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russia; e-mail: vim-sad@mail.ru.

Smirnov Igor Gennadevich, Cand. Sc. (Agr.), academic secretary, FSBSI “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”; 5, 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russia; e-mail: vim@vim.ru.

Дата поступления в редакцию – 07.10.2018.

Дата принятия к печати – 09.11.2018.

УДК 579.841.3; 579.64

Хапчаева С. А.¹, Зотов В. С.¹, Дидович С. В.², Топунов А. Ф.¹

МАРКИРОВАНИЕ МИКРОСИМБИОНТОВ *PHASEOLUS VULGARIS* L. И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ БОБОВО-РИЗОБИАЛЬНОГО СИМБИОЗА

¹ФГУ «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН»;

²ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. Цель исследований – определение специфичности во взаимодействиях различных генотипов клубеньковых бактерий рода *Rhizobium* с различными сортами фасоли и создание экспериментальных формул микробных биопрепаратов для растениеводства. Проведен анализ специфики симбиотических взаимодействий между *Phaseolus vulgaris* L. (фасоль обыкновенная) и бактериями порядка *Rhizobiales* с помощью полевых и лабораторных испытаний. Особое внимание уделено генотипированию ризобияльной составляющей для выявления молекулярных маркеров наиболее эффективных пар макро- и микросимбионтов. Проведена ПЦР-амплификация хромосомных маркеров (ген *groV* и межгенный регион – *hip*-регион) с последующим секвенированием. В результате была систематизирована крымская коллекция микросимбионтов фасоли – ССМ (*Crimean collection of microorganisms*) отдела микробиологии ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (г. Симферополь). Выявлены перспективные штаммы (генотипы), имеющие потенциал стать основой бактериальных биопрепаратов. Разработаны и экспериментально испытаны различные формулы биопрепаратов, стабилизированных фототрофными микроорганизмами и применяемых в предпосевной обработке семян сельскохозяйственных бобовых культур. Данные формы препаратов прошли успешную апробацию в полевых испытаниях на производственных сортах фасоли. В результате проведенных исследований были не только выявлены генетические маркеры специфичности бобово-ризобияльного симбиоза, но и предложены «персонализированные формулы» комплексных микробных биопрепаратов на основе наиболее эффективных штаммов полезных почвенных микроорганизмов.

Ключевые слова: клубеньковые бактерии, фасоль обыкновенная *Phaseolus vulgaris* L., *groV*, *hip*-регион ПЦР, симбиоз, специфичность, биопрепарат, микрководорсли.

Введение

В настоящее время растительно-микробные взаимодействия, в частности бобово-ризобияльный симбиоз, достаточно широко изучены мировым научным сообществом. Выявлены и охарактеризованы генетические основы и молекулярные механизмы, определена значимость подобных систем для изучения ряда фундаментальных и прикладных вопросов биологии. Тем не менее, до конца непонятно влияние внешних и внутренних биотических факторов, определяющих симбиоз между определенным растением семейства Бобовые (*Fabaceae*) и конкретными штаммами различных родов семейства *Rhizobiaceae* из общего пула почвенных микроорганизмов.

Изучение специфичности бобово-ризобияльного симбиоза привело к более глубокому и детальному исследованию генетики этого процесса. Со стороны макросимбионта происходит генетический контроль способности к образованию клубеньков, их числа, внутриклеточной организации, активности азотфиксации (которая определяется по активности фермента нитрогеназы, продолжительности периода активной азотфиксации, способности формировать устойчивый симбиоз),

количества корневой биомассы, в том числе бактериальной. Большинство растений проявляет специфичность в выборе микросимбионта, основанную на лектин-углеводном узнавании партнеров [1]. Молекулярные механизмы микросимбионтов, регулирующие клубенькообразование и синтез сигнальных молекул, детально изучены. Данные гены объединены в единый оперон и регулируются общим промотором – нод-боксом (Nod-box) [2]. Однако в выявлении специфичности растительно-микробных взаимодействий на молекулярно-генетическом уровне остается много вопросов [3]. Фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L.) представляет интерес в исследовании специфичности симбиотических взаимодействий, т.к. способна к перекрестному заражению большим числом микросимбионтов неродственных видов бобовых растений.

Цель исследований – определение специфичности во взаимодействиях различных генотипов клубеньковых бактерий рода *Rhizobium* с сортами *P. vulgaris* и создание на основе наиболее эффективных пар макро- и микросимбионтов экспериментальных формул микробных биопрепаратов для растениеводства.

Материалы и методы исследований

Симбиотические бактерии. В работе использованы штаммы клубеньковых бактерий, микросимбионтов фасоли обыкновенной, рода *Rhizobium* из различных коллекций (таблица 1).

Культуры цианобактерий. В работе также использовали пять штаммов гетероцистных цианобактерий из различных типов почв. Цианобактерии представлены штаммами авторской коллекции отдела сельскохозяйственной микробиологии ФГБУН «НИИ сельского хозяйства Крыма» – ССМ (Crimean collection of microorganisms) (таблица 1).

Морфологическая идентификация штаммов была основана на следующих диакритических признаках: организация таллома, наличие и тип слизистого чехла, присутствие ветвления, тип деления и размеры клеток и трихом, полярность и форма терминальных клеток, присутствие/отсутствие меристематических зон и некридрических клеток, наличие и расположение дифференцированных клеток (акинет, гетероцист) и др. [10].

Сельскохозяйственные бобовые культуры. Объекты исследований – различные сорта *Ph. vulgaris* – Гелиада, Рубин, Стрела, Пинто, внесенные в «Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ». Семена предоставлены ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт зернобобовых и крупяных культур (ВНИИЗБК) из собственных коллекций.

Выделение ДНК. Для выделения препаратов суммарной клеточной ДНК исследуемые штаммы симбиотических бактерий культивировали на агаризованной среде ТУ: дрожжевой экстракт – 1 г/л; пептон – 10 г/л; CaCl₂ – 0,4 г/л; агар – 20 г/л [11]. Выделение бактериальной ДНК проводили посредством фенол-хлороформной экстракции и последующим осаждением изопропанолом [12]. Концентрация выделенной ДНК определена при помощи флуориметра Qubit 2.0 (Invitrogen, Life technologies, США) с использованием набора реагентов Qubit Assays (Molecular probes, Life technologies, США). Также использованы наборы для выделения ДНК: Thermo Scientific GeneJET Genomic DNA Purification Kit, Invitrogen PureLink Genomic DNA Kit.

Выделение ДНК из почвенных образцов и цианобактериальных ассоциаций проводили в соответствии с протоколом набора PowerSoil DNA Isolation Kit, MO BIO Laboratories, Inc.

Таблица 1 – Бактериальные штаммы: почвенные цианобактерии и клубеньковые бактерии – симбионты фасоли

Штамм	Род/вид	Географическое происхождение	Коллекция*
ФА-2	<i>Rhizobium leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i>	Украина (Харьковская обл.)	CCM
ФА-4	<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i>	Украина (Харьковская обл.)	CCM
ФА-11	<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i>	Украина (Харьковская обл.)	CCM
ФА-20	<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i>	Украина (Харьковская обл.)	CCM
ФА-22	<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i>	Украина (Харьковская обл.)	CCM
ФА-23	<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i>	Украина (Харьковская обл.)	CCM
ФА-30	<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i>	Украина (Харьковская обл.)	CCM
ФК-1	<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i>	Украина (Харьковская обл.)	CCM
ФК-3	<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i>	Украина (Харьковская обл.)	CCM
ФК-6	<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i>	Украина (Харьковская обл.)	CCM
ФН	<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i>	Украина (Харьковская обл.)	CCM
ФН-6	<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i>	Украина (Харьковская обл.)	CCM
ФН-12	<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i>	Украина (Харьковская обл.)	CCM
Ф-16	<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i>	Украина (Харьковская обл.)	CCM
В-6923 Т	<i>R. phaseoli</i>	–	VKPM
Pv22e	<i>R. giardinii</i>	Россия (Московская обл.)	CHWM
УП-8	<i>R. giardinii</i>	Россия (Московская обл.)	CHWM
105	<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i>	Армения	CIAM
657	<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i>	–	–
2625	<i>R. phaseoli</i>	Мексика	CIAM
2631	<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>phaseoli</i>	Белоруссия (Минская обл.)	CIAM
11541 Т	<i>R. etli</i>	Мексика (Гуанахуато)	DSMZ
28449 Т	<i>R. mesoamericanum</i>	Мексика (Веракруз)	DSMZ
11418 Т	<i>R. tropici</i> type B	Южная Америка	DSMZ
22705 Т	<i>R. lusitanum</i>	Португалия (Аркуш-ди-Валдевш)	BCCM/LMG
9517 Т	<i>R. leucaenae</i>	Бразилия	BCCM/LMG
24453 Т	<i>R. tibeticum</i>	Китай (Тибет)	BCCM/LMG
5851 Т	<i>Ensifer fredii</i>	–	DSMZ
1	<i>Desmodemus</i> sp.	Россия (Республика Крым)	CCM
2	<i>Nostoc linckia</i>	Украина (Запорожская обл.)	CCM
3	<i>Nostoc linckia</i> f. <i>muscorum</i>	Германия (Бавария)	CCM
4	<i>Nostoc sphaeroides</i>	Западная Сахара	CCM
144	<i>Nostoc linckia</i>	Украина (Запорожская обл.)	CCM

Примечание. * ККМ (Крымская коллекция микроорганизмов, CCM, Crimean collection of microorganisms [4]) – авторская коллекция отдела микробиологии ФГБУН «НИИСХ Крыма», Симферополь.

ВКСМ [5] – коллекция ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии», г. Санкт-Петербург.

CHWM (Collection of Hin World Microorganisms, [6]) – авторская коллекция уникальных микроорганизмов мира.

ВКПМ [7] – Национальный биоресурсный центр – Всероссийская коллекция промышленных микроорганизмов (НБЦ ВКПМ).

В качестве референсных культур использовали типовые штаммы ведущих российских и зарубежных коллекций:

DSMZ (Leibniz Institute DSMZ-German Collection of Microorganisms and Cell Cultures, [8]) – коллекция микроорганизмов и культур клеток Института Лейбница, г. Брауншвейг, Германия.

BCCM/LMG (Belgian co-ordinated collections of microorganisms, [9]) – коллекция микроорганизмов Лаборатории микробиологии, Отдел биохимии и микробиологии Гентского Университета, г. Гент, Бельгия.

Генотипирование бактерий. Генотипирование и определение внутривидового разнообразия бактериальных штаммов проведено с использованием ПЦР-амплификация гена β -субъединицы бактериальной РНК-полимеразы (*rpoB*) и межгенного региона *hin*-регион [13].

ПЦР-амплификация. ПЦР анализ и последующее секвенирование [14] нуклеотидных последовательностей фрагмента гена *rhoB* провели с использованием праймеров *rhoB_F* [15] и *rhoB_R* [16]; *hin*-регион – с использованием праймеров, специфических для рода *Rhizobium*, Pr.RhizF и Pr.RhizR [13].

Next-Generation Sequencing (NGS), метагеномное секвенирование. Препараты ДНК (10–15 нг) использованы в качестве матрицы в полимеразной цепной реакции для создания и последующего секвенирования ампликонных библиотек. В ПЦР-реакции использованы праймеры к межгенному региону 18S-28S рРНК – ITS: ITS2f: 5'-GCATCGATGAAGAACGCAGC-3' и ITS2r: 5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3' [17]. Пиросеквенирование проводили по протоколу фирмы «Roche» (Швейцария). Подготовку проб и секвенирование проводили на приборе GS Junior («Roche») согласно рекомендациям производителя.

Анализ нуклеотидных последовательностей. Первичный сравнительный анализ полученных последовательностей с последовательностями базы данных ГенБанка проведён с помощью программы NCBI Blast [18]. Выравнивание последовательностей и построение матриц нуклеотидного сходства проводили с помощью программы BioEdit 7.0.5.2 [19]. Филогенетические деревья построены в программе Mega 5.1 [20] с помощью алгоритма Neighbor-Joining NJ [21]. Парные генетические расстояния между последовательностями определены по двухпараметрической модели Кимуры [22].

Конструирование экспериментальных формул биопрепаратов. Конечная микробная формула представляет собой консорциум отобранных штаммов бактерий, исходя из требуемой функциональной направленности биопрепарата: стимуляция роста и развития растения; симбиотическая азотфиксация; увеличение коэффициента использования фосфорных удобрений и почвенных фосфатов; усиление иммунитета растения, тем самым повышение его устойчивости к воздействию фитопатогенов. Штаммы предлагаются на основании проведенного генотипирования на внутривидовом уровне и по результатам лабораторных опытов на сортоспецифичность («персонализированный подход»). Экспериментально определяют соотношения объемов и необходимый титр каждой бактериальной суспензии. Микробные формулы биопрепаратов, применяемых в лабораторных и полевых опытах, описаны ниже.

Лабораторные опыты. Лабораторные опыты проводили в климатических камерах при светодиодном освещении (белый свет, 6000 Лк). Субстрат – стерильный вермикулит. Инокуляцию проводили в соответствии со схемой опыта (таблица 2) в объеме – 50 мкл бактериальной суспензии с титром 10^8 – 10^9 КОЕ/мл на семя (предпосевная обработка). Семена фасоли сортов Гелиада, Рубин, Стрела и Пинто выращивали в сосудах с перфорированным дном объемом 500 мл.

Таблица 2 – Схема проведения лабораторного опыта

Штамм	Генотип
К-	–
К+	Совместная инокуляция – все генотипы
ФА-4	<i>R. leguminosarum</i> IA
ФК-6	<i>R. leguminosarum</i> IB
105	<i>R. leguminosarum</i> IC
ФН-6	<i>R. leguminosarum</i> IID
УП-8	<i>R. giardinii</i> IVE
В-9623Т	<i>R. phaseoli</i> VF

Полевые опыты. Полевые испытания микробных препаратов проводили в Орловской и Московской областях в 2016 и 2017 гг. согласно методике [23, 24] по следующей схеме (таблица 3).

Таблица 3 – Схема опыта на фасоли

Год	Название препарата/микробная формула
2016	сорт Стрела
	«ЦБК» – <i>Nostoc linckia</i> 144 + <i>R. etli</i> DSM 11541T + <i>R. tropici</i> type B DSM 11418T + <i>R. mesoamericanum</i> DSM 28449T + <i>R. lusitanum</i> LMG 22705T + <i>R. leucaenae</i> LMG 9517T + <i>R. tibeticum</i> LMG 24453T
	Контроль (без обработки)
	сорт Рубин
	Контроль
	<i>R. etli</i> DSM 11541 T
	<i>R. tropici</i> type B DSM 11418 T
	<i>R. mesoamericanum</i> DSM 28449 T
	<i>R. lusitanum</i> LMG 22705 T
	<i>R. leucaenae</i> LMG 9517 T
<i>E. fredii</i> DSM 5851 T	
2017	сорт Стрела
	«ЦБК 1» – <i>Nostoc linckia</i> 144 + <i>R. leguminosarum</i> ФА-22 (II/C)
	«ЦБК 2» – <i>Nostoc linckia</i> 144 + <i>R. etli</i> DSM-11541 T
	Контроль

Среднесуточная температура и количество осадков в период вегетации представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Метеорологические условия в период вегетации

Область	Месяц	2016 г.		2017 г.	
		количество осадков за месяц, мм	среднесуточная температура, °С	количество осадков за месяц, мм	среднесуточная температура, °С
Московская (д. Молжаниновка)	май	48,0	14,5	–	–
	июнь	63,9	17,5	–	–
	июль	58,4	20,5	–	–
	август	101,6	19,0	–	–
	сентябрь	50,9	10,9	–	–
	всего	322,8	16,5	–	–
Орловская (п. Стрелцкий)	май	124,0	14,4	106,7	12,6
	июнь	135,2	18,1	122,1	15,8
	июль	256,3	20,9	287,8	18,2
	август	211,5	19,8	175,5	19,8
	сентябрь	42,6	11,9	32,2	13,6
	всего	769,6	17,0	724,3	16,0

В Орловской области испытания проводили на темно-серой лесной почве средне суглинистой с пахотным слоем 28–30 см. Климатические условия по температурному режиму можно охарактеризовать как теплые. Учетная площадь делянки – 10 м². В Московской области испытания проводили на дерново-подзолистых почвах с пахотным слоем 20 см.

Анализ общего содержания белка. В данной работе использован метод Кьельдаля, определение проводили в аппарате фирмы Bushi на приборе К-424 (Германия) согласно ГОСТ 10846-91 «Зерно и продукты его переработки» [33].

Результаты и их обсуждение

Исследуемая коллекция микроорганизмов представляла собой выборку штаммов клубеньковых бактерий, выделенных с корней бобовой культуры.

Первоначальная морфологическая идентификация проведена с помощью микробиологических методов (метод светового поля) и справочника Берджи по бактериологической систематике [25]. Генетическая идентификация и определение таксономического положения штаммов базировались на данных сравнительного анализа нуклеотидных последовательностей гена 16S рРНК. В настоящей работе нами использованы генетические маркеры с различной разрешающей способностью на внутривидовом уровне: *groB* и *hin*-регион. Проведенное генотипирование клубеньковых бактерий привело к выявлению в исследуемой выборке наименьшей таксономической единицы – группа штаммов.

Ранее показано [26], что при исследовании выборки из 13-ти изолятов клубеньков с корней фасоли выявлено пять групп штаммов различных генотипов. В данной работе выборка изолятов расширена и также генотипирована. По результатам секвенирования для всей исследуемой выборки штаммов построено филогенетическое дерево по гену *groB* (рисунок 1).

Таксономическая кластеризация исследуемых штаммов коллекции ССМ выявила три вида рода *Rhizobium* – *R. leguminosarum*, *R. phaseoli* и *R. giardinii* и соответствовала разделению на генотипы по *hin*-региону.

Выявление наиболее эффективных генотипов клубеньковых бактерий в вегетационных испытаниях – один из этапов при конструировании экспериментальных формул биопрепаратов полифункциональных цианобактериальных консорциумов. В лабораторных условиях определена специфичность взаимодействий генотипов ризобий с различными сортами *P. vulgaris*, а также влияние цианобактериальной компоненты на рост и развитие растений. Наиболее эффективные и перспективные штаммы клубеньковых бактерий и цианобактериальные ассоциации использовали для создания биопрепаратов, которые прошли вегетационные и полевые испытания в различных агроклиматических условиях.

Лабораторные испытания. Оценку специфичности растительно-микробных взаимодействий проводили в рамках лабораторного опыта с моноинкуляцией ризобияльными штаммами различных генотипов семян фасоли сортов Гелиада, Рубин, Стрела и Пинто.

В результате проведенной обработки полученных данных нодулирующую способность проявили штаммы *R. leguminosarum* 105; *R. giardinii* УП-8; *R. phaseoli* В-9623Т. Штаммы *R. leguminosarum* ФА-4; *R. leguminosarum* ФК-6; *Rhizobium* sp. ФН-6 не образовали клубеньков на корнях растений данных сортов (Nod-). Количество клубеньков отражено в диаграмме (рисунок 2).

Определение генотипа штамма, образовавшего клубенек, проводили с помощью родоспецифичной *hin*-регион ПЦР. В варианте опыта с инокуляцией штаммом *R. leguminosarum* 105 генотипы клубенькообразующих единиц (КЛОЕ) были идентичны генотипу инокулята (520 и 655 п.о.) на сортах Гелиада и Стрела. На сортах Пинто и Рубин наблюдали изменение *hin*-генотипа в результате симбиотических взаимодействий, а именно – отсутствие тяжелого продукта амплификации (655 п.о.).

В опыте при инокуляции штаммом *R. giardinii* УП-8 на всех сортах генотипы КЛОЕ совпадают с генотипом внесенного штамма – 260 п.о. При инокуляции штаммом *R. phaseoli* В-9623Т на сортах Гелиада, Пинто и Стрела генотипы КЛОЕ совпадают с генотипом внесенного штамма – 370 и 520 п.о. На сорте Рубин в *hin*-генотипах большинства КЛОЕ отсутствовал тяжелый фрагмент. На сорте Стрела один КЛОЕ был представлен одним продуктом длиной 280 п.о., появление которого может быть вызвано контаминацией из другого опыта.

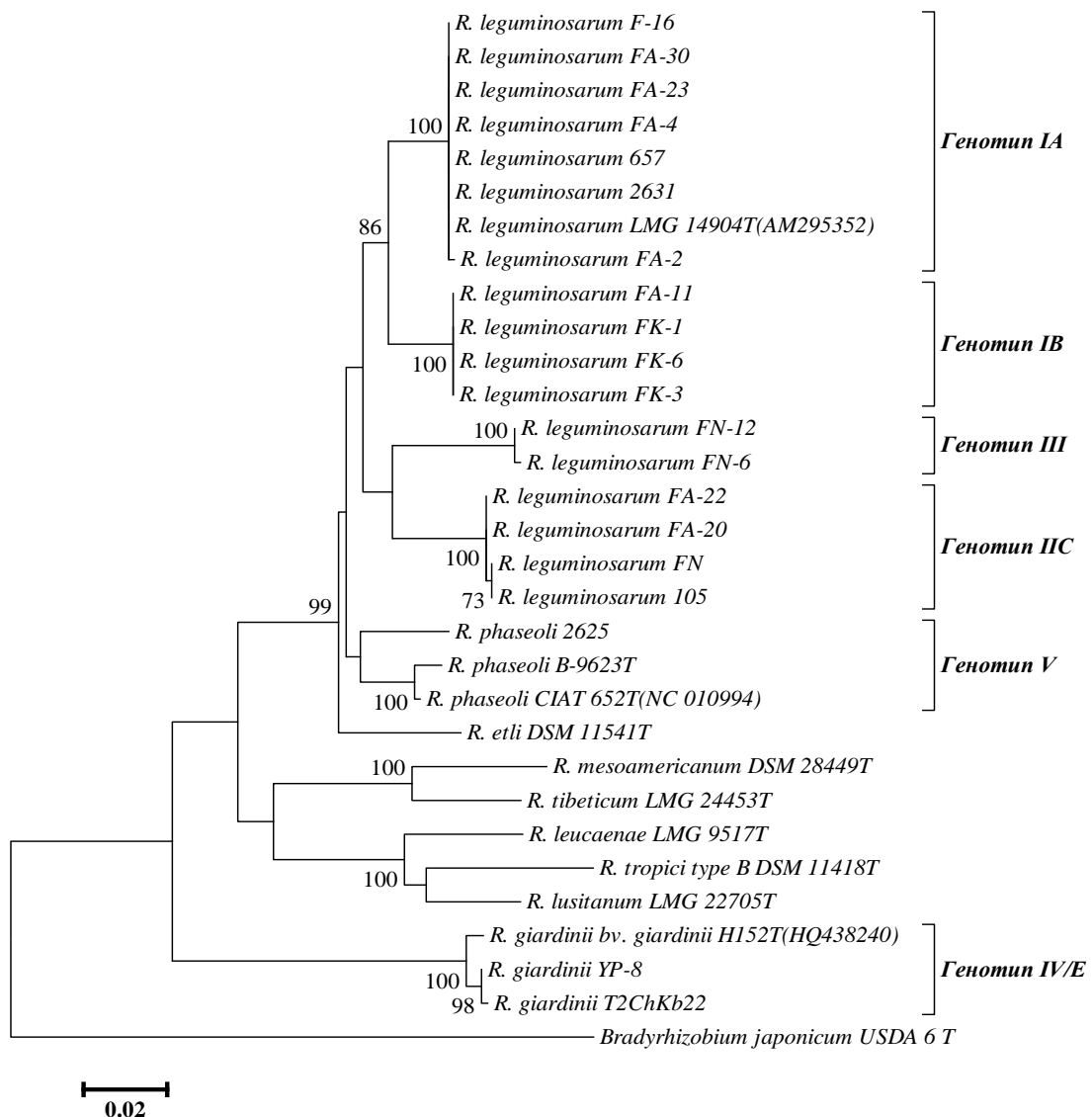


Рисунок 1 – Филогенетическое дерево, построенное на основе данных сравнительного анализа последовательностей гена *rpoB* *Rhizobium* sp. с использованием алгоритма NJ

Примечание. Масштаб соответствует двум заменам на 100 пар оснований. Цифрами показана статистическая достоверность порядка ветвления (в %), определенная с помощью «bootstrap»-анализа (1000 реплик). Значения «bootstrap» ниже 70 % не показаны.

В варианте опыта с положительным контролем – смесью генотипов клубеньки на корнях растений были образованы штаммами бактерий в различном соотношении генотипов. На сортах Стрела, Рубин и Пинто преобладал генотип, характерный для штамма *R. phaseoli* B-9623T (60–90 %), в миноре проявлялся генотип штамма *R. leguminosarum* 105 (10–40 %). Сортоспецифичным оказался штамм *R. giardinii* УП-8, образовавший большинство клубеньков на сорте Гелиада (80 %), другие КЛОЕ приходились на генотип штамма *R. leguminosarum* 105 (20 %) (рисунок 3). На сорте Пинто сортоспецифичность проявил штамм *R. phaseoli* B-9623T (90 %).

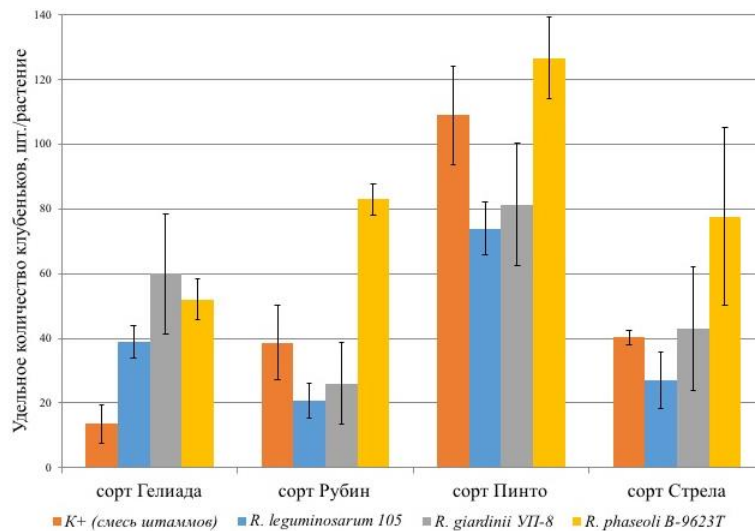


Рисунок 2 – Диаграмма распределения количества клубеньков в лабораторных опытах с моноинкуляцией различных сортов фасоли

Примечание. Цифрами показана статистическая достоверность порядка ветвления (в %), определенная с помощью «bootstrap»-анализа (1000 реплик). Значения «bootstrap» ниже 70 % не показаны.

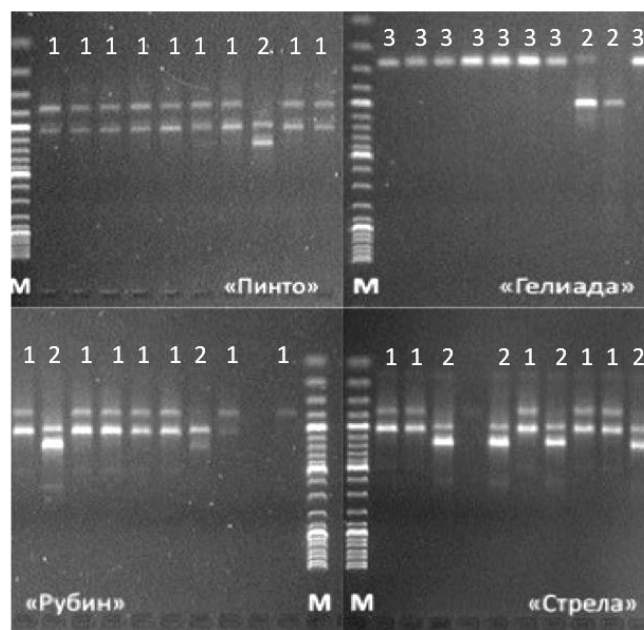


Рисунок 3 – Электрофоретическое разделение продуктов *hin*-регион ПЦР КЛОЕ в опыте с положительным контролем

Примечание. Дорожки: 1. *R. phaseoli* B-9623T 2. *R. leguminosarum* 105 3. *R. giardinii* VII-8.

В ранее проведенных работах штаммы, отнесённые к виду *R. giardinii*, характеризовались слабой эффективностью в азотфиксирующем симбиозе с *P. vulgaris* [27]. Сортоспецифичность в отношении сорта Гелиада проявлялась в количестве образованных штаммом данного генотипа клубеньков. Качественные показатели азотфиксирующего симбиоза (нитрогеназная активность, урожайность, содержание белка и пр.) не оценивали. Однако можно сделать предположение, что сорт Гелиада, скорее всего, был секционирован на минеральных фонах и в целом в эффективном симбиозе с почвенными клубеньковыми бактериями не нуждается. В то

время как штамм вида *R. phaseoli* наоборот, первоначально был выделен из эффективных клубеньков с корнями фасоли [28] и потенциально может быть использован при конструировании персонализированной формулы биопрепарата для фасоли сорта Пинто.

В ранее проведенных работах [29] показано положительное влияние цианобактерий на стабильность функциональной направленности микробного препарата. В данной работе изучены пять штаммов цианобактериальных ассоциаций (ЦБА) на предмет перспективного использования в составе формулы биопрепарата для предпосевной обработки семян фасоли. По предварительной оценке влияния на всхожесть семян, штаммы ССМ3 и ССМ4 не показали значимых результатов в отличие от опыта без обработки. В то время как штаммы ССМ1, ССМ2 и ССМ144 проявили положительное влияние и были проанализированы с помощью метагеномного секвенирования межгенного региона ITS (18S-28S рПНК).

По результатам NGS (next generation sequencing) во всех цианобактериальных ассоциациях выявлена грибная составляющая, богатая по своему разнообразию и относящаяся к классу эндофитных грибов «dark septate endophytes (DSEs)», главным образом, обеспечивающих баланс почвенных биохимических процессов, в том числе в ризосфере растений. Каждая ЦБА имеет свой набор уникальных грибных таксонов. В образце штамма ССМ2 обнаружено следовое количество ДНК фитопатогенных грибов видов *Septoriella leuchtmanii* и *Septoria arundinacea*, таким образом данная ассоциация может представлять потенциальную опасность для растений. В штаммах ССМ144 и ССМ2 обнаружено значительное количество ДНК инфузорий *Colpoda steinii*. Известно, что обработка микробными биопрепаратами, содержащими инфузории *C. steinii*, увеличивает всхожесть семян, стимулирует рост и развитие растений [30]. Также в цианобактериальном штамме ССМ144 на уровне ДНК показано отсутствие патогенных микроорганизмов (рисунок 4), опасных для человека, теплокровных животных, полезных насекомых, рыб и почвенных микроорганизмов.

Таким образом, по результатам комплексного анализа ЦБА для практического испытания в полевых опытах выбран штамм *Nostoc linckia* ССМ144, так как он представлен сбалансированным и богатым разнообразием почвенных микробных таксонов, обеспечивающих ключевые физиолого-биохимические функции, необходимые при создании высокоэффективных растительно-микробных симбиозов: азотфиксацию, фосфатмобилизацию, стимуляцию роста, антагонизм к фитопатогенам, положительное влияние на почвенное плодородие.

В результате проведенных лабораторных опытов выявлены генотипы штаммов клубеньковых бактерий и ЦБА, которые обладают природным потенциалом для образования эффективного симбиоза, и проявляют специфичность по отношению к различным сортам фасоли. На их основе сконструированы экспериментальные формулы биопрепаратов.

Полевые испытания. С целью оценки действия и влияния экспериментальных формул биопрепарата на растения фасоли сорта Стрела в 2016 и 2017 гг. проведены полевые испытания в Орловской области на темно-серой лесной почве. В 2016 г. также проведены испытания на фасоли сорта Рубин в Московской области на дерново-подзолистой почве. По итогам испытаний оценено влияние вносимых биопрепаратов на всхожесть семян, общее состояние растения в процессе вегетации, качество и количество урожая семян по сравнению с контролем без предпосевной обработки. В качестве инокулята на фасоли сорта Стрела использован

цианобактериальный биопрепарат – цианобактериальный консорциум («ЦБК»). Результаты качества и количества урожая семян в полевых испытаниях представлены в таблице 5.

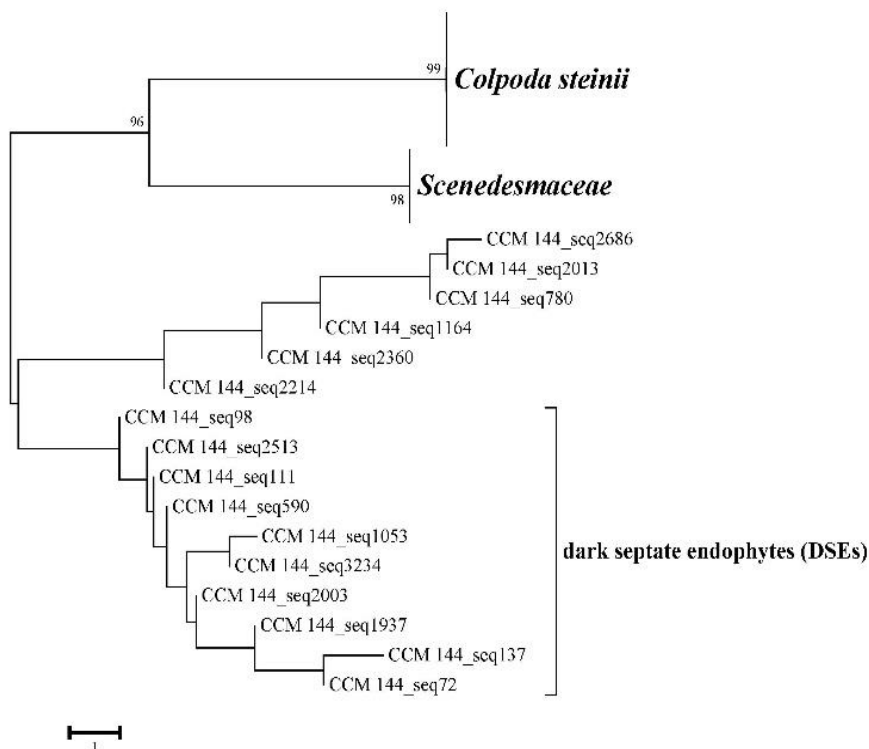


Рисунок 4 – Биоразнообразие эукариотической компоненты ЦБА штамма *Nostoc linckia* ССМ144. Филогенетическое дерево, построенное на основе данных сравнительного анализа последовательностей с использованием алгоритма NJ

Таблица 5 – Влияние применения микробных препаратов на урожайность семян фасоли сорта Стрела в полевых испытаниях

Вариант	Урожайность семян, ц/га	Прибавка к контролю		Содержание белка, %
		ц/га	%	
2016 г.				
Контроль	13,9	–	–	26,5
«ЦБК»	15,0	1,1	+7,1	26,7
НСР ₀₅	1,05	–	–	–
2017 г.				
Контроль	28,6	–	–	20,4
«ЦБК-1»	30,4	1,8	+6,3	22,8
«ЦБК-2»	30,3	1,7	+6,0	24
НСР ₀₅	1,5	–	–	–

В 2017 г. в качестве ризобияльной компоненты «ЦБК» использованы монокультуры клубеньковых бактерий двух вариантов: типовой штамм *R. etli* и перспективный *R. leguminosarum* ФА-22 из исследуемой выборки фасолевых штаммов. Штамм ФА-22 предложен для внесения в состав препарата ввиду того, что имеет сходный по *hin*-региону генотип со штаммом *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* 105 из коллекции Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии, где последний заявлен в качестве

эффективной бактерии на *P. vulgaris*. Типовой штамм *R. etli* DSM-11541T использован в качестве референсного штамма вида, обладающего высокой степенью фиксации азота [31, 32].

Полевые испытания 2016 и 2017 гг. на сорте Стрела показали положительное влияние разрабатываемых биопрепаратов на урожайность семян зернобобовых культур с прибавкой более 6 % в сравнении с опытом без обработки. Статистически значимого увеличения содержания белка в семенах в 2016 г. не наблюдали, а в 2017 г. в обоих вариантах опыта выявлены прибавки.

На фасоли сорта Рубин в Московской области проведены мелкоделяночные полевые испытания для оценки влияния моноинокуляции типовыми штаммами ризобий различных видов для оценки эффективности предпосевной моноинокуляции клубеньковыми бактериями различных генотипов в сравнении с контролем без микробной обработки, а также выявление генотипа, который будет обладать большей конкурентоспособностью по сравнению со штаммами местной популяции ризобий (*R. leguminosarum* IA-генотипа). В результате испытаний определена урожайность семян и содержание в них белка (таблица 6).

Таблица 6 – Показатели урожайности и содержания белка в мелкоделяночном опыте на фасоли сорта Рубин (2016 г.)

Вариант опыта	Всхожесть, %	Масса семян, г/растение	Урожайность семян, ц/га	Прибавка к контролю		Содержание белка в зерне, %
				ц/га	%	
Контроль	72	25,8	18,60	–	–	25,9
<i>R. etli</i> DSM 11541 T	80	33,0	26,36	7,76	42	25,4
<i>R. tropici</i> type B DSM 11418 T	96	23,7	22,78	4,18	22	24,9
<i>R. mesoamericanum</i> DSM 28449T	54	21,3	20,00	1,40	8	25,4
<i>R. lusitanum</i> LMG 22705 T	76	17,0	12,90	–5,70	–32	26,2
<i>R. leucaenae</i> LMG 9517 T	84	22,4	18,78	0,18	1	26,2
<i>Ensifer fredii</i> DSM 5851 T	84	15,0	12,62	–5,98	–31	24,6
НСП ₀₅	3,63	2,83	2,15	–	–	–

Предпосевная микробная инокуляция во всех вариантах приводила к увеличению всхожести растений фасоли относительно контроля без обработки. Обработка штаммами ризобий видов *E. fredii* и *R. lusitanum* приводила к значительному снижению урожайности семян. В варианте со штаммом *R. leucaenae* LMG 9517 T достоверных отличий в урожайности данного сорта фасоли не выявлено, в то время как обработка штаммами видов *R. etli* и *R. tropici* type B привела к существенным прибавкам урожайности семян – 42 и 22 % соответственно, несколько меньше в случае со штаммом *R. mesoamericanum* DSM 28449 T – 8 %. Штамм *R. etli* DSM 11541T показал лучшие результаты и по урожайности семян фасоли сорта Рубин. Данная схема опыта требует повторного испытания в полевых условиях для масштабирования и подтверждения результатов. Предположительно, что штаммы вида *R. etli* перспективны для использования в основе микробного биопрепарата для предпосевной обработки семян фасоли в составе «персонализированной» формулы биопрепарата для сорта Рубин.

Выводы

В результате проведенного генотипирования на внутривидовом уровне 28 штаммов почвенных симбиотических микроорганизмов, микросимбионтов *P. vulgaris*, выявлена принадлежность выборки к трем видам рода *Rhizobium* –

R. leguminosarum, *R. phaseoli* и *R. giardinii*, что соответствовало разделению на генотипы по *hin*-региону.

В лабораторных опытах определена сортоспецифичность во взаимодействии штаммов ризобий различных генотипов и сортов фасоли – Гелиада, Рубин, Стрела и Пинто. В рамках полевых испытаний при предпосевной обработке семян фасоли сорта Рубин различными генотипами ризобий также выявлена сортоспецифичность, а именно: инокуляция штаммами вида *R. etli* приводила к увеличению урожайности семян на 42 %. На основе данных результатов предложен подход конструирования «персонализированных» формул биопрепаратов под конкретные сорта бобовых растений для достижения максимального симбиотического потенциала и раскрытия природного потенциала сорта.

Сконструированы экспериментальные формы микробных полифункциональных препаратов (цианобактериальных консорциумов) для фасоли на основе фототрофных микроорганизмов – цианобактериальных ассоциаций и клубеньковых бактерий. Показана эффективность использования ЦБК (увеличение урожайности семян более, чем на 6 % в сравнении с опытом без обработки, прибавка содержания белка в зерне более 2 %) при предпосевной обработке семян фасоли сорта Стрела в полевых испытаниях в Орловской области на темно-серой лесной почве.

Литература

1. Сидорова К. К., Шумный В. К., Власова Е. Ю., Гляненко М. Н., Мищенко Т. М., Майстренко Г. Г. Симбиогенетика и селекция макросимбионта на повышение азотфиксации на примере гороха (*Pisum sativum* L.) // Информационный вестник ВОГиС. 2010. Т. 14. № 2. С. 357–374.
2. Жуков В. А., Рычагова Т. С., Штарк О. Ю., Борисов А. Ю., Тихонович И. А. Генетический контроль специфичности взаимодействия бобовых растений с клубеньковыми бактериями // Экологическая генетика. 2008. Том VI. № 4. С. 12–19.
3. Овцына А. О., Тихонович И. А. Структура, функции и возможность практического применения сигнальных молекул, инициирующих развитие бобово-ризобиального симбиоза // Экологическая генетика. 2004. Т. 2. № 3. С. 14–24.
4. Крымская коллекция микроорганизмов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ckr-rf.ru/usu/507484/> №507484, <http://hin-project.com/theory/bacteria-collection/> (дата обращения 01.10.2018).
5. Ведомственная коллекция полезных микроорганизмов сельскохозяйственного назначения ОСХН РАН (ВКСМ) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://62.152.67.70/cryobank/login.jsp> (дата обращения 01.10.2018).
6. Авторская коллекция микроорганизмов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://hin-project.com/theory/bacteria-collection/> (дата обращения 01.10.2018).
7. Всероссийская коллекция промышленных микроорганизмов. Национальный биоресурсный центр. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.genetika.ru/vkpm/> (дата обращения 01.10.2018).
8. Коллекция микроорганизмов и культур клеток Института Лейбница. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.dsmz.de/catalogues.html> (дата обращения 01.10.2018).
9. Коллекция микроорганизмов Лаборатории микробиологии, Отдел биохимии и микробиологии Гентского Университета. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://bccm.belspo.be/catalogues> (дата обращения 01.10.2018).
10. Дидович С. В., Москаленко С. В., Темралеева А. Д., Хапчаева С. А. Биотехнологический потенциал почвенных цианобактерий (обзор) // Вопросы современной альгологии. 2017. № 2 (14). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://algology.ru/1170> (дата обращения 01.10.2018).
11. Beringer J. E., R1 transfer in *Rhizobium leguminosarum* // Journal of General microbiology. 1974. Vol. 84. P. 188–198.
12. Laguerre G., Mazurier S. I., Amarger N. Plasmid profiles and restriction fragment length polymorphism of *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* in field populations // FEMS Microbiology Ecology. 1992. Vol. 10. No.1. P. 17–26.

13. Зотов В. С., Пунина Н. В., Хапчаева С. А., Дидович С. В., Мельничук Т. Н., Топунов А. Ф. Новый таксономический маркер клубеньковых бактерий рода *Rhizobium* и его эволюция // Экологическая генетика. 2012. Т. 10. № 2. С. 49–62.
14. Sanger F., Air G. M., Barrell B. G., Brown N. L., Coulson A. R., Fiddes J. C., Hutchison C. A. III, Slocombe P. M., Smith M. Nucleotide sequence of bacteriophage phi X174 DNA // Nature. 1977. Vol. 265 (5596). P. 687–695.
15. Пунина Н. В., Зотов В. С., Пархоменко А. Л., Пархоменко Т. Ю., Топунов А. Ф. Изучение генетического разнообразия *Bacillus thuringiensis*, выделенных в различных эколого-географических зонах Украины, при помощи анализа генов 16S рРНК, *gusB* и методов АР-ПЦР и saAFLP // Acta naturae. 2013. Т. 5. № 1(16). С. 93–103.
16. Martens M., Dawyndt P., Coopman R., Gillis M., de Vos P., Willems A. Advantages of multilocus sequence analysis for taxonomic studies: a case study using 10 housekeeping genes in the genus *Ensifer* (including former *Sinorhizobium*) // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2008. Vol. 58 (1). P. 200–214.
17. Минчева Е. В., Перетолчина Т. Е., Ижболдина Л. А., Кравцова Л. С., Щербаков Д. Ю. Эволюционные связи эндемичной зеленой водоросли озера Байкал *Draparnaldioides simplex* с небайкальскими таксонами семейства Chaetophoraceae (Chlorophyta) // Молекулярная биология. 2013. Т. 47. № 1. С. 181–184.
18. Altschul S. F., Gish W., Miller W., Myers E. W., Lipman D. J. Basic local alignment search tool // Journal of Molecular Biology. 1990. Vol. 215(3). P. 403–410.
19. Hall T. A. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT // Nucleic Acids Symposium Series. 1999. Vol. 41(41). P. 95–98.
20. Kumar S., Tamura K., Nei M. MEGA 3: Integrated software for Molecular Evolutionary Genetics Analysis and sequence alignment // Briefings in Bioinformatics. 2004. Vol. 5(2). P. 150–163.
21. Nei M., Kumar S. Molecular evolution and phylogenetics. New York: Oxford University Press, 2000. P. 336.
22. Kimura M. A. A simple method for estimating evolutionary rate at base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences // Journal of Molecular Evolution. 1980. Vol. 16 (2). P. 111–120.
23. Экспериментальна ґрунтова мікробіологія // За ред. Волкогон В. В. К.: Аграрна наука, 2010. С. 464.
24. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
25. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Vol. Two: The Proteobacteria (Part C) // Ed. by Garrity G., Brenner D. J., Krieg N. R., Staley J. T. US: Springer, 2005. 1256 p.
26. Зотов В. С., Пунина Н. В., Хапчаева С. А., Дидович С. В., Топунов А. Ф. Использование методов saAFLP и *hin*-регион ПЦР для генотипирования штаммов ризобий – симбионтов *Phaseolus vulgaris* // Таврический вестник аграрной науки. Симферополь. 2013. Т. 1. С. 15–23.
27. Amarger N., Macheret V., Laguerre G. *Rhizobium gallicum* sp. nov. and *Rhizobium giardinii* sp. nov., from *Phaseolus vulgaris* nodules // International Journal of Systematic Bacteriology. 1997. Vol. 47 (4). P. 996–1006.
28. Ramirez-Bahena M.H., García-Fraile P., Peix A., Valverde A., Rivas R., Igual J. M., Mateos P. F., Martinez-Molina E., Velazquez E. Revision of the taxonomic status of the species *Rhizobium leguminosarum* (Frank 1879) Frank 1889AL, *Rhizobium phaseoli* Dangeard 1926AL and *Rhizobium trifolii* Dangeard 1926AL. *R. trifolii* is a later synonym of *R. leguminosarum*. Reclassification of the strain *R. leguminosarum* DSM 30132 (=NCIMB 11478) as *Rhizobium pisi* sp. nov. // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2008. Vol. 58 (11). P. 2484–2490.
29. Трефилова Л. В. Использование цианобактерий в агроботехнологии. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Саратов: ФГОУ ВПО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», 2008. 12 с.
30. Чеботарева В. В., Бега З. Т., Курдиш И. К. Физиолого-биохимическая активность бактерий при прорастании семян огурцов и влияние инфузорий *Colpoda steinii* на этот процесс // Мікробіологічний журнал. 2015. Т. 77. No 2. С. 15–21.
31. Graham P. H., Rosas J. C., Estevez de Jensen C. Addressing edaphic constraints to bean production: the bean/cowpea CRSP project in perspective // Field Crops Research. 2003. Vol. 82. P. 179–192.
32. Kellman A. W. *Rhizobium* inoculation, cultivar and management effects on the growth, development and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Thesis diss. ... Dr. Sc. (Agr.). New Zealand, Linkln: Linkln University, 2008. 257 p.
33. ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. М.: изд-во стандартов, 1993. 9 с.

References

1. Sidorova K. K., Shumny V. K., Vlasova E. Yu., Glyanenko M. N., Mishchenko T. M., Maystrenko G. G. Genetics of symbiosis and breeding of a macrosymbiont for intense nitrogen fixation by the

example of pea // Informative bulletin of Vavilovsky society of geneticists and breeders (Vavilov Journal of Genetics and Breeding). 2010. Vol. 14. No. 2. P. 357–374.

2. Zhukov V. A., Rychagova T. S., Shtark O. Y., Borisov A. Y., Tikhonovich I. A. The genetic control of specificity of interactions between legume plants and nodule bacteria // Ecological genetics. 2008. Vol. VI. No. 4. P. 12–19.

3. Ovtsyna A. O., Tikhonovich I. A. Structure, functions and perspectives of practical application of the signal molecules inducing development of rhizobia-legume symbiosis // Ecological genetics. 2004. Vol. 2. No. 3. P. 14–24.

4. Crimean collection of microorganisms. [Electronic resource]. Access point: <http://www.ckp-rf.ru> №507484, <http://hin-project.com/theory/bacteria-collection/> (reference's date 01.10.2018).

5. Russian collection of agricultural microorganisms (RCAM). [Electronic resource]. Access point: <http://62.152.67.70/cryobank/login.jsp> (reference's date 01.10.2018).

6. Authors' collection of microorganisms. [Electronic resource]. Access point: <http://hin-project.com/theory/bacteria-collection/> (reference's date 01.10.2018).

7. Russian National Collection of Industrial Microorganisms (VKPM). National bioresource center. [Electronic resource]. Access point: <http://www.genetika.ru/vkpm/> (reference's date 01.10.2018).

8. Leibniz Institute DSMZ-German Collection of Microorganisms and Cell Cultures. [Electronic resource]. Access point: <https://www.dsmz.de/catalogues.html> (reference's date 01.10.2018).

9. Belgian coordinated collections of microorganisms. [Electronic resource]. Access point: <http://bccm.belspo.be/catalogues> (reference's date 01.10.2018).

10. Didovich S. V., Moskalenko S. V., Temraleeva A. D., Khapchaeva S. A. Biotechnological potential of soil cyanobacteria (review) // Issues of modern algology. 2017. No. 22 (14). [Electronic resource]. Access point: <http://algology.ru/1170> (reference's date 01.10.2018).

11. Beringer J. E., R1 transfer in *Rhizobium leguminosarum* // Journal of General microbiology. 1974. Vol. 84. P. 188–198.

12. Laguerre G., Mazurier S. I., Amarger N. Plasmid profiles and restriction fragment length polymorphism of *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* in field populations // FEMS Microbiology Ecology. 1992. Vol. 10. No. 1. P. 17–26.

13. Zotov V. S., Punina N. V., Khapchaeva S. A., Didovich S. V., Melnichuk T. N., Topunov A. F. new taxonomic marker of nodule bacteria of the rhizobium genus and its evolution // Ecological genetics. 2013. Vol. 3. No. 2. P. 102–113.

14. Sanger F., Air G. M., Barrell B. G., Brown N. L., Coulson A. R., Fiddes J. C., Hutchison C. A. III, Slocombe P. M., Smith M. Nucleotide sequence of bacteriophage phi X174 DNA // Nature. 1977. Vol. 265 (5596). P. 687–695.

15. Punina N. V., Zotov V. S., Parkhomenko A. L., Parkhomenko T. U., Topunov A. F. Genetic diversity of *Bacillus thuringiensis* from different geo-ecological regions of Ukraine by analyzing the 16S rRNA and *gyrB* genes and by AP-PCR and saAFLP // Acta Naturae. 2013. Vol. 5. No. 1(16). P. 90–100.

16. Martens M., Dawyndt P., Coopman R., Gillis M., de Vos P., Willems A. Advantages of multilocus sequence analysis for taxonomic studies: a case study using 10 housekeeping genes in the genus *Ensifer* (including former *Sinorhizobium*) // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2008. Vol. 58 (1). P. 200–214.

17. Mincheva E. V., Peretolchina T. E., Izhboldina L. A., Kravtsova L. S., Sherbakov D. Y. Evolutional relationships of endemic green algae *Draparnaldioides simplex* from lake Baikal with nonbaicalian taxa of family Chaetoforaceae (Chlorophyta) // Molecular Biology. 2013. Vol. 47. No. 1. P. 181–184.

18. Altschul S. F., Gish W., Miller W., Myers E. W., Lipman D. J. Basic local alignment search tool // Journal of Molecular Biology. 1990. Vol. 215 (3). P. 403–410.

19. Hall T. A. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT // Nucleic Acids Symposium Series. 1999. Vol. 41 (41). P. 95–98.

20. Kumar S., Tamura K., Nei M. MEGA3: Integrated software for Molecular Evolutionary Genetics Analysis and sequence alignment // Briefings in Bioinformatics. 2004. Vol. 5 (2). P. 150–163.

21. Nei M., Kumar S. Molecular evolution and phylogenetics // New York: Oxford University Press. 2000. P. 336.

22. Kimura M. A. A simple method for estimating evolutionary rate at base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences // Journal of Molecular Evolution. 1980. Vol. 16 (2). P. 111–120.

23. Experimental soil microbiology // Ed. by Volkogon V. V. Kiev: Agrarna nauka, 2010. P. 464.

24. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

25. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Vol. Two: The Proteobacteria (Part C) // Ed. by Garrity G. US: Springer, 2005. 1256 p.

26. Zotov V. S., Punina N. V., Khapchaeva S. A., Didovich S. V., Topunov A. F. Using of saAFLP and *hin*-region PCR for genotyping analysis of nodulating rhizobial symbionts of *Phaseolus vulgaris* // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2013. No. 1. P. 15–23.

27. Amarger N., Macheret V., Laguerre G. *Rhizobium gallicum* sp. nov. and *Rhizobium giardinii* sp. nov., from *Phaseolus vulgaris* nodules // International Journal of Systematic Bacteriology. 1997. Vol. 47 (4). P. 996–1006.

28. Ramírez-Bahena M. H., García-Fraile P., Peix A., Valverde A., Rivas R., Igual J. M., Mateos P. F., Martínez-Molina E., Velázquez E. Revision of the taxonomic status of the species *Rhizobium leguminosarum* (Frank 1879) Frank 1889AL, *Rhizobium phaseoli* Dangeard 1926AL and *Rhizobium trifolii* Dangeard 1926AL. *R. trifolii* is a later synonym of *R. leguminosarum*. Reclassification of the strain *R. leguminosarum* DSM 30132 (=NCIMB 11478) as *Rhizobium pisi* sp. nov. // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2008. Vol. 58 (11). P. 2484–2490.
29. Trefilova L. V. Usage of cyanobacteria in agrobiotechnology. Autors' abstract ... Cand. Sc. (Agr.). Saratov: Vyatka State Agricultural Academy, 2008.
30. Chebotareva V. V., Bega Z. T., Kurdish I. K. Physiological and biochemical activity of bacteria during germination of cucumber seeds and impact ciliates *Colpoda steinii* this process // Microbiological journal. 2015. Vol. 77. No. 2. P. 15–21.
31. Graham P. H., Rosas J. C., Estevez de Jensen C. Addressing edaphic constraints to bean production: The bean/cowpea CRSP project in perspective // Field Crops Research. 2003. Vol. 82. P. 179–192.
32. Kellman A. W. *Rhizobium* inoculation, cultivar and management effects on the growth, development and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Thesis diss. ... Dr. Sc. (Agr.). New Zealand, Linkln: Lincoln University, 2008. 257 p.
33. GOST 10846-91. Grain and products of his processing. Method of definition of protein. Moscow: Publishing house of standards, 1993. 9 p.

UDC 579.841.3; 579.64

Khapchaeva S. A., Zotov V. S., Didovich S. V., Topunov A. F.

MARKING OF NODULE BACTERIA AND EFFECTIVIZATION APPROACHES OF LEGUME-RHIZOBIUM SYMBIOSIS

Summary. *The purpose of the research was to determine the specificity in the interactions between various genotypes of nodule bacteria Rhizobium sp. and various breeds of kidney bean and to design the experimental formulas of microbial biopreparations for crop production. The analysis of the specificity of symbiotic interactions between Phaseolus vulgaris and bacteria from Rhizobiales order by means of field and laboratory tests had been carried out. Special attention was paid to genotyping of a microbial component for identification of the molecular markers of the most effective pairs of macro- and micro-symbionts. The PCR-amplification of chromosomal markers (rpoB gene and the intergenic region – the hin-region) and the subsequent sequencing were carried out. The Crimean collection of kidney bean's micro-symbionts – CCM (Crimean collection of microorganisms) of the department of microbiology of FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea" (Simferopol) had been systematized. The most effective strains (genotypes) having the potential to become a basis of bacterial biological products were revealed. Various formulas of biological products stabilized by phototrophic microorganisms and applied as a seed dressing for agricultural legume crops had been developed and experimentally tested. These forms of biopreparations had been successfully approbated in field tests on industrial breeds of kidney bean. As a result of the conducted research, not only genetic markers of specificity of legume-rhizobia symbiosis were identified, but also "personalized formulas" of complex microbial biological products based on the most effective strains of useful soil microorganisms were offered.*

Keywords: *nodule bacteria, Phaseolus vulgaris L., rpoB, hin-region PCR, symbiosis, specificity, biopreparation, microalgae.*

Хапчаева Софья Арсеновна, младший научный сотрудник, группа альгобиотехнологии, «Институт биохимии имени А. Н. Баха ФГУ Федеральный исследовательский центр "Фундаментальные основы биотехнологии" РАН»; 119071, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, 33, стр. 2; e-mail: sakhapchaeva.1990@gmail.com.

Зотов Василий Сергеевич, старший научный сотрудник, руководитель группы альгобиотехнологии, «Институт биохимии имени А. Н. Баха ФГУ Федеральный исследовательский

центр “Фундаментальные основы биотехнологии” РАН»; 119071, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, 33, стр. 2; e-mail: adni83@yandex.ru.

Дидович Светлана Витальевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела сельскохозяйственной микробиологии, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: sv-alex.68@mail.ru.

Топунов Алексей Федорович, доктор биологических наук, заведующий лабораторией, «Институт биохимии имени А. Н. Баха ФГУ Федеральный исследовательский центр “Фундаментальные основы биотехнологии” РАН»; 119071, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, 33, стр. 2; e-mail: aftopunov@yandex.ru.

Khapchaeva Sofya Arsenovna, junior researcher, algobiotechnology group, Bach Institute of Biochemistry, “Federal Research Centre “Fundamentals of Biotechnology” of the Russian Academy of Sciences”; 33, Leninskiy prospect, build. 2, Moscow, 119071, Russia; e-mail: sakhapchaeva.1990@gmail.com.

Zotov Vasily Sergeevich, Cand. Sc. (Biology), senior researcher, algobiotechnology group, Bach Institute of Biochemistry, “Federal Research Centre “Fundamentals of Biotechnology” of the Russian Academy of Sciences”; 33, Leninskiy prospect, build. 2, Moscow, 119071, Russia; e-mail: algo.consortium@gmail.com.

Didovich Svetlana Vitaliivna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher of microbiology Department, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: sv-alex.68@mail.ru.

Topunov Aleksey Fedorovich, Dr. Sc. (Agr.), head of Laboratory, Bach Institute of Biochemistry, “Federal Research Centre “Fundamentals of Biotechnology” of the Russian Academy of Sciences”; 33, Leninskiy prospect, build. 2, Moscow, 119071, Russia; e-mail: aftopunov@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 21.06.2018.

Дата принятия к печати – 15.09.2018.

УДК 633.15: 631.52

Хатефов Э. Б.¹, Керв Ю. А.¹, Бойко В. Н.¹, Головина М. А.¹, Аппаев С. П.²
**РАСШИРЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА ИСХОДНОГО
СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА КУКУРУЗЫ МЕТОДОМ
РЕДИПЛОИДИЗАЦИИ ТЕТРАПЛОИДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ**

¹ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»;

²Институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр “Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук”»

Реферат. Проблема поиска новых источников селекционно ценных признаков кукурузы (*Zea mays* L.) с широким генетическим полиморфизмом требует от селекционеров создания и совершенствования эффективности методов получения исходного селекционного материала. Цель исследований – изучение эффективности метода редиплоидизации тетраплоидных популяций кукурузы, как источника исходного селекционного материала для гибридной селекции. В процессе проведения исследований решены задачи по оценке селекционно ценных признаков, выделению источников и доноров генов, контролирующих ценные фенотипические признаки, определена практическая значимость нового исходного материала для селекции. В работе использованы методы разложения триплоидного гибридного потомства между тетраплоидной популяцией с широкой генетической основой и диплоидной линией с последующим отбором редиплоидных генотипов. Опыты проводили в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики, где изучали комбинационную способность и реакцию на ЦМС «М» типа других селекционно ценных признаков. Выделенные новые линии редиплоидной кукурузы обладают такими селекционно ценными признаками, как: раннеспелость (12 линий), продуктивность (две линии) и высокая комбинационная способность (пять линий). Созданы доноры многопочатковости, передающие признак по неполному типу наследования в гибридных комбинациях (13 линий). Выделены новые линии кукурузы – восстановители фертильности (27 линий) и закрепители ЦМС на основе «М» типа стерильности (девять линий), выделено восемь гибридных комбинаций, превышающих по урожаю зерна стандарт на 0,75–3,27 т/га при НСР₀₅ 0,23 т/га. Результаты исследований имеют значение для разработки теоретических основ селекции кукурузы, а также создания селекционно ценных рекомбинантов и доноров эффективных генов для гибридной селекции. Расширен и обогащен генетический полиморфизм линий кукурузы, представляющий практический интерес для селекционеров и исследователей. Теоретические разработки и исходный материал характеризуются высокой зерновой продуктивностью и устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессам. Результаты работы имеют значение для селекции и частной генетики кукурузы.

Ключевые слова: кукуруза *Zea mays* L., селекция, редиплоидизация, гибрид, комбинационная способность, урожай зерно.

Введение

Кукуруза – (*Zea mays* L.) это одна из важнейших зерновых культур в мире. Доля кукурузы в мировом зерновом балансе составляет более 30 %, а объем ее ежегодного валового производства в последние годы равен 660–686 млн т. За последние 60 лет площади посева кукурузы увеличилась с 87 до 146 млн га, валовое производство зерна возросло на 622 %, а средняя урожайность в мире повысилась с 12,7 до 46,9 ц/га [1]. Расширение посевов кукурузы и повышение ее урожайности –

результат селекционного прогресса, благодаря которому возросла продуктивность гибридов и значительно повысилась их приспособленность к недостатку тепла в северных регионах кукурузосеяния. Существенную роль в росте урожайности гибридов кукурузы играет ее высокая пластичность и широкий генетический полиморфизм исходного селекционного материала [2, 3]. В последние годы уделяется все больше внимания селекции кукурузы на многопочатковость как резерва для повышения ее урожайности [4, 5]. Сужение генетического разнообразия кукурузы в последние десятилетия не могут не вызвать обеспокоенности, поэтому селекционеры ведут исследования по его расширению. Современные успехи селекционеров России позволили районировать гибриды кукурузы, дающие высокие урожаи зерна в широтах до 54 параллели. В последние годы повышается спрос к продуктам из пищевой кукурузы, как к более благоприятному сочетанию углеводов, определяющих высокие вкусовые качества зерна. Совершенствование методов ведения селекционного процесса для предохранения культуры кукурузы от генетической эрозии, создание и изучение нового исходного материала и вовлечение его в селекционный процесс с целью повышения эффективности работ по созданию новых гибридов кукурузы актуально.

Цель исследований – изучение эффективности метода редиплоидизации тетраплоидных популяций кукурузы как источника исходного селекционного материала для гибридной селекции.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в период с 2013 по 2015 гг. на территории обслуживающего производства и хозяйства (ОПХ) «Нартан» при Кабардино-Балкарском НИИСХ. Селекционный участок расположен в пределах предгорной зоны Северного Кавказа, на водоразделе рек Урвань – Нальчик. В основном, почвы представлены луговыми черноземами. Содержание гумуса в пахотном слое не превышает 2,64 %, реакция почвенного раствора по всему почвенному профилю среднещелочная ($pH = 8,1$), со средней емкостью поглощения в пахотном слое (32 мг/экв. на 100 г почвы), которая уменьшается постепенно с глубиной. Значения содержания карбонатов в пахотном слое варьируют от среднего (6,7 %) на поверхности до высокого (13,6–14,7 %) на глубине. Обеспеченность почвы подвижным фосфором очень низкая (0,4 мг/100 г почвы), а обменным калием – очень высокая (8 г/100 г) [6, 7].

Климат зоны характеризуется как умеренно жаркий при сумме активных температур 3000–3200 °С и умеренном увлажнении (коэффициент увлажнения – 0,5–0,9), гидротермический коэффициент составляет 0,9–1,2.

В целом в период проведения исследований рост и развитие кукурузы проходили при избытке тепла и дефиците влаги. Наиболее благоприятные условия для формирования полноценного урожая зерна кукурузы сложились в 2014 г., который характеризовался достаточным количеством тепла и влаги, а 2013 и 2015 гг. отличались избытком тепла и недостатком влаги в период прохождения основных этапов органогенеза растений кукурузы, что значительно снизило их урожайность.

Опыты по изучению редиплоидных линий и новых гибридов кукурузы, фенологические наблюдения проводили по методикам ВАСХНИЛ и ВИР [8], методическим указаниям по производству гибридных и сортовых семян кукурузы ВАСХНИЛ и ВНИИ кукурузы [9]. Испытание линий проводили в двукратной, а тесткроссов – в трехкратной повторности. Делянки двурядковые площадью 4,9 м². Ширина междурядий 0,7 м, густота стояния – 50–60 тыс. растений на один га. Измерения и учеты проводили на десяти растениях и десяти початках в двукратной повторности. Изучение фенотипических признаков линий проводили согласно методическим указаниям [10], биометрические показатели и их описания даны согласно

международному классификатору СЭВ вида *Zea mays* L. [11]. Устойчивость к холоду и засухе определяли по методикам [12, 13]. Химические анализы проводили по методикам Ермакова А. И. [14]. Экспериментальные данные обрабатывали по методикам Б. А. Доспехова [15]. Тесткроссный анализ проведен по методике В. К. Савченко [16, 17].

Материал для исследований – высокоплодовитая тетраплоидная популяция МРПП20, выделенная на основе тетраплоидных популяций, синтезированных в 1970-х гг. В. С. Щербаком в КНИИСХ имени П. П. Лукьяненко, и раннеспелая диплоидная линия коллекции ВИР. Тестерные линии КР713М и КР714М получены из Краснодарского НИИСХ имени П. П. Лукьяненко, линии ГК26М и ВИР44 – из Кабардино-Балкарского НИИСХ. Редиплоидизацию тетраплоидных популяций проводили путем разложения триплоидных зерновок, полученных от гетероплоидного скрещивания между тетраплоидной популяцией МРПП20 и диплоидной раннеспелой линией с последующим инцухтом триплоидного растения и выделением из потомства в F₂ истинных диплоидных зерновок. Выделенные диплоидные зерновки подвергали длительному инцухту до поколения F₇₋₈ и изучали в топкроссах.

Результаты и их обсуждение

Анализ фенотипических признаков показал, что варьирование (C_v %) таких признаков, как: группа спелости, высота растений, высота прикрепления нижнего початка, число листьев на растении, число побегов первого порядка на растении, масса 1000 зерен, общее число зерен на початке, выход зерна с початка, число рядов зерен на початке, число зерен в ряду на початке, длина початка, масса початка, урожай зерна с растения, число початков на стебле и характер его наследования в потомстве, экологическая пластичность и устойчивость к основным болезням и вредителям кукурузы для Кабардино-Балкарской Республики, к абиотическим воздействиям окружающей среды и полеганию, консистенции и химическому составу зерновки, реакции ЦМС в топкроссах, общей и специфической комбинационной способности происходит в широких пределах. Это свидетельствует о достаточно высоком генетическом полиморфизме и перспективности поиска для дальнейшего отбора нового селекционного материала у редиплоидных линий кукурузы.

Длина вегетационного периода служит одним из основных признаков при подборе сортов, самоопыленных линий и гибридов кукурузы для возделывания их в разных эколого-географических условиях. Поскольку опыты были заложены в предгорной зоне, то оценку длительности фенологических фаз проводили в климатических условиях, сложившихся для этой зоны за годы исследований. Все образцы изученных коллекций разделены по группам спелости ФАО (индексы Международной организации по продовольствию и сельскому хозяйству при ООН) (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение тестеров и редиплоидных линий кукурузы и стерильных образцов по группам спелости ФАО (2013–2015 гг.)

Группа	Линии	C _v , %
100–200	(КР703М)**: 1/99-1-3; 1/70; 1/15x; 1/66-3; 1/101p; 1/35-1; 1/67-1; 1/99-2-3; 1/99-3-3; 1/73x; МП4; клф № 5.	16,5
201–300	(КР714М)**: 1/130; 1/135; 1/75; 1/130-3; 1/130-1; 1/72; 1/60; 1/35-2; 1/64-2; 1/130-4; 1/14x; 1/101-2x; 1/73; 1/122; 1/122; PUNO 04; вp; МП4а; wx 25-2.	21,0
301–400	(ГК26М)**: 1/67; 1/66-2; 1/130x; 1/101-1x; 1/130-1x; 1/130-2x; 1/58; w143; МП4в; wx 25-1.	11,7
401–500	(ВИР44) 1/40x; 1/129R; 1/78; 1/66.	3,9

Примечание. * период вегетации (дней) стерильных тестеров; ** стерильные тестеры.

В процессе анализа признака числа зерен на початке линии распределены по признаку озерненности початка на группы: низкоплодовитые, среднеплодовитые и высокоплодовитые. Высокоплодовитыми из всех изученных образцов кукурузы показали себя линии 1/130-1; 1/64-2, у которых количество зерен с початка превысило 400 шт., меньшие значения имеют линии 1/58; 1/122; МП4а; МП4в; МП4. Низкая плодovitость у линий 1/130; 1/14; 1/70; 1/130-4; run-04; вp; wx123; wx25-1; wx25-2. Остальные линии имели среднее значение плодovitости, которое варьировало от 200 до 360 зерен в початке. При изучении этого признака замечено, что длиннозерные формы имели более плотное и компактное расположение зерен в початке, чем у обычных шаровидных зерен. На початках с шаровидными зернами рядки располагались более рыхло и менее компактно, часто сбивались и не имели четко выраженной линейности. Возможно, такое изменение линейности вызвано низкой завязываемостью зерен в початке, что косвенно указывает на ее низкую засухоустойчивость. Значения признака «выход зерна с початка» имеет тесную корреляцию с числом зерен в початке и этот признак важен при расчетах побочной продукции. Исследования этого признака среди восстановленных линий диплоидной кукурузы показали, что варьирование значений изменяется в широких пределах от 66 до 85 %. Основная часть линий характеризуется средними (1/99-1-3; 1/70; 1/15x; 1/66-3; 1/130-2x; 1/78; 1/58; 1/99-2-3; 1/99-3-3; 1/73x; вp; МП4; МП4в) и высокими (1/135; 1/101p; 1/130-1x; 1/60; 1/64-2; 1/130-4; 1/66; w143; МП4а; клф № 5) значениями выхода зерна с початка. Выделено восемь линий с низким выходом зерен: 1/66-2; 1/130; 1/130x; 1/129R; 1/14x; 1/101-2x; 1/122; wx25-1, и восемь с очень высоким: 1/40x; 1/130-3; 1/101-1x; 1/35-1; 1/72; 1/35-2; 1/73; wx25-2. Остальные линии обладают очень низкими значениями данного признака.

Признак крупности и массы зерна представляет собой неотъемлемую часть структуры урожая кукурузы. В проведенных нами исследованиях по признаку «масса 1000 зерен» выделено несколько образцов, обладающих мелкими, средними, крупными и очень крупными зернами (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика линий кукурузы по массе 1000 зерен на початке (2013–2015 гг.)

Балл	Значение, г	Линии	C _v , %
1	≤120	–	–
2	121–160	1/130x; 1/14x;	12,8
3	161–200	1/70; 1/130-4; PUNO 04; вp; w143; wx25-1; wx25-2	10,3
4	201–240	1/101-1x; 1/101p; 1/130-2x;	6,9
5	241–280	1/40x; 1/67; 1/99-1-3; 1/15x; 1/135; 1/67-1; 1/101-2x	6,6
6	281–320	1/66-2; 1/130; 1/130-3; 1/130-1x; 1/129R; 1/35-1; 1/60; 1/35-2; 1/73; 1/99-3-3	13,5
7	321–360	1/75; 1/66-3; 1/72; 1/78; 1/66; 1/73x	15,6
8	361–400	1/58; 1/99 -2-3; 1/122; МП4а; МП4в; клф№5	12,9
9	≥401	1/130-1; 1/64-2; МП4	14,8

Исследование линий восстановленной диплоидной кукурузы позволило выделить среди изученной коллекции образцы с многорядным початком. Связь между признаком многорядности початка и засухоустойчивостью можно объяснить тем, что многорядные початки формируют толстые стержни, в которых запас влаги существенно превышает запас в малорядных початках с тонким стержнем, но при этом возрастает скорость влагоотдачи зерном при созревании.

В целом по опыту выделены линии с высокими значениями количества рядков на початке и количества зерен в рядке в каждой группе спелости. Наибольшие

значения признака многорядности початка наблюдали у линий 1/40х; 1/99-1-3; 1/66-3; 1/101р; 1/66; wx25-2, клф-5.

Значение признака «число зерен в ряду початка» не менее важно для селекционеров, поскольку он является показателем потенциала продуктивности. Установлено, что варьирование значений находится в пределах от 14 (очень малое количество) до 40 (среднее количество) зерен в ряду початка. Максимальное число зерен в ряду имеют линии: 1/130-2; 1/99-2-3; wx143; wx25-2, а минимальные значения отмечены у линий: PUNO 041/130; 1/135; 1/75; 1/130-3; 1/130-1; 1/72; 1/64-2; 1/122; вр. Число рядов зерен на початке тесно коррелирует с признаком «длина початка» с той разницей, что селекционер может выбрать по этому признаку линии с компактным, либо разреженным расположением зерен на початке. А это, в свою очередь, влияет на форму зерновки и скорость влагоотдачи початком при созревании. Изучение признака «длина початка» показало, что значения линий находились в пределах между 10 и 22 см. Большая часть линий имеет початки средней длины (14–18см). К линиям с очень длинным (более 22 см) початком отнесены: 1/130; 1/130-3; 1/130-1х; 1/60. Следует отметить, что линия МП4 характеризуется длинным и многорядным початком.

Для оценки признака многопочатковости изученных образцов мы определяли коэффициент многопочатковости. Значения коэффициента многопочатковости показывают усредненное число початков на одном растении. Среди изученных в опыте образцов выделено несколько групп, склонных к многопочатковости (таблица 3).

Таблица 3 – Характеристика линий кукурузы по числу початков на стебле (2013–2015 гг.)

Балл	Количество, шт.	Наименование линии	Cv, %
1	<1,1	1/40х; 1/67; 1/99-1-3; 1/70; 1/15х; 1/135; 1/75; 1/130-3; 1/130-1; 1/101-1х; 1/101р; 1/129R; 1/35-1; 1/60; 1/35-2; 1/64-2; 1/130-2х; 1/78; 1/66; 1/14х; 1/67-1; 1/101-2х; 1/73; 1/99 -2-3; 1/99-3-3; 1/73х; 1/122; PUNO 04; вр; wx143; клф-5.	17,5
2	1,1–1,5	1/66-2; 1/130; 1/130х; 1/66-3; 1/130-1х; 1/58; wx25-2; МП4.	14,0
3	1,6–2,0	1/72; 1/130-4; МП4в; wx25-1	3,5
4	2,1–3,0	МП4а	3,1

Различия в группах проявлялись в полноценности формируемого второго и последующего початков, образующихся на более нижних ярусах. У линий 1/58; 1/66-2; 1/101р; 1/101-1; 1/130; wx25-2 только вторые, частично озерненные початки, отнесены к частично полноценным. Линии 1/130-4; МП4в; МП4; wx25-1 обладали как частично выполненными, так и полностью выполненными вторыми початками. В нашем же опыте у линии МП4а; МП4 и их топкроссов с линией ГК26М урожай зерна вторых початков составил от общего объема 35–40 %. У линий МП4а; МП4в; МП4 урожайность вторых початков не имеет существенных различий относительно урожайности первых початков за счет их синхронного цветения. Среди остальных, более раннеспелых линий, урожайность вторых початков существенно отстает от урожайности первых (рисунок 1).

Вредители кукурузы наносят в отдельные годы больше ущерба, чем заболевания. Такое вредное действие вызвано тем, что помимо непосредственного механического действия на растения, насекомые являются и переносчиками болезней. Таким образом, именно насекомые занимают первое место по вредному воздействию на кукурузное растение.



Рисунок 1 – Растения линии многопочатковой кукурузы МП4а (слева) и гибрида (ГК26М×МП4а) (справа) в условиях предгорной зоны КБР

Основными злостными вредителями и болезнями кукурузы, возделываемой в Кабардино-Балкарии, являются: кукурузный мотылек (*Ostrinia nubilalis* Hbn), хлопковая совка (*Heliothis obsoleta* Farb.), пузырчатая головня (*Ustilago zae* (Beckm.) Unger), фузариоз початка (*Fusarium moniliforme* Sheld.).

В процессе исследований на естественном фоне заражения замечено, что образцы кукурузы, имеющие опушение стеблей и закрытые верхушки початков с плотными их обертками, слабо поражались совкой (*Heliothis obsoleta* Farb.). Линии с выступающими над обертками початком и не опушенным стеблем поражались совкой гораздо сильнее. Среди изученных линий кукурузы наиболее восприимчивыми к хлопковой совке оказались 1/101p; 1/14x; 1/67-1; вp; 1/78; 1/66, а по устойчивости выделены линии 1/73; 1/73x; МП4.

В результате проведения исследований на устойчивость к кукурузному мотыльку выделены линии с высокой частотой повреждения на естественном фоне: 1/754; 1/130-3; 1/130 -1; 1/101-1x; 1/66-3; 1/67; 1/15x; 1/135; 1/129 R; 1/35-1; 1/72; 1/58. Линии 1/130-4; 1/78; 1/66; МП4-1; МП4; wx25-1; wx25-2: 1/754; 1/130-3; 1/130-1; 1/101-1x; 1/66-3 повреждались в меньшей степени, но в период созревания початков наибольшее повреждение ножки початков наблюдали у линии 1/101-1x.

Анализ устойчивости восстановленных линий к основным болезням кукурузы на естественном фоне заражения показал высокие значения резистентности к пузырчатой головне линий: 1/67; 1/99-1-3; 1/66-2; 1/130-2x; 1/130-4; 1/70; 1/135; 1/75; 1/101-1x; 1/66-3; 1/101p; 1/129R; 1/35-1; 1/72; 1/60; 1/35-2; 1/64-2; 1/78; 1/66; 1/58; 1/67-1; 1/101-2x; 1/73; 1/99-2-3; 1/99-3-3; 1/73x; w143; МП4; МП4а; МП4в; wx2n 25-1, к фузариозу: 1/130-1x; 1/130x; 1/40x; 15x; 1/14x; 1/67; 1/99-1-3; 1/66-2; 1/130-2x; 1/130-4; 1/70; 1/135; 1/75; 1/101-1x; 1/66-3; 1/101p; 1/129R; 1/35-1; 1/72; 1/60; 1/35-2; 1/64-2; 1/78; 1/66; 1/58; 1/67-1; 1/101-2x; 1/73; 1/99-2-3; 1/99-3-3; 1/73x; w143; МП4; МП4а; МП4в; wx2n; 25-1. Среди изученных образцов выделено две линии, высокоустойчивых к фузариозу початка (МП4а; МП4). В процессе изучения выделены слабо поражаемые, средне поражаемые и неустойчивые образцы. Линия клф-5 показала повышенную поражаемость пузырчатой головней и фузариозом початка.

При селекционном отборе на устойчивость к стрессорным факторам среды исследователи обращают внимание в первую очередь на способность растительных

организмов полноценно осуществлять свои основные жизненные функции в неблагоприятных условиях внешней среды. Анализ результатов испытания восстановленных линий кукурузы на устойчивость к полеганию позволил выделить 24 линии с очень высокой и восемь линий с высокой устойчивостью к полеганию. Значения засухоустойчивости у изученных образцов показали, что среди них в лабораторных условиях по этому признаку выделяются среднеустойчивые линии 1/15х; 1/66-3, и низко устойчивые линии wx25-1; wx25-2. Высокоустойчивые линии не обнаружены в лабораторных условиях. Проведенный анализ холодостойкости показал, что линии wx25-1; wx25-2; клф-5 имеют лучшие значения всхожести в лабораторных условиях. Причем при накоплении доли гомозигот во время инцухта значения холодостойкости снижаются.

Основными компонентами биохимического состава зерна кукурузы, определяющими его вкусовые качества, являются белки, жиры, углеводы и зольные элементы. Эндосперм зерновки кукурузы содержит различные сочетания питательных веществ в зависимости от консистенции зерна и его принадлежности к тому или иному подвиду. Проведенный сравнительный анализ с лучшими гибридами (St.) показал повышенное содержание белка и масла в зерне гибридной комбинации (ГК26М×МП4в), тогда как по количеству крахмала в среднем они уступают гибридам (ГК26М×1/130-4) и (ВИР44×wx143) (таблица 4).

Таблица 4 – Химический состав зерна лучших фертильных топкроссов (2015 г.)

Гибрид	Урожайность зерна, т/га	Содержание веществ, %		
		крахмал	белок	масло
Родник 292 МВ (St.)	6,15	65,2	8,8	3,1
КР703М×1/99-3-3	6,90	66,2	8,2	4,8
КР714М×1/60	7,32	65,5	7,6	5,2
ГК26М×1/130-4	8,73	69,1	8,3	3,0
ГК26М×1/130-3	8,94	67,0	8,7	4,8
ГК26М×МП4в	9,42	65,9	9,2	3,0
ГК26М×wx25-2	4,29	67,4	7,5	3,8
ГК26М×wx25-1	3,03	68,1	8,1	3,1
ВИР44×wx25-2	3,78	68,5	9,0	4,0
ВИР44×wx143	4,53	69,1	8,4	4,0
НСР ₀₅	0,23	0,11	0,33	0,26

Одним из селекционно ценных признаков, имеющих важное значение при изучении новых самоопыленных линий, является оценка их по реакции на цитоплазматическую мужскую стерильность (ЦМС). Оценка редидиплоидных линий по реакции на «М» тип ЦМС показала, что среди изученных линий выявлены как восстановители, так и закрепители, а также в незначительной степени – полувосстановители стерильности (таблица 5).

Тестерами послужили простые стерильные линии с «М» типом ЦМС КР703М, КР714М и ГК26М. Установлено, что линии 1/58; 1/66-2; 1/67-1; 1/99-2-3; 1/130-2; 1/135; МП4а; МП4в; wx25-2 полностью (Хср = 97,7 % стерильности) закрепили стерильность тестеров «М» типа. Линии 1/99-1-3; 1/130; 1/70; 1/130х; 1/75; 1/130-3; 1/130-1; 1/101-1х; 1/101р; 1/130-1х; 1/129R; 1/35-1; 1/72; 1/60; 1/35-2; 1/64-2; 1/130-4; 1/78; 1/66; 1/14х; 1/99-3-3; 1/73х; 1/122; PUNO 04; вр; w143; клф-5 являются универсальными восстановителями фертильности: доля цветущих растений составила не ниже 98,5–99,2 %.

Таблица 5 – Реакция редиплоидных линий кукурузы на «М» тип ЦМС

Реакция на «М» тип ЦМС	Линия
Закрепители	1/58; 1/66-2; 1/67-1; 1/99-2-3; 1/130-2; 1/135; МП4а; МП4в; wx25-2
Восстановители	1/99-1-3; 1/130; 1/70; 1/130х; 1/75; 1/130-3; 1/130-1; 1/101-1х; 1/101р; 1/130-1х; 1/129R; 1/35-1; 1/72; 1/60; 1/35-2; 1/64-2; 1/130-4; 1/78; 1/66; 1/14х; 1/99-3-3; 1/73х; 1/122; PUNO 04; вр; w143; клф-5

Эти линии целесообразнее использовать как отцовскую форму в простых и трехлинейных гибридах, семеноводство которых ведется на стерильной основе «М» типа. Выделенные в опыте линии-полувосстановители (полузакрепители) нуждаются в дальнейшем инцухте и доведении их до полной восстановительной или закрепительной способности. Всего выделено шесть линий с полувосстановительной способностью. Для определения комбинационной способности восстановленных диплоидных линий кукурузы были использованы в качестве материнских форм тестеры «М» типа стерильности селекции КНИИСХ имени П. П. Лукьяненко. Результаты испытаний топкроссов представлены в таблице (таблица 6).

Таблица 6 – Урожайность зерна лучших фертильных топкроссов и их стандартов (2015 г.)

Гибрид	Урожайность зерна, т/га	Уборочная влажность зерна, %	Всходы–цветение 50 % початков	Период вегетации, дней	Отклонения от лучшего стандарта
Родник 292 МВ (St.)	6,15	17,2	53	106	–
КР703М×1/99-3-3	6,90	16,0	54	108	0,75
КР703М×1/135	6,15	16,9	55	110	0,00
КР714М×1/60	7,32	17,7	57	114	1,92
КР714М×1/72	6,27	17,5	57	114	0,12
КР714М×1/130-1	6,45	19,1	57	114	0,30
КР714М×1/130	6,45	18,5	55	110	0,30
ГК26М×1/130-4	8,73	18,8	56	112	2,58
ГК26М×1/130-3	8,94	18,3	59	118	2,79
ГК26М×МП4в	9,42	19,3	59	118	3,27
НСР ₀₅	0,23	–	–	–	–

Анализ значений урожая зерна показал, что из девяти гибридных комбинаций достоверные отличия имеют семь гибридов, из которых существенные отличия в пределах НСР₀₅ имеют комбинации (КР703М×1/99-3-3); (КР714М×1/60); (ГК26М×1/130-4); (ГК26М×1/130-3); (ГК26М×МП4в). Отклонения этих гибридов от стандарта варьирует в пределах трех и более НСР от 1,92 до 3,27 т/га при НСР₀₅ 0,23 т/га. Остальные комбинации показали варьирование в пределах от 0,00 до 0,30 т/га.

Выводы

Апробация метода экспериментального восстановления диплоидных линий кукурузы из тетраплоидных популяций показала, что восстановление диплоидных генотипов проходит с частотой, близкой к 50 %. Выделенные в процессе опыта линии свободно скрещиваются с другими диплоидными генотипами, дают плодовитое потомство и характеризуются многими селекционно ценными признаками.

Селекционная оценка восстановленных диплоидных линий, показала распределение по группам спелости ФАО от 100 до 500 среди которых выделено 12

раннеспелых линий, три линии с крупным зерном, восемь линий с высокой комбинационной способностью. Созданы 13 линий-доноров признака многопочатковости. Выделены 27 линий-восстановителей фертильности кукурузы и девять линий-закрепителей ЦМС «М» типа стерильности, обладающих устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам среды, высокой питательной ценностью.

Оценка хозяйственной ценности морфобиологических признаков восстановленных линий показала широкую фенотипическую изменчивость по основным хозяйственно ценным признакам. Варьирование значений коэффициента вариации (CV) находится в пределах от 3,1 до 21 %.

Тестирование восстановленных линий на ОКС и СКС в топкроссных скрещиваниях позволило выявить пять гибридных комбинаций; с высокой комбинационной способностью и урожаем зерна выше стандарта от 1,92 до 3,27 т/га при НСР₀₅ 0,23т/га.

Гибридная комбинация кукурузы (ГК26М×МП4в) характеризуется повышенным содержанием белка (до 9,2 %), а гибридная комбинация (КР714М×1/60) – повышенным содержанием масла (до 5,2 %) в зерне.

Работа выполнена в рамках государственного задания ВИР (0662-2018-0007, 0662-2018-0010, 0662-2018-0015, 0662-2018-0017, 0662-2018-0020) по изучению коллекции генетических ресурсов растений ВИР.

Литература

1. Зерновые культуры (Выращивание, уборка, доработка и использование) / Под общ. ред. Шпаара Д. М.: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2008. 656 с.
2. Кагермазов А. М., Хатефов Э. Б. Основные направления селекции тетраплоидной кукурузы в Кабардино-Балкарии. Нальчик: «Полиграфсервис и Т», 2010. С. 242.
3. Хатефов Э. Б., Кагермазов А. М., Шорохов В. В. Селекция многопочатковой кукурузы в КБНИИСХ // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Золотое наследие академика ВАСХНИЛ М. И. Хаджинова». Краснодар: Краснодарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени П. П. Лукьянова, 2009. С. 65–71.
4. Казанков А. Ф., Пономаренко Л. А., Результаты селекции гибридной кукурузы на двухпочатковость. Материалы заседания ЕУКАРПИЯ: «Селекция кукурузы и сорго». Краснодар, 1979. С. 195–204.
5. Шмараев Г. Е. Генетика количественных и качественных признаков кукурузы. СПб.: ВИР, 1995. 168 с.
6. Методы изучения минералогического состава и органического вещества почв // Под ред. Рабочева Н. С. Ашхабад, 1975. 216 с.
7. Григорьев О. Н. Современные методы исследования физико-химических свойств почв. Вып. 3. М.: АН СССР, 1948. 185 с.
8. Методические указания по изучению и поддержанию образцов коллекции кукурузы. Л.: ВАСХНИЛ, ВИР, 1985. 50 с.
9. Методические указания по производству гибридных и сортовых семян кукурузы. М.: Колос, 1975. 168 с.
10. Методические указания по селекции кукурузы. М.: ВАСХНИЛ, ВНИИ кукурузы, 1982. 56 с.
11. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ видов *Zea mays* L. Л.: ВИР, 1977. 82 с.
12. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: методическое руководство // Под ред. Удовенко Г. В. Л.: ВИР, 1988. 227 с.
13. Основные методы фитопатологических исследований // Под ред. Чумакова А. Е. М.: Колос, 1974. 192 с.
14. Методы биохимического исследования растений. Изд. 2-е, перераб. и доп. // Под ред. Ермаков А. И. Л.: Колос. 1972. 456 с.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. С. 112–146.
16. Методические рекомендации по применению математических методов анализа экспериментальных данных по изучению комбинационной способности. Харьков: ВАСХНИЛ. Укр. НИИ растениеводства, селекции и генетики имени В. Я. Юрьева, 1980. 76 с.
17. Савченко В. К. Генетическое изучение триплоидных гибридов сахарной свеклы и их родительских форм. Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Минск: Институт генетики и цитологии АН БССР, 1966. 25 с.

References

1. Cereals (Cultivation, harvesting, improvement and use) // Under edition of Shpaar D. Moscow: Publishing and printing center "DLV AGRODELO OOO" (Limited Liability Company), 2008. 656 p.
2. Kagermazov A. M., Khatefov E. B. The main directions of selection of tetraploid maize in Kabardino-Balkaria. Nalchik: "Polygraphs-service and T", 2010. P. 242.
3. Khatefov E. B., Kagermazov A. M., Shorokhov V. V Selection of multi-ear corn in Kabardino-Balkaria Research Institute of Agriculture (KBNIISH) // Collection of scientific works of the International Scientific and Practical Conference "Golden Heritage of M. I. Khadzhinov – Academician of All Russian Academy of Agricultural Sciences (VASKhNIL)". Krasnodar, 2009. P. 65–71.
4. Kazankov A. F., Ponomarenko L. A. Results of selection of hybrid corn for double-hammering for two ears per stalk. Materials of the meeting of EUCARPIA: "Selection of corn and sorghum". Krasnodar, 1979. P. 195–204.
5. Shmarayev G. E. Genetics of quantitative and qualitative characteristics of corn. Saint-Petersburg: The N. I. Vavilov All-Russian Institute of plant genetic resources. 1995. 168 p.
6. Methods of studying the mineralogical composition and organic matter of soils // Ed. by Rabochev N. S. Ashgabat, 1975. 216 p.
7. Grigoriev O. N. Modern methods of investigation of physical and chemical properties of soils. Iss. 3. Moscow: USSR Academy of sciences, 1948. 185 p.
8. Methodological guidelines for the study and maintenance of samples of the maize collection. Leningrad: VASKhNIL, The N. I. Vavilov All-Russian Institute of plant genetic resources, 1985. 50 p.
9. Methodical instructions for the production of hybrid and varietal corn seeds. Moscow: Kolos, 1975. 168 p.
10. Methodological guidelines for the selection of corn. Moscow: VASHNIL, Institute of corn, 1982. 56 p.
11. The wide unified COMECON classifier and the COMECON international classifier of species *Zea mays*. Leningrad: The N. I. Vavilov All-Russian Institute of plant genetic resources, 1977. 82 p.
12. Diagnostics of resistance of plants to stressful influences: methodical guidance / Under edition of Udovenko G. V. Leningrad: The N. I. Vavilov All-Russian Institute of plant genetic resources, 1988. 227 p.
13. Basic methods of phytopathological research // Ed. by Chumakov A. E. Moscow: Kolos, 1974. 192 p.
14. Methods of Biochemical Research of Plants. 2nd, revised. and additional // Ed. by Ermakov A. I. Leningrad: Kolos, 1972. 456 p.
15. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. P. 112–146.
16. Methodical recommendations on the application of mathematical methods for the analysis of experimental data on the study of combinatorial ability. Kharkov: VASKhNIL. Ukr. Research Institute of Plant Production, Breeding and Genetics named after V. A. Yur'ev, 1980. 76 p.
17. Savchenko V. K. Genetic study of triploid hybrids of sugar beet and their parental forms. Authors' abstract diss. ... Cand. Sc. (Agr.). Minsk: Institute of Genetic and Cytology AC BSSR, 1966. 25 p.

UDC 633.15: 631.52

Khatefov E. B., Kerv Yu. A., Boyko V. N., Golovina M. A., Appaev S. P.

EXPANSION OF THE GENETIC POLYMORPHISM OF THE INITIAL SELECTION MATERIAL OF CORN BY THE METHOD OF RE-DYDIPLOIDIZATION OF TETRAPLOID POPULATIONS

*Summary. The problem of searching for new sources of selection-valuable features of maize (*Zea mays* L.) with a large genetic polymorphism requires breeders to create and improve the effectiveness of methods for obtaining the initial selection material. The aim of the research is to study the effectiveness of the method of re-diploidization of tetraploid populations to create a source material for hybrid selection. As a part of the research next tasks have been fulfilled: the evaluation of selection-valuable traits that are of importance in hybrid maize breeding, identification of sources and donors of genes controlling valuable phenotypic features, as well as determination of practical significance of the new initial material for the selection. To conduct the research, we used methods of decomposition of the triploid hybrid progeny between a tetraploid population with a broad genetic basis and a diploid line, with subsequent selection of re-diploid genotypes. The study of the lines and their topcrosses was carried out under the conditions of the foothill zone of Kabardino-*

Balkaria, where the combinational ability and the reaction to CMS of the "M" type of other quantitative and qualitative characteristics having a breeding value were investigated. As a result of the studies, new lines of re-diploid corn from tetraploid populations were distinguished, characterized by many selective-valuable features such as early ripeness, productivity, and high combinational ability. Donors of multi-earness had been created; they transmit the trait according to the incomplete type of inheritance in hybrid combinations (13 lines). New corn lines had been identified as fertility restorers (27 lines) and CMS fixers based on the "M" type of sterility (9 lines), eight hybrid combinations exceeding the grain yield standard by 0.75–3.27 t/ha with least significant difference (LSD_{05}) = 0.23 t/ha were distinguished. The results of the studies are important for the development of the theoretical foundations of corn breeding, as well as for the creation of selectively valuable recombinants and donors of effective genes for hybrid breeding. The genetic polymorphism of the maize lines is expanded and enriched, which is of practical interest to breeders and researchers. Theoretical developments and the initial material are characterized by high grain productivity and resistance to biotic and abiotic stresses. The results of the work are important for the selection and private genetics of maize.

Keywords: corn *Zea mays* L., selection, re-diploidization, hybrid, combination ability, grain yield.

Хатефов Эдуард Балилович, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, отдел крупяных культур, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова»; 190000, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42-44; Руководитель Кабардино-Балкарского опорного пункта ВИР «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Кабардино-Балкарского научного центра РАН»: 360004, Россия, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Кирова, 224; e-mail: haed1967@rambler.ru.

Керв Юлия Алексеевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник, отдел биохимии и молекулярной биологии ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова»; 190000, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42-44.

Бойко Владислав Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Филиал Кубанской опытной станции ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова Российской академии сельскохозяйственных наук»; 352183, Россия, Краснодарский край, Гулькевичский район, п. Ботаника, ул. Центральная, 2.

Головина Мария Анатольевна, научный сотрудник, карантинного питомника Филиал Кубанской опытной станции ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова Российской академии сельскохозяйственных наук»; 352183, Россия, Краснодарский край, Гулькевичский район, п. Ботаника, ул. Центральная, 2.

Аппаев Сафар Пахаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы ФГБНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук»; 360004, Россия, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Кирова, 224.

Khatefov Eduard Balilovich, Dr. Sc. (Biol.), leading researcher, groat crop genetic resources Department, N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources; 42-44, Bolshaya Morskaya Str., Saint-Petersburg, 190000, Russia. Head of the Kabardino-Balkar reference point of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Scientific Research Institute of Agriculture of the KBSC of the Russian Academy of Sciences; 224, Kirova str., Nalchik, Republic of Kabardino-Balkaria, 360004, Russia; e-mail: haed1967@rambler.ru.

Kerv Yulia Alekseevna, Cand. Sc. (Biol.), researcher, Department of biochemistry and molecular biology of N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources; 42-44, Bolshaya Morskaya Str., Saint-Petersburg, 190000, Russia.

Boyko Vladislav Nikolaevich, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher at the Branch of the Kuban experimental station of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources; 2 Tsentralnaya str., Gulkevichskiy district, Krasnodar region, 352183, Russia.

Golovina Maria Anatolievna, researcher at the quarantine nursery of the Branch of the Kuban experimental station of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources; 2 Tsentralnaya str., Gulkevichskiy district, Krasnodar region, 352183, Russia.

Appaev Safar Pakhaovich, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher, Laboratory of corn selection and seed production, Scientific Research Institute of Agriculture of the KBSC of the Russian Academy of Sciences; 224, Kirova str., Nalchik, Republic of Kabardino-Balkaria, 360004, Russia.

Дата поступления в редакцию – 01.07.2018.

Дата принятия к печати – 26.08.2018.

