



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

# ТАВРИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК АГРАРНОЙ НАУКИ

*научный журнал*

ISSN 2542-0720



№ 1 (17)  
2019



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

# ТАВРИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК АГРАРНОЙ НАУКИ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

DOI:10.33952/2542-0720

TAURIDA HERALD  
OF THE AGRARIAN SCIENCES

№ 1 (17)

DOI:10.33952/2542-0720-2019-1-17

2019

# ТАВРИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК АГРАРНОЙ НАУКИ

научный журнал

ISSN 2542-0720

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

**Адрес редакции:**

295493, Республика Крым,  
г. Симферополь, ул. Киевская, 150,  
т/ф. (3652)560-390,  
e-mail: 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: vniizk30@mail.ru

Формат 60x84/8, усл. печ. л. 10.00  
Заказ № 05А/03.  
Тираж 500 экз.

Подписано к печати 04.02.2019.

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: 14.05.2019 г.

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

© ФГБУН «НИИСХ Крыма», 2019.

© Авторы статей, 2019.

© Авторы иллюстраций, 2019.

## 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; Барталев С.А., д.т.н., проф., ИКИ РАН; Бастаубаева Ш.О., к.с.-х.н. Казахский НИИ земледелия и растениеводства, Боровой Е.П., д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ»; Гербер Ю.Б., д.т.н., профессор АБиП ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»; 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»; Ларина Г.Е., д.б.н., проф., ФГБНУ «ВНИИФ»; Лупян Е.А., д.т.н., ФГБУН «ИКИ РАН»; Мельничук Т.Н., д.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Митрофанова И.В., д.б.н., ФГБУН «НБС-ННЦ», профессор ФГБОУ ВПО «Уральский ГАУ»; Мишнёв А.В., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Моисеев К.Г., к.т.н., ФГБНУ АФИ; Мягких 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»; Просянникова 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»; Серая Л.Г., к.б.н., ФГБНУ «ВНИИФ»; Сидякин А.И. к.б.н., доцент, ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»; Скипор О.Б., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Song J., Ph.D (candidate), King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang; 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»; Ткаченко О.Б., д.б.н., ФГБУН «ГБС РАН»; Топунов А.Ф., д.б.н., профессор ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН; Турина Е.Л., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; 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 №708-11/2015 от 09.11.2015 г. журнал включён в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Каждой статье, опубликованной в журнале, редакция издания присваивает идентификатор цифрового объекта DOI (Crossref).

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

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

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](mailto:priemnaya@niishk.ru)

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

СОДЕРЖАНИЕ

Арифова З. И. ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА МОРФОСТРУКТУРУ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЯГОД МАЛИНЫ	6
Архипов М. В., Прияткин Н. С., Гусакова Л. П., Лайшев К. А., Тюкалов Ю. А., Данилова Т. А. НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОБЛЕМ ПРОИЗВОДСТВА ЗДОРОВОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ	13
Асатурова А. М., Жевнова Н. А., Кремнева О. Ю. ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ЖЕЛТОЙ ПЯТНИСТОСТЬЮ ЛИСТЬЕВ ПШЕНИЦЫ	21
Асатурова А. М., Томашевич Н. С., Жевнова Н. А., Кривошлыков К. М., Хомяк А. И., Козицын А. Е., Дубяга В. М., Сидорова Т. М., Сидоров Н. М., Цыгичко А. А., Бондарчук Е. Ю. ЭКОЛОГИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ПШЕНИЦЫ НА ОСНОВЕ НОВЫХ ОРИГИНАЛЬНЫХ БИОФУНГИЦИДОВ	31
Ермолаева М. В., Болдырева Л. Л. БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕМЯН ПУСТЫРНИКА ПЯТИЛОПАСТНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА И СПОСОБА УБОРКИ В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ КРЫМА	43
Золотилова О. М., Золотилов В. А., Скипор О. Б., Новиков И. А. ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ФЕНХЕЛЯ ОБЫКНОВЕННОГО ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ПРОДУКТИВНОСТИ	51
Капустин С. И., Володин А. Б., Капустин А. С., Стройный А. М. ПРОДУКТИВНОСТЬ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ПРЕДКАВКАЗЬЕ	62
Невкрытая Н. В., Мишнев А. В. АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФИРОМАСЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ (ОБЗОР. ЧАСТЬ II). АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ И КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА В РАСТЕНИЯХ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВА	71
Приходько А. В., Колесникова А. В., Моляр С. А. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В КОРОТКОРОТАЦИОННОМ ПОЛЕВОМ СЕВООБОРОТЕ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОГО КРЫМА	83
Тевфик А. Ш., Егорова Н. А. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ И ГОРМОНАЛЬНОГО СОСТАВА ПИТАЛЬНОЙ СРЕДЫ НА МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ <i>IN VITRO</i> ТИМЬЯНА ОБЫКНОВЕННОГО	93
Шабанова И. В., Нешадим Н. Н. ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНОЛОГИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ	103

CONTENTS

Arifova Z. I. INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS ON MORPHOSTRUCTURE, YIELD AND QUALITY OF RASPBERRIES	6
Arkhipov M. V., Priyatkin N. S., Gusakova L. P., Layshev K. A., Tyukalov Yu. A., Danilova T. A. SCIENTIFIC SUPPORT OF PRIMARY PRODUCTION OBJECTIVES OF HEALTHY AGRICULTURAL RAW MATERIALS	13
Asaturova A. M., Zhevnova N. A., Kremneva O. Yu. ENVIRONMENTALLY FRIENDLY METHODS AGAINST YELLOW SPOT OF WHEAT LEAVES	21
Asaturova A. M., Tomashevich N. S., Zhevnova N. A., Krivoshlykov K. M., Homyak A. I., Kozitsyn A. E., Dubyaga V. M., Sidorova T. M., Sidorov N. M., Tsygichko A. A., Bondarchuk E. Yu. GREEN WHEAT PROTECTION SYSTEM BASED ON NEW ORIGINAL BIOFUNGICIDES	31
Yermolaeva M. V., Boldyreva L. L. BIOLOGICAL PROPERTIES OF THE SEEDS OF MOTHERWORT FIVE- BLADED DEPENDING ON THE TIME AND METHOD OF HARVESTING UNDER CONDITIONS OF THE FOOTHILL ZONE OF THE CRIMEA	43
Zolotilova O. M., Zolotilov V. A., Skipor O. B., Novikov I. A. EVALUATION OF COLLECTION SAMPLES OF FENNEL ( <i>FOENICULUM VULGARE</i> ) BY INDICATORS OF PRODUCTIVITY	51
Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S., Stroyny A. M. PRODUCTIVITY OF SUDANGRASS IN CENTRAL CISCAUCASIA	62
Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V. ACTUAL AND CONTEMPORARY DIRECTIONS OF BIOCHEMICAL RESEARCH OF OIL-BEARING AROMATIC PLANTS (REVIEW, PART II). ANALYSIS OF THE CONTENT AND COMPONENT COMPOSITION OF THE ESSENTIAL OIL IN PLANTS FOR THE PURPOSE OF BREEDING AND SEED GROWING	71
Prikhodko A. V., Kolesnikova A. V., Molyar S. A. ECONOMIC ASSESSMENT OF THE ORGANIC FERTILIZERS APPLICATION IN THE SHORT CROP ROTATION UNDER CONDITIONS OF STEPPE CRIMEA	83
Tevfik A. Sh., Yegorova N. A. INFLUENCE OF CULTIVATION CONDITIONS AND CULTURE MEDIUM GORMONAL COMPOSITION ON THE MICROPROPAGATION OF <i>THYMUS VULGARIS</i> L. <i>IN VITRO</i>	93
Shabanova I. V., Neshchadim N. N. INFLUENCE OF AGROTECHNOLOGIES ON THE CONTENT OF HEAVY METALS IN SOIL AND GRAIN QUALITY OF WINTER BARLEY	103



Арифова З. И.

**ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА  
МОРФОСТРУКТУРУ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЯГОД МАЛИНЫ**

ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», отделение «Крымская опытная станция садоводства»

**Реферат.** Цель исследований – провести сравнительный анализ влияния комплексов микробных препаратов, основой которых являются штаммы бактерий разной функциональной направленности, на морфоструктуру и показатели урожайности разных сортов малины, товарное качество и химический состав ягод. Исследования проводили на участках сортоизучения малины отделения «Крымская опытная станция садоводства» в 2014–2017 гг. Объекты исследований – три сорта малины (*Rubus idaeus L.*) зарубежной селекции различных сроков созревания: Лачка – раннего; Глен Ампл – позднего; Полка – ремонтантного типа. Изучали влияние трех комплексов микробных препаратов: I вариант, включающий в себя препараты «Фосфоэнтерин», «Диазофит», «Аурилл»; II вариант – «Фосфоэнтерин», «Диазофит», «Биополицид»; III вариант – «Фосфоэнтерин», «Диазофит», «Биополицид», «Азотобактерин». Корни растений малины перед посадкой обрабатывали суспензией комплексов микробных препаратов в разведении 1:100. Контроль – обработка корней водой. Установлено, что более отзывчив к применению препаратов сорт Лачка, у которого урожайность в I варианте (926 г/побег) была в 1,5 раза выше контроля; морфологические показатели: высота и диаметр побега (159 и 165 см соответственно); количество ягод на латерал (15 штук), средняя масса ягоды (5,4; 5,6 г) соответственно в I и III вариантах превышали контроль на 14–20%. Увеличение содержания аскорбиновой кислоты (49,0; 52,8 мг %), сахаров (7,2; 8,5 %), сахарокислотного индекса (4,5; 5,0), а также дегустационной оценки (4,2; 4,4), превышающие контрольные величины (42,6 мг %; 6,5 %; 4,1; 4,0 балла соответственно), показали эффективность применения препаратов в комбинациях вариантов I и III. У сорта Полка в III варианте отмечено увеличение побегообразовательной способности в 2,0 раза по сравнению с контролем (на 8 шт./куст). У сорта Глен Ампл в III варианте средняя масса ягоды (5,1 г) была в 1,4 раза выше контроля, урожайность достигла 734 г/побег и превысила контрольные показатели на 38%.

**Ключевые слова:** малина *Rubus idaeus L.*, сорт, масса ягоды, урожайность, биохимический состав, дегустационная оценка, микробиологические препараты.

**Введение**

В современных технологиях при создании высокопродуктивных насаждений малины необходимо предусмотреть мероприятия, которые способствовали бы улучшению количества и качества получаемой продукции. Одно из основных условий получения высоких урожаев ягод малины – обеспечение ее элементами минерального питания. Основная масса корней растений малины располагается в слое 30–40 см. Формирование сильной корневой системы способствует образованию мощной надземной части, обуславливая рост побегов и урожайность куста [1]. Малина требовательна к удобрениям, что связано с большим выносом элементов питания урожаем и многочисленными побегами, часть из которых ежегодно отмирает [2]. Растения малины особенно чувствительны к содержанию в почве азота и калия. К фосфорным удобрениям они менее требовательны, однако недостаток фосфора

ведет к слабому развитию побегов и их низкой продуктивности. Корневые подкормки малины фосфорными удобрениями малоэффективны в связи с медленным перемещением ионов фосфата по почвенному профилю [3].

В последние годы широкий размах химизации в погоне за урожаем привел к нарушению нормальных биологических, химических и физиологических процессов в почве [4, 5]. Для повышения плодородия почв, улучшения их культурного состояния и обеспечения растений всеми необходимыми макро- и микроэлементами разработаны новые подходы. Для повышения продуктивности насаждений малины необходимо усовершенствование технологий выращивания. В этом плане перспективны микробные биопрепараты. Использование биопрепаратов на основе штаммов микроорганизмов, улучшающих питание, стимулирующих рост и устойчивость растений к болезням и вредителям, имеет экологические и экономические преимущества по сравнению с минеральными удобрениями и химическими средствами защиты растений, позволяет значительно уменьшить их применение, способствует повышению устойчивости агроэкосистем и сохранению окружающей среды. Микроорганизмы, входящие в состав бактериальных препаратов, в результате своей минерализующей, азотофиксирующей и фосфатомобилизирующей деятельности улучшают корневое питание и продуктивный потенциал растений, способствуют повышению плодородия почвы и качества получаемой продукции. Препараты «Аурилл» и «Биополицид» рекомендованы для контроля возбудителей корневых гнилей. «Азотобактерин» и «Диазофит» – для оптимизации азотного питания растений. «Фосфоэнтерин» применяют для улучшения фосфорного питания растений, стимуляции роста [6–10]. С увеличением азотного питания урожайность малины, как правило, увеличивается, однако биохимические показатели ягод могут снижаться. Эти вопросы актуальны, но мало изучены при выращивании ягодных культур.

**Цель исследований** – провести сравнительный анализ влияния комплексов микробных препаратов, основой которых являются штаммы бактерий разной функциональной направленности, на морфоструктуру и показатели урожайности разных сортов малины, товарное качество и химический состав ягод.

#### **Материалы и методы исследований**

Исследования проводили в 2014–2017 гг. на базе опытного участка отделения «Крымская опытная станция садоводства». Участок находится на границе двух климатических районов: Нижнего предгорного и Центрального степного. Климат в зоне проведения опыта умеренно континентальный. Почва на участке сортоиспытания аллювиальная, луговая, карбонатная, среднесуглинистая на речных суглинках. Объекты исследования – три сорта малины зарубежной селекции различных сроков созревания: Лачка – раннего; Глен Ампл – позднего; Полка – ремонтантного типа. Агротехнические мероприятия общепринятые. Оценка проводили по методикам [11, 12]. Оценка биохимического состава ягод выполнена по методике биохимического исследования растений [13].

Микробиологические препараты разной функциональности предоставлены отделом сельскохозяйственной микробиологии ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма». Комплексы микробных препаратов в своем составе имеют штаммы бактерий разной функциональной направленности. В работе использованы следующие препараты:

«Фосфоэнтерин» – препарат на основе фосфатомобилизирующих и ростстимулирующих бактерий (штамм *Enterobacter nimipressuralis* 32-3).



«Диазофит» – препарат на основе ассоциативных азотфиксирующих бактерий (штамм *Agrobacterium radiobacter* 204), улучшающий азотное питание растений, повышающий их устойчивость к биотическим и абиотическим стрессовым факторам.

«Азотобактерин» – препарат на основе свободноживущих азотфиксирующих бактерий (штамм *Azotobacter vinelandii* 10702), улучшающий азотное питание растений, стимулирующий их рост.

«Биополицид» – препарат на основе бактерий-антагонистов фитопатогенных микромицетов (штамм *Paenibacillus polymyxa* П). Предназначен для контроля широкого спектра фитопатогенных микроскопических грибов, подавления их роста.

«Аурилл» – препарат на основе бактерий-антагонистов фитопатогенов (штамм *Bacillus subtilis* 01-1), обладающий ростостимулирующей активностью.

Корни растений малины перед посадкой обрабатывали суспензией комплексов микробных препаратов в разведении 1:100.

Схема опыта:

I вариант – обработка корней растений комплексом препаратов «Фосфоэнтерин», «Диазофит», «Аурилл».

II вариант – обработка препаратами «Фосфоэнтерин», «Диазофит», «Биополицид».

III вариант – обработка «Фосфоэнтерином», «Диазофитом», «Биополицидом», «Азотобактерином».

Контроль – обработка корней растений малины водой.

#### Результаты и их обсуждение

Способность растений формировать достаточное количество плодовых образований является важнейшей предпосылкой высокого урожая, а средняя масса ягоды – самым существенным признаком из всех морфоструктурных компонентов продуктивности. Установлено, что комбинации препаратов оказывали неодинаковое влияние по сортам на показатели слагаемой потенциальной продуктивности (количество плодоносящих побегов и их параметры, плодовые веточки (латералы) на побеге, ягоды на латерале, средняя масса ягоды).

Среди исследуемых сортов малины более отзывчивым к применению препаратов был сорт Лачка (таблица 1).

**Таблица 1 – Сравнительная характеристика морфологических и хозяйственно ценных показателей малины сорта Лачка в зависимости от вариантов применения микробиологических препаратов (2016–2017 гг.)**

Показатель	Вариант опыта				НСР <sub>05</sub>	
	контроль	I	II	III		
Количество плодоносящих побегов, шт./куст	3	8	4	3	3,3	
Высота побега, см	135	159	138	165	20,8	
Диаметр побега, см	1,0	1,2	1,2	1,2	0,17	
Длина одного латерала, см	42	28	30	39	9,4	
Количество латерал на побег, шт.	12	13	13	13	0,8	
Количество ягод, шт./латерал	12	15	12	15	2,4	
Средняя масса ягоды, г	4,7	5,4	5,3	5,6	0,5	
Оценка вкуса ягоды, балл	4,0	4,2	4,2	4,4		
Урожайность, г/побег	639	926	740	764	118,5	
Биохимический состав ягоды	сахара, %	6,5	7,2	6,8	8,5	1,2
	аскорбиновая кислота, мг %	42,6	49,0	47,7	52,8	5,8
	сахарокислотный индекс	4,1	4,5	4,0	5,0	0,6

Полученные данные подтверждают, что такие показатели как высота и диаметр побега, количество ягод на латерал, средняя масса ягоды на 14–20 %

превышали контроль в I и III вариантах, а урожайность в I варианте была в 1,5 раза выше контрольных значений. Увеличение урожая в этих вариантах связано в первую очередь с повышением продуктивности плодоносящих побегов.

Во II варианте средняя масса ягоды и урожайность с побега были незначительно выше контроля.

Увеличение содержания витамина С – 49,0; 52,8 мг % наблюдали в вариантах I и III, сахаров – 7,2; 8,5 % (контрольные значения – 42,6 мг %, 6,5 % соответственно) показало эффективность применения «Фосфоэнтерина», «Диазофита», «Аурилла», «Биополицида» и «Азотобактерина» в различных комбинациях для оптимизации содержания аскорбиновой кислоты в ягодах малины сорта Лачка.

Применение микробиологических препаратов на сорте Полка в целом не оказало существенного влияния на показатели продуктивности (таблица 2).

**Таблица 2 – Сравнительная характеристика морфологических и хозяйственно ценных показателей малины сорта Полка в зависимости от вариантов применения микробиологических препаратов (2016–2017 гг.)**

Показатель	Вариант опыта				НСР <sub>05</sub>	
	контроль	I	II	III		
Количество плодоносящих побегов, шт./куст	8	7	12	16	5,7	
Высота побега, см	140	160	150	160	13,3	
Диаметр побега, см	1,2	1,4	1,3	1,2	0,13	
Длина одного латерала, см	10,4	12,8	8,1	7,6	2,4	
Количество латерал на побег, шт.	11	15	10	10	3,3	
Количество ягод, шт./латерал	10	7	6	8	2,3	
Средняя масса ягоды, г	3,7	3,4	3,4	3,7	0,4	
Оценка вкуса ягоды, балл	5,0	4,5	4,6	4,8		
Урожайность, г/побег	310	314	237	295	49,5	
Биохимический состав ягоды	сахара, %	8,7	8,4	7,6	9,0	0,8
	аскорбиновая кислота, мг%	36,6	32,0	32,6	32,6	2,9
	сахарокислотный индекс	7,2	5,2	5,4	7,0	1,4

Количество плодовых образований и средняя масса ягоды были ниже контроля, что способствовало снижению урожайности с побега. Однако отмечено усиление роста однолетних побегов, которые получили, очевидно, стимуляцию к росту препаратом на основе свободноживущих азотфиксирующих бактерий. Побегообразовательная способность в III варианте была в 2,0 раза (на 8 шт./куст) выше контроля, что указывает на увеличение урожайности в пересчете на количество плодоносящих побегов. По содержанию витамина С (36,6 мг %), дегустационной оценке (5,0 баллов) и значению сахарокислотного индекса (7,2) лучшими являются ягоды контрольного варианта. В двух других вариантах (I и II) наблюдалась тенденция к снижению содержания аскорбиновой кислоты, сахаров и других веществ. Анализ уровня органических кислот показывает, что применение препаратов «Фосфоэнтерин» и «Диазофит» с «Ауриллом» (вариант I) и с «Биополицидом» (вариант II), способствовало некоторому увеличению их количества по сравнению с контролем и вариантом III. Это привело к снижению сахарокислотного индекса (5,2–5,4; контроль – 7,2), оценка вкуса была незначительно ниже контроля (на 0,5 баллов). Четких изменений химического состава ягод в III варианте не выявлено.

У сорта Глен Ампл значительных различий морфологических показателей во всех комбинациях применения микробиологических препаратов по сравнению с контролем не наблюдалось (таблица 3).

**Таблица 3 – Сравнительная характеристика морфологических и хозяйственно ценных показателей малины сорта Глен Ампл в зависимости от вариантов применения микробиологических препаратов (2016–2017 гг.)**

Показатель		Вариант опыта				НСР <sub>05</sub>
		контроль	I	II	III	
Количество плодоносящих побегов, шт./куст		9	3	5	11	5,1
Высота побега, см		160	160	135	148	16,5
Диаметр побега, см		1,3	1,4	1,2	1,2	0,13
Длина одного латерала, см		28	28	35	32	4,7
Количество латерал на побег, шт.		12	13	11	12	1,1
Количество ягод, шт./латерал		12	11	10	12	1,3
Средняя масса ягоды, г		3,7	4,0	5,1	5,1	1,0
Оценка вкуса ягоды, балл		4,5	4,2	4,5	4,2	
Урожайность, г/побег		533	608	571	734	121
Биохимический состав ягоды	сахара, %	6,0	5,5	5,4	5,3	0,4
	аскорбиновая кислота, мг %	47,6	31,2	45,6	34,6	17,9
	сахарокислотный индекс	3,6	3,5	3,7	3,0	0,4

Как положительный факт в вариантах II и III отмечено увеличение средней массы ягоды (5,1 г) и в варианте III – урожайности (734 г/побег), что на 38 % выше контроля.

Применение микробиологических препаратов во всех комбинациях не оказало положительного влияния на биохимический состав ягод. По большинству показателей наблюдается тенденция к их снижению, а по содержанию аскорбиновой кислоты в вариантах I (с «Ауриллом») и III (все препараты) – существенное уменьшение ее количества в сравнении с контрольным (от 47,6 до 31,2–34,6 мг %).

#### Выводы

В результате комплексной оценки интродуцированных сортов малины подтверждена целесообразность обработки корней растений комплексами микробных препаратов. Это способствует улучшению минерального питания растений и качества получаемой продукции, повышению их устойчивости к различным стрессам. За годы исследования все растения малины имели здоровый вид, химические обработки не применялись.

Выявлены сортовые различия в реакции на перспективные комплексы микробиологических препаратов. У сорта Лачка в комбинациях вариантов I и III показатели (высота и диаметр побега, количество ягод на латерал, средняя масса ягоды) превышали контроль на 14–20 %; биохимические показатели – аскорбиновая кислота (49,0; 52,8 мг %), сахара (7,2; 8,5 %), сахарокислотный индекс (4,5; 5,0), также были выше контрольных величин (42,6 мг %; 6,5 %; 4,1 соответственно). Урожайность в I варианте составила 926 г/побег, что в 1,5 раза выше контроля.

У сорта Полка во II и III вариантах по сравнению с контролем отмечено увеличение побегообразовательной способности в 1,5–2,0 раза.

У сорта Глен Ампл в III варианте средняя масса ягоды (5,1 г) была в 1,4 раза выше контроля, урожайность достигла 734 г/побег и превысила контрольные показатели на 38 %.

#### Литература

1. Казаков И. В., Кичина В. В. Малина. М.: Россельхозиздат, 1976. 76 с.
2. Казаков И. В. Малина. Ежевика. М.: Фолио, 2001. С. 8–30.
3. Казаков И. В., Евдокименко С. Н., Кулагина В. Л. Малина. Ягодные культуры в Центральном регионе России. Брянск: ГСХА, 2009. С. 61–119.
4. Биопрепараты в сельском хозяйстве. Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве // Под ред. Тихоновича И. А., Круглова Ю. В. М.: ВНИИСХМ, 2005. 154 с.

5. Авраменко И. Ф. Микробиология. М.: Колос, 1972. 192 с.
6. Патица В. П., Тихонович И. А., Філіп'єв І. Д., Гамаюнова В. В., Андрусенко І. І. Мікроорганізми і альтернативне землеробство. К.: Урожай, 1993. 176 с.
7. Клименко О. Е., Клименко Н. И., Каменева И. А., Куликова Т. Д., Клименко Н. Н. Изменения в микробном ценозе ризосферы саженцев плодовых культур при применении биопрепаратов // Труды международной конференции «Генетическая интеграция прокариот и эукариот: фундаментальные исследования и современные агротехнологии». СПб: НЦ РАН, 2015. С. 79.
8. Иванченко В. И., Зотиков А. Ю., Мельничук Т. Н., Каменева И. А., Якубовская А. И. Влияние комплексов микробных препаратов на развитие фитопатогенов во время стратификации виноградных прививок // Таврический вестник аграрной науки. 2018. Вып. 3 (15). С. 47–54.
9. Пыркин В. О., Хапчаева С. А., Дидович С. В., Зотов В. С. Влияние комплексных биопрепаратов на почвенный микробиом // Таврический вестник аграрной науки. 2018. Вып. 2 (14). С. 34–45.
10. 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 *Triticum aestivum* L. черноземов южного и обыкновенного // Таврический вестник аграрной науки. 2018. Вып. 4 (16). С. 88–101.
11. Седов Е. Н., Огольцова Т. П. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
13. Ермаков А. И. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.

### References

1. Kazakov I. V., Kichina V. V. Raspberry. Moscow: Rosselkhozizdat, 1976. 76 p.
2. Kazakov I. V. Raspberry. Blackberry. Moscow: Folio, 2001. P. 8–30.
3. Kazakov I. V., Evdokimenko S. N., Kulagina V. L. Raspberry. Berry crops in the Central region of Russia. Bryansk: State Agricultural Academy, 2009. P. 61–119.
4. Biological products in agriculture. Methodology and practical use of microorganisms in crop and forage production // Ed. by Tikhonovich I. A., Kruglov Yu. V. Moscow: All-Russian Research Institute of Agricultural Microbiology (VNIISKhM), 2005. 154 p.
5. Avramenko I. F. Microbiology. Moscow: Kolos, 1972. 192 p.
6. Patyka V. P., Tikhonovich I. A., Filipev I. D., Gamayunova V. V., Andrusenko I. I. Microorganisms and alternative agriculture. Kiev: Urozhay, 1993. 176 p.
7. Klimenko O. E., Klimenko N. I., Kameneva I. A., Kulikova T. D., Klimenko N. N. Changes in the microbial cenosis of rhizosphere of fruit crops plantlets when using biological preparations // Proceedings of the international conference “Genetic integration of prokaryotes and eukaryotes: basic research and modern agricultural technologies”. Saint-Petersburg: Scientific Centre of Russian Academy of Sciences, 2015. P. 79.
8. Ivanchenko V. I., Zotikov A. Yu., Melnichuk T. N., Kameneva I. A., Yakubovskaya A. I. Influence of complexes of microbial preparations on the development of phytopathogens during the grafted grapes stratification // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2018. No. 3 (15). P. 47–54.
9. Pyrkin V. O., Khapchaeva S. A., Didovich S. V., Zotov V. S. Influence of complex biopreparates on the soil microbiome // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2018. No. 2 (14). P. 34–45.
10. 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 // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2018. No. 4 (16). P. 88–101.
11. Sedov E. N., Ogoltsova T. P. Program and methodology of cultivar strain testing of fruit, berry and nut crops. Orel: All-Russian Research Institute of Fruit Crop Selection, 1999. 608 p.
12. Dospikhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
13. Ermakov A. I. Methods of biochemical research of plants. Leningrad: Agropromizdat, 1987. 430 p.

UDC 634.71:576.8

Arifova Z. I.

### INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS ON MORPHOSTRUCTURE, YIELD, AND QUALITY OF RASPBERRIES

**Summary.** *The purpose of the study was to conduct a comparative analysis of the effect of microbial complexes, which were based on strains of bacteria of different functional orientation, on the morphostructure and yield of different varieties of raspberries, as well as berries commercial quality and chemical composition. Experiments were conducted on strain testing plots of “Crimean experimental station of horticulture”, where raspberry bushes were grown, from 2014 to 2017. Three varieties of raspberry (*Rubus idaeus* L.) of*

foreign selection ('Lachka' – early-ripening; 'Glen Ampl' – late-ripening; 'Polka' – everbearing type) served as the object of the research. The effect of three complexes of microbial preparations was studied: variant No. 1: "Phosphoenterin", "Diazophyte", "Aurill"; variant No. 2: "Phosphoenterin", "Diazophyte", "Biopolitsyde"; variant No. 3: "Phosphoenterin", "Diazophyte", "Biopolitsyde", "Azotobakterin". The roots of raspberry plants before planting were treated with a suspension of compositions of microbiological preparations in 1:100 dilutions and planted in the soil. Treatment of raspberry roots with water served as a control. Variety 'Lachka' was the most responsive to the treatment with the complexes of microbial preparations. Its yield after treatment with the CMP variant No. 1 was 1.5 times higher (926 grams per shoot) compared to control; morphological parameters such as height and diameter of the shoot reached 159 and 165 cm, respectively; number of berries per lateral reached 15 pieces; the average berry weight (5.4; 5.6 g) in variants 1 and 3 exceeded control by 14–20 %. Increase in the content of ascorbic acid (49.0; 52.8 mg %), sugars (7.2; 8.5 %), sugar-acid index (4.5; 5.0), as well as tasting evaluation (4.2; 4.4) exceeded control values by 42.6 mg %; 6.5 %; 4.1; 4.0 points, respectively, and showed the effectiveness of the complexes of microbial preparations use, especially variant 1 and 3. For variety 'Polka', there was a double increase in the shoots formation after using the third variant of a complex of microbial preparations compared to control (8 pcs per bush). 'Glen Ampl' variety, in the third variant, had the average berry weight (5.1 g) 1.4 times higher compared to control; its yield reached 734 g/shoot and exceeded the control indicators by 38 %.

**Keywords:** raspberry *Rubus idaeus* L., variety, berry weight, yield, biochemical composition, tasting evaluation, microbiological preparations.

Арифова Зера Ильмиевна, научный сотрудник лаборатории селекции и сортоизучения отделения «Крымская опытная станция садоводства» ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»; 297517, Россия, Республика Крым, Симферопольский р-н, с. Маленькое, ул. Школьная; e-mail: sadovodstvo.koss@mail.ru.

Arifova Zera Ilmievna, researcher of the laboratory of selection and variety testing of "Crimean experimental station of horticulture" (branch) of "The Labor Red Banner Order Nikita Botanical Gardens – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences"; Shkolnaya str., vill. Malenkoe, Simferopol distr., Republic of Crimea, 297517, Russia; e-mail: sadovodstvo.koss@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 27.11.2018.

Дата принятия к печати – 10.01.2019.



DOI 10.33952/2542-0720-2019-1-17-13-20

УДК 631.53.01:633.1:621.386.8

Архипов М. В.<sup>1,2</sup>, Прияткин Н. С.<sup>1</sup>, Гусакова Л. П.<sup>1</sup>, Лайшев К. А.<sup>2</sup>, Тюкалов Ю. А.<sup>2</sup>,  
Данилова Т. А.<sup>2</sup>

## НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОБЛЕМ ПРОИЗВОДСТВА ЗДОРОВОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ

<sup>1</sup>ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»;

<sup>2</sup>ФГБНУ «Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения»

**Реферат.** Цель исследований – оценить качество зерна с использованием неразрушающего метода микрофокусной рентгенографии. Эксперименты по изучению количественных и качественных характеристик скрытой дефектности партий продовольственного и фуражного зерна пшеницы, ржи, ячменя и кукурузы проводили в 2014–2016 гг. Для выявления различных типов скрытых дефектов зерен пшеницы (*Triticum L.*), ржи (*Secale L.*), ячменя (*Hordeum L.*) и кукурузы (*Zea L.*) (различная степень трещиноватости эндосперма, механические травмы и отсутствие зародыша, энзимомикозное истощение, поврежденность зерна вредителями, скрытое прорастание) использован метод микрофокусной рентгенографии (на установке ПРДУ-02) в сочетании с визуальной оценкой скрытых дефектов рентгенографических изображений зерен. Для сравнения данных скрытой дефектности образцов зерен использован критерий вычисления статистических характеристик выборки при исследовании качественных признаков. Определены типы скрытой дефектности в партиях образцов зерен пивоваренного ячменя: поврежденный зародыш в диапазоне от 3 до 39 %, трещиноватость эндосперма – от 31 до 79 %; энзимомикозное истощение – от 14 до 98 %. При помощи рентгенографического анализа партий зерна ржи, предназначенных для мукомольной промышленности, установлено, что наибольшее представительство имеет энзимомикозное истощение – его уровень находился в диапазоне от 13 до 40 %. В зерне продовольственной пшеницы выявлено наличие скрытой травмированности насекомыми и установлено, что данный показатель при хранении партии от одного до двух месяцев повысился от 17 до 46 %. Экспериментальные данные рентгенографической оценки партий фуражного зерна кукурузы и ячменя свидетельствуют, что доля дефектных зерен (трещиноватость эндосперма (кукуруза – 21 %, ячмень – 58 %) и энзимомикозное истощение (17 и 98 % соответственно)) достаточно велика.

**Ключевые слова:** пшеница (*Triticum L.*), рожь (*Secale L.*), ячмень (*Hordeum L.*), кукуруза (*Zea L.*), продовольственное зерно, фуражное зерно, сельскохозяйственное сырье, микрофокусная рентгенография, неразрушающий контроль, продовольственная безопасность.

### Введение

В настоящее время агротехнологии получения хозяйственно полноценного, здорового зерна разного целевого назначения можно классифицировать по четырем категориям: экстенсивные, нормальные, интенсивные, высокоинтенсивные (одной из модификаций которых является технология точного земледелия). Следует отметить, что в зависимости от почвенно-климатического и агресурсного потенциала вклад в получение высококачественного здорового зерна экогенных и техногенных факторов будет различный [1].

Проблема качества зерна, усовершенствование методов контроля и соответствующих агротехнологий продолжает оставаться актуальной и востребованной. До сих пор данные о причинах, вызывающих в производстве получение некачественного



зерна, остаются разрозненными. Это не дает возможность получить целостную картину научного обеспечения необходимых мероприятий для корректировки агротехнологий по производству сельскохозяйственного сырья требуемых кондиций [1, 2]. При этом следует понимать, что зарубежные технологии не адаптированы к российским почвенно-климатическим условиям и стрессовым факторам, влияющим на получение качественного зерна, особенно для зоны рискованного земледелия. Поэтому необходимо усовершенствовать именно отечественные агротехнологии для тех или иных регионов страны, а не модифицировать зарубежные.

Важно отметить, что в настоящее время значительная часть отечественного зернового рынка (до 50 %), являющегося основой производства здоровых продуктов питания и биологически полноценных кормов, находится под контролем иностранных компаний. Эти компании имеют доступ к неограниченным кредитным ресурсам международных финансовых институтов. В таких условиях отечественному зернопроизводителю противостоять иностранной экспансии на зерновом рынке без государственной поддержки чрезвычайно трудно. Наблюдаемое в последние годы фактическое устранение государства от контроля за качеством зерна (отмена госконтроля, регламентирующего качество зерна) привело к появлению на нашем зерновом рынке иностранных сюрвеерских организаций, не несущих ответственность перед населением России за продовольственную и пищевую безопасность. В результате значительная доля произведенного высококачественного зерна продается на внешнем рынке, а на его потребление на внутреннем рынке остается зерно гораздо более низкого качества, которое идет на производство муки, крупы, а также кормов для крупного рогатого скота и птицы.

Ситуация усугубляется и неудовлетворительным состоянием дел в секторе кратковременного хранения зерна. Для решения этих проблем необходимо, в частности, создать систему объективной и высокопроизводительной оценки качества зерна [1].

Так как показатель качества зерна зависит не только от традиционно выявляемых нарушений внешней структуры зерновки, но и от дефектов ее внутренней структуры, то одним из наиболее перспективных неразрушающих методов регистрации скрытых дефектов и аномалий является метод микрофокусной мягколучевой рентгенографии [3–6].

Научная поддержка производства здорового сельскохозяйственного сырья требует современных методов досмотра зерна и продуктов его переработки. Для этих целей необходимо обеспечить мониторинг качества продовольственного и фуражного зерна, производимого в различных регионах Северо-Запада РФ и пригодного для производства персонализированных продуктов питания и кормов, а также создание системы объективной и высокопроизводительной оценки качества зерна различного целевого назначения.

Решение обозначенных выше задач с использованием инновационных методов экспресс-досмотра массовых партий зерна [3–7] позволит обеспечить нашу зерноперерабатывающую промышленность здоровым сельскохозяйственным сырьем, высококачественными продуктами питания и кормами.

**Цель исследований** – оценить качество зерна с использованием неразрушающего метода микрофокусной рентгенографии.

В работе поставлены следующие задачи:

1. Выявить различные типы скрытых дефектов зерен пшеницы, ржи, ячменя и кукурузы.

2. Обосновать необходимость использования усовершенствованной рентгеновской аппаратуры для оперативного контроля качества зерна различного целевого назначения и, как следствие, дальнейшего обеспечения перерабатывающего комплекса высококачественным сельскохозяйственным сырьем.

### Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2014–2016 гг. Объекты – образцы партий зерен пивоваренного ячменя, зерна ржи, пшеницы, ячменя и кукурузы. Анализ скрытых дефектов осуществляли по утвержденной методике рентгеновского анализа семян в испытательной лаборатории по рентгенографии Агрофизического института [3–6]. Рентгенограммы зерен получали методом микрофокусной рентгенографии [3] на передвижной рентгенодиагностической установке ПРДУ-02 производства ЗАО «ЭЛТЕХ-Мед», г. Санкт-Петербург, Россия. Вычисление статистических характеристик выборки при исследовании качественных признаков проводили по Б. А. Доспехову [9].

### Результаты и их обсуждение

В настоящей работе представлены данные о суммарном количестве разных типов скрытых дефектов (рисунок 1) в партиях зерна различного целевого назначения (продовольственного и фуражного), имеющих, как было показано ранее [5–6], существенное биологическое и хозяйственное значение.

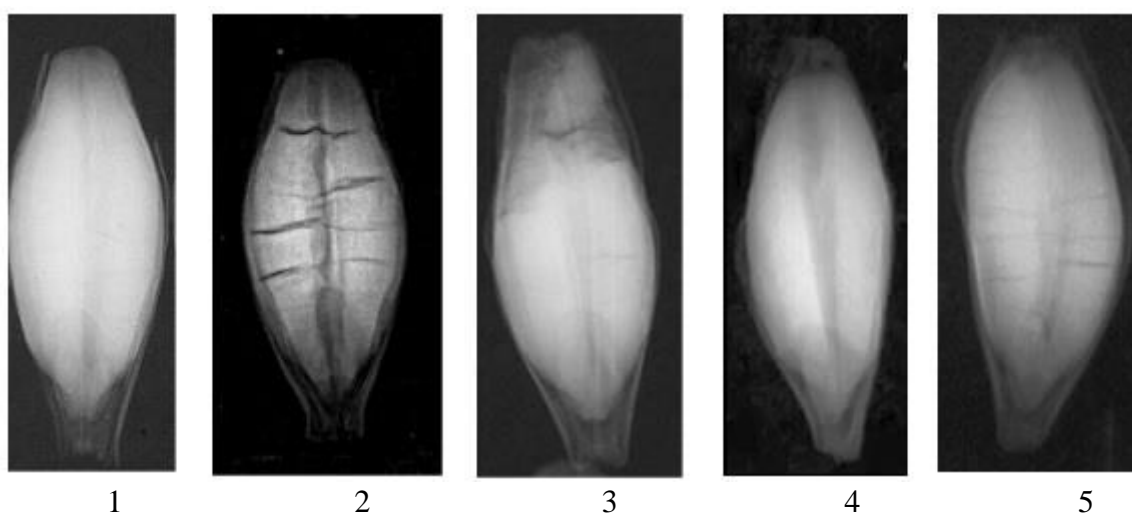


Рисунок 1 – Примеры цифровых рентгеновских изображений зерен ячменя

**Примечание.** 1. Зерновка без дефектов; 2. Зерновка с дефектом «скрытая трещиноватость»; 3. Зерновка с дефектом «энзимо-микозное истощение»; 4. Зерновка с поврежденным зародышем; 5. Зерновка с дефектом «скрытое прорастание».

Результаты оценки степени скрытой поврежденности различных партий пивоваренного ячменя с помощью метода мягколучевой рентгенографии представлены в таблице 1. Выявляемые рентгеновские признаки варьируют в исследуемых партиях в разных пределах.

Таблица 1 – Рентгенографический анализ зерна разных партий пивоваренного ячменя (Ростовская область, 2014 г.)

Номер партии	Количество зерен с различными дефектами, %			
	сильная трещиноватость	ЭМИС (энзимо-микозное истощение)	поврежденный зародыш	повреждение клопом <i>Eurygaster integriceps</i> (вредная черепашка)
1	31 ± 9	98 ± 3	9 ± 6	–
2	42 ± 10	50 ± 10	3 ± 3	–
3	79 ± 8	14 ± 7	27 ± 9	21 ± 8
4	58 ± 10	22 ± 8	13 ± 7	6 ± 5
5	33 ± 9	54 ± 10	39 ± 10	2 ± 3
6	51 ± 10	44 ± 10	25 ± 8	16 ± 7

Как видно из таблицы, наиболее высокие значения скрытой поврежденности для исследованных партий зерна выявлены по признакам «трещиноватость» и «ЭМИС» и составляют соответственно 79 и 98 %.

Поскольку при оценке качества пивоваренного ячменя важным показателем является его прорастаемость на пятые сутки, можно предположить, что выявленные для исследуемых образцов зерна рентгеновские признаки скрытой поврежденности приведут к снижению ростовых характеристик при прорастании зерна, следовательно, и к снижению их технологических характеристики при производстве солода.

Анализ различных типов рентгенографических признаков в партиях ржи, предназначенных для мукомольной промышленности (таблица 2), показал, что уровень ЭМИС достаточно высок и находится в пределах от 13 до 40 %. Согласно СанПин 2.3.2.1078-01 в пшеничной муке высшего сорта КМАФАНМ должно быть не более  $5 \times 10^3$  КОЕ/г, плесеней – не более 200 КОЕ/г, дрожжей – не более 100 КОЕ/г [10]. Повышенное количество микроорганизмов приводит к снижению качества муки [11].

**Таблица 2 – Рентгенографический анализ образцов различных партий зерна ржи (2016 г.)**

Образец, происхождение партии	Количество зерен с различными дефектами, %				
	ЭМИС	зародыш выбит полностью или частично	поражение зародыша грибной инфекцией	трещиноватость эндосперма	повреждение сосущими насекомыми
Ст. Балаково, Саратовская обл., «Невская мельница»	40 ± 10	23 ± 8	4 ± 4	–	–
Т/х. «Амур 25-14»	22 ± 8	4 ± 4	2 ± 3	5 ± 4	4 ± 4
Ст. Безенчук, Самарская обл.	29 ± 9	13 ± 7	4 ± 4	1 ± 2	–
Ст. Заинск, Респ. Татарстан	29 ± 9	2 ± 3	2 ± 3	10 ± 6	–
Ст. Змиевка, Орловская обл.	20 ± 8	7 ± 5	2 ± 3	–	8 ± 5
Т/х. «Сормовский 3056»	13 ± 7	1 ± 2	3 ± 3	–	4 ± 4

Данные о качестве партии зерна продовольственной пшеницы, заложенной на длительное хранение (таблица 3), показали, что исходно она имела высокий уровень скрытой поврежденности зерна насекомыми (17 %) (рисунок 2). Установлено, что спустя два месяца этот уровень существенно повысился (46 %). Полученные результаты дали основание соответствующим службам принять решение о необходимости оперативной замены этой партии и использовании ее для переработки.

**Таблица 3 – Рентгеновский анализ образцов зерна пшеницы (Лужский комбикормовый завод, 2015 г.)**

Вариант опыта	Поврежденность насекомыми, %	Скрытая трещиноватость, %
Пшеница продовольственная (отбор образца в мае)	17 ± 3	18 ± 3
Пшеница продовольственная (отбор образца в июле)	46 ± 5	20 ± 3

Данные рентгенографической оценки партий зерна кукурузы и ячменя, предназначенных для кормовых целей, представлены в таблице 4. В исследованных партиях продовольственного зерна доля фракций, имеющих признаки скрытой трещиноватости и ЭМИС, достаточно велика (рисунок 3). Наряду с этим оказалось, что партии зерна кукурузы характеризуются высоким содержанием зерен, имеющих скрытое прорастание. Эти результаты дали основание потребителям комбикормов заменить некондиционные комбикорма на более качественные.

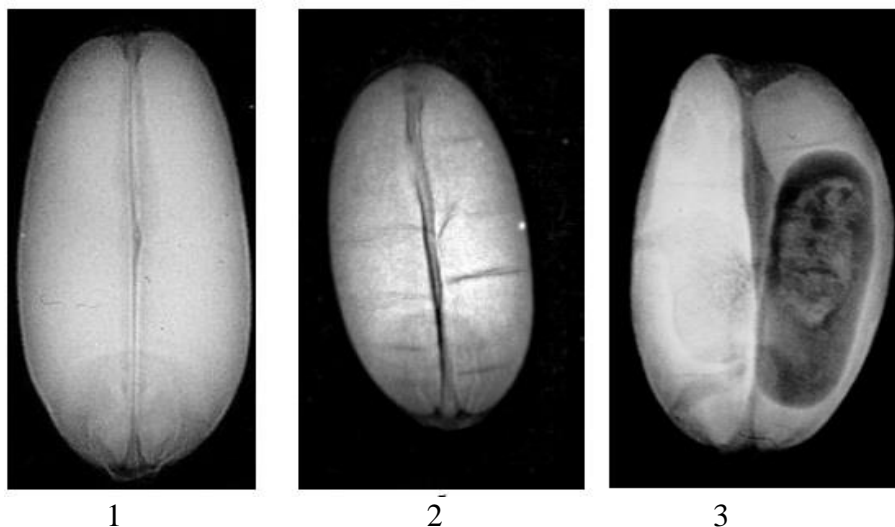


Рисунок 2 – Цифровые рентгеновские изображения зерен пшеницы

*Примечание.* 1. Зерновка без дефектов; 2. Зерновка с дефектом «скрытая трещиноватость»; 3. Зерновка со скрытой зараженностью насекомым.

Таблица 4 – Рентгенографический анализ скрытой травмированности партий зерна для кормовых целей (Краснодарский край, 2016 г.)

Вариант опыта	Количество зерен с различными дефектами, %		
	ЭМИС	сильная трещиноватость	скрытое прорастание
Кукуруза	17 ± 7	21 ± 8	29 ± 9
Ячмень	98 ± 3	58 ± 9	2 ± 3

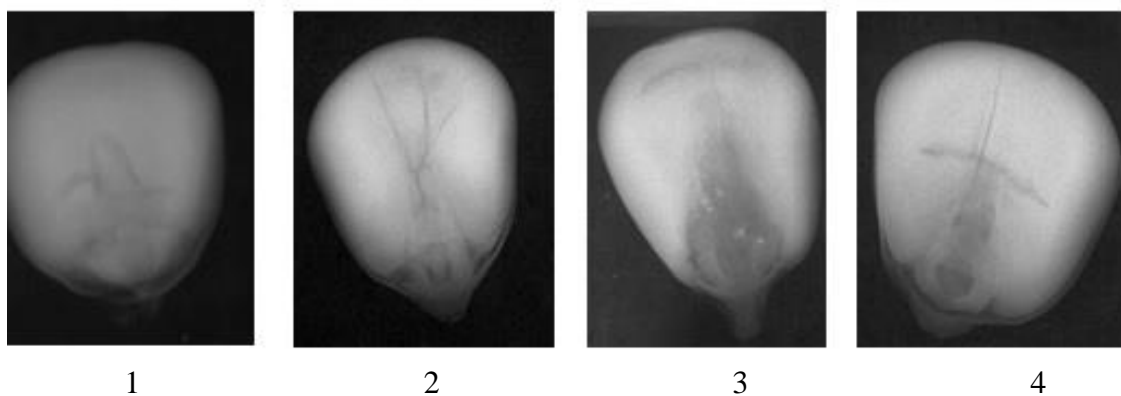


Рисунок 3 – Цифровые рентгеновские изображения зерен кукурузы

*Примечание.* 1. Зерновка без дефектов; 2. Зерновка с дефектом «скрытая трещиноватость»; 3. Зерновка с дефектом «энзимо-микозное истощение»; 4. Зерновка с дефектом «скрытое прорастание».

В заключение можно отметить, что полученные в работе результаты свидетельствуют о высокой эффективности рентгеновской технологии и возможности использования усовершенствованного метода рентгенографии для массового анализа пригодности партий зерна в соответствующих службах МСХ по контролю качества зерна (Россельхознадзор). Это позволит из проанализированных партий зерна, полученных в разных условиях, выделить наилучшие для обеспечения аграрного сектора страны высококачественным здоровым сельскохозяйственным сырьем.

### Выводы

Показано, что высокий уровень скрытой травмированности партий пивоваренного ячменя по различным рентгенографическим признакам (поврежденный зародыш, трещиноватость и ЭМИС) приводит к снижению качества пивоваренного ячменя. В соответствии с действующим ГОСТ 5060-86 способность зерна к прорастанию должна составлять не менее 95 и 90 % для пивоваренного ячменя первого и второго классов соответственно. Доля сорной примеси, к которой относят и испорченные (загнившие, заплесневевшие) зерна, должна составлять не более 1 и 2 % для пивоваренного ячменя первого и второго классов соответственно [12]. Проведение коррекции существующих технологий на основе рентгеновской оценки зерна позволит снизить уровень их скрытой дефектности и на этом основании получать для производства пивоваренный ячмень требуемых кондиций.

Анализ различных типов рентгенографических признаков в партиях ржи, предназначенных для мукомольной промышленности, показал достаточно высокий уровень ЭМИС. Использование таких некачественных партий продовольственного зерна при его переработке может привести к получению продукта, не отвечающего санитарно-гигиеническим требованиям.

С помощью рентгеновского анализа зерна продовольственной пшеницы выявлено наличие скрытой поврежденности насекомыми и показано, что его уровень при хранении партии от одного до двух месяцев повысился от 17 до 46 %. Это дало основание для ее оперативной внештатной замены. Согласно ГОСТ 9353 для заготовок и поставок пшеницы не допускаются партии зерна, имеющие зараженность вредителями, кроме зараженности клещом не выше второй степени [13].

В исследованных партиях зерна кукурузы и ячменя, предназначенных для кормовых целей, выявлена высокая доля фракций с признаками скрытой трещиноватости и ЭМИС, что послужило основанием для их внеплановой замены.

Использование усовершенствованной [5] (специальная пробоподготовка образцов зерен, подбор оптимальных режимов рентген-съемки, в том числе – получения цифровых рентгеновских изображений зерен) рентгеновской аппаратуры, а также возможность применения методов автоматического анализа рентгенограмм позволяет осуществлять оперативный контроль качества зерна различного целевого назначения, корректировать агротехнологии для минимизации показателя скрытой травмированности зерна и, в конечном итоге, получать качественное сельскохозяйственное сырье, в частности зерно.

### Литература

1. Якушев В. П., Михайленко И. М., Драгавцев В. А. Агротехнологические и селекционные резервы повышения урожая зерновых культур в России // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 5. С. 550–560.
2. Тарасенко А. П., Орбинский В. И., Гиевский А. М., Мерчалова М. Э., Чернышов А. В., Чернышов С. В., Миронов А. С., Сорокин Н. Н., Горбачев И. В., Шрейдер Ю. М. Совершенствование механизации производства семян зерновых культур. М.: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2014. 60 с.
3. Архипов М. В., Потрахов Н. Н. Микрофокусная рентгенография растений. СПб.: Технолит, 2008. 192 с.
4. Гусакова Л. П. Рентгенографический и цитофотометрический анализ жизнеспособности семян сельскохозяйственных культур Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. СПб.: Агрофизический научно-исследовательский институт, 1997. 20 с.
5. Архипов М. В., Гусакова Л. П., Великанов Л. П., Виличко А. К., Желудков А. Г., Алферов В. Б. Методика комплексной оценки биологической и хозяйственной пригодности семенного материала. СПб.: АФИ, 2013. 52 с.
6. Архипов М. В., Великанов Л. П., Желудков А. Г., Гусакова Л. П., Алферова Д. В., Потрахов Н. Н., Прияткин Н. С. Возможности биофизических методов агрофизике и растениеводстве // Биотехносфера. 2013. № 6 (30). С. 40–43.



7. Макрушин Н. М., Бабицкий Л. Ф., Клиценко О. А., Макрушина Е. М., Еськова О. Е., Клиценко Г. Г., Шабанов Р. Ю., Мищук С. А. Инновационные принципы оценки и отбора биологически ценного посевного материала // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (54). С. 371–376.
8. Методика анализа семян. М., 1995. С. 76.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.
10. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Дата введения: с 01.09.2002 г.
11. Малеева О. Л., Амбарцумян Л. И. Комплексная оценка качества пшеничной муки // Сфера услуг: инновации и качество. 2011. № 2. С. 19.
12. ГОСТ 5060-86. Ячмень пивоваренный. Технические условия (с Изменением № 1). М.: Стандартинформ, 2010. 6 с.
13. ГОСТ-2016. Пшеница. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2016. 15 с.

### References

1. Yakushev V. P., Mikhailenko I. M., Dragavtsev V. A. Reserves of agro-technologies and breeding for cereal yield increasing in the Russian Federation // Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology], 2015. Vol. 50. No. 5. P. 550–560.
2. Tarasenko A. P., Orobinsky V. I., Gievskiy A. M., Merkulova M. A., Chernyshov A. V., Chernyshov S. V., Mironov A. S., Sorokin N. N., Gorbachev I. V., Shreyder Yu. M. Improvement of mechanization of seed production of grain crops. Moscow: Russian research Institute of information and technical and economic research on engineering and technical support of agro-industrial complex. 2014. 60 p.
3. Arkhipov M. V., Potrakhov N. N. Microfocus x-ray of plants. Saint-Petersburg: Technolit, 2008. 192 p.
4. Gusakova L. P. X-ray and cytophotometric analysis of the viability of seeds of agricultural crops. Authors' abstract diss. ... Cand. Sc. (Biol.). Saint-Petersburg: Agrophysical Research Institute, 1997. 20 p.
5. Arkhipov M. V., Gusakova L. P., Velikanov L. P., Vilichko K. A., Zheludkov A. G., Alferov V. B. Technique of a complex estimation of biological and economic suitability of seed material. Saint-Petersburg: Agrophysical Research Institute. 2013. 52 p.
6. Arkhipov M. V., Velikanov L. P., Zheludkov A. G., Gusakova L. P., Alferova D. V., Potrakhov N. N., Priyatkin N. N. Possibilities of biophysical methods for agrophysics and plant growing // Biotekhnosfera. 2013. No. 6 (30). P. 40–43.
7. Makrushin N. M., Babitsky L. F., Klitsenko O. A. Makrushina E. M., Eskov O. E., Klitsenko G. G., Shabanov R. Yu., Mishchuk S. A. The innovative principles of evaluation and selection of biologically valuable seed // Proceedings of Kuban State Agrarian University. 2015. No. 3 (54). P. 371–376.
8. Methods of seed analysis. Moscow, 1995. P. 76.
9. Dospikhov B.A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
10. Sanitary Rules and Norms 2.3.2.1078-01. Hygienic requirements of safety and nutrition value of foodstuff. Date of Introduction: 01.09.2002.
11. Maleeva O. L., Ambartsumyan L. I. Complex estimation of quality of wheat flour // Services sector: innovations and quality. 2011. No. 2. P. 19.
12. GOST 5060-86. Barley for brewing. Specifications (No. 1 changed). Moscow: Standartinform, 2010. 6 p.
13. GOST-2016. Wheat. Specifications. Moscow: Standartinform, 2016. 15 p.

UDC 631.53.01:633.1:621.386.8

Arkhipov M. V., Priyatkin N. S., Gusakova L. P., Layshev K. A., Tyukalov Yu. A., Danilova T. A.

### SCIENTIFIC SUPPORT OF PRIMARY PRODUCTION OBJECTIVES OF HEALTHY AGRICULTURAL RAW MATERIALS

*Summary. The aim of the research was to assess grain quality using non-destructing microfocus X-ray technique. Experiments on studying the quantitative and qualitative characteristics of the hidden defects of food and forage grain batches of wheat, rye, barley, and corn were carried out from 2014 to 2016. Microfocus X-ray technique (based on the mobile X-ray diagnostic unit PRDU-02) combined with a visual assessment of hidden defects in X-ray images of seeds had been used to identify various types of hidden defects (various levels of endosperm fissuring, mechanical injuries and embryo absence, enzyme mycosis depletion, damage by pests (insects), internal germination) for wheat (*Triticum L.*), rye (*Secale L.*), barley (*Hordeum L.*), and corn (*Zea L.*). To compare the data of grain samples hidden deficiency, the criterion for calculating the statistical characteristics of the sample was used in the study of qualitative features. The revealed types of the hidden deficiency in sample lots of barley for brewing varied by types of damage: damaged embryo – from 3 to 39 %; endosperm fissuring*



– from 31 to 79 %; enzyme mycosis depletion – from 14 to 98 %. According to the X-ray analysis of the rye-grain lots intended for the flour-grinding industry, the most common damage was enzyme mycosis depletion; its level varied in the range of 13–40 %. The presence of the hidden damage by pests in wheat grain was also revealed; its level during batch storage from one to two months had increased from 17 to 46 %. The experimental data on the radiographic evaluation of forage corn and barley was also presented. It had been pointed that the proportion of defective grains by types of damage was quite high: endosperm fissuring (corn – 21 %, barley – 58 %) and enzyme mycosis depletion (17 and 98 %, respectively).

**Keywords:** wheat (*Triticum L.*), rye (*Secale L.*), barley (*Hordeum L.*), corn (*Zea L.*), food grain, forage grain, agricultural raw materials, x-ray radiography, non-destructive testing, food security.

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, ш. Подбельского, 7; e-mail: szcentr@bk.ru.

Прияткин Николай Сергеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий сектором, ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»; 195220, Россия, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14; e-mail: prini@mail.ru.

Гусакова Людмила Петровна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»; 195220, Россия, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14; e-mail: l-gusakova@mail.ru.

Лайшев Касим Анверович, доктор ветеринарных наук, член-корреспондент РАН, врио директора ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения»; 196608, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ш. Подбельского, 7; e-mail: szcentr@bk.ru.

Тюкалов Юрий Алексеевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения»; 196608, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ш. Подбельского, 7; e-mail: yuat@mail.ru.

Данилова Татьяна Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения»; 196608, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ш. Подбельского, 7; e-mail: yuat@mail.ru.

Arkhipov Mikhail Vadimovich, Dr. Sc. (Biol.), professor, chief researcher of the FSBSI “Agrophysical Research Institute”; 14, Grazhdanskiy ave., Saint-Petersburg, 195220, Russia; e-mail: prini@mail.ru; deputy director of the FSBSI “Northwestern Center for interdisciplinary research of the problems of food supply”; 7, Podbelskogo road, Pushkin, Saint-Petersburg, 196608, Russia; e-mail: szcentr@bk.ru.

Priyatkin Nikolay Sergeevich, Cand. Sc. (Tech.), senior researcher, head of the sector in the FSBSI “Agrophysical Research Institute”; 14, Grazhdanskiy ave., Saint-Petersburg, 195220, Russia; e-mail: prini@mail.ru.

Gusakova Lyudmila Petrovna, Cand. Sc. (Biol.), leading researcher of the FSBSI “Agrophysical Research Institute”, 14, Grazhdanskiy ave., Saint-Petersburg, 195220, Russia; e-mail: l-gusakova@mail.ru.

Layshev Kasim Anverovich, Dr. Sc. (Vet.), corresponding member of RAS, acting director of the FSBSI “Northwestern Center for interdisciplinary research of the problems of food supply”; 7, Podbelskogo road, Saint-Petersburg, Pushkin, 196608, Russia; e-mail: szcentr@bk.ru.

Tyukalov Yuriy Alekseevich, Cand. Sc. (Tech.), leading researcher of the FSBSI “Northwestern Center for interdisciplinary research of the problems of food supply”; 7, Podbelskogo road, Saint-Petersburg, Pushkin, 196608, Russia; e-mail: yuat@mail.ru.

Danilova Tatyana Alekseevna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the FSBSI “Northwestern Center for interdisciplinary research of the problems of food supply”; 7, Podbelskogo road, Saint-Petersburg, Pushkin, 196608, Russia; e-mail: yuat@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 15.06.2018.

Дата принятия к печати – 10.09.2018.

Асатурова А. М., Жевнова Н. А., Кремнева О. Ю.

**ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ЖЕЛТОЙ ПЯТНИСТОСТЬЮ ЛИСТЬЕВ ПШЕНИЦЫ**

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»

**Реферат.** Традиционные методы борьбы с желтой пятнистостью листьев пшеницы негативно воздействуют на окружающую среду. Поэтому необходимы альтернативные способы защиты растений, например, использование экологически безопасных биопрепаратов на основе микроорганизмов. Цель исследований – установление биологической эффективности лабораторных образцов биопрепаратов на основе *B. subtilis* в отношении желтой пятнистости листьев пшеницы на искусственном инфекционном фоне. Работа выполнена на базе ФГБНУ ВНИИБЗР в 2015 г. в условиях климатической камеры по опубликованной методике на озимой пшенице сорта Батько. Объект исследования – лабораторные образцы биопрепаратов *B. subtilis* BZR 336 g и *B. subtilis* BZR 517. Опыт заложен в двух вариантах – с применением предпосевной обработки семян и без нее для установления роли этого элемента в борьбе с болезнью. Установлено, что наиболее эффективное сдерживание проникновения и развития в растении патогена происходит при комбинировании обработки перед посевом и в период вегетации: биологическая эффективность – 22,4–38,8 % по числу пятен и 22,2–50,8 % по типу реакции. В вариантах без предпосевной обработки эффективность снижена: 21,5–43,8 % по количеству пятен, 3,1–45,1 % по типу реакции. Защитное действие биоагентов и химических стандартов направлено на сдерживание проникновения инфекции в растение, о чем свидетельствовали высокие показатели биологической эффективности по количеству пятен. При использовании предпосевной обработки максимально эффективным был *B. subtilis* BZR 336 g: 50,8 % по типу реакции, 38,4 % по количеству пятен. При обработке только вегетирующих растений *B. subtilis* BZR 517: 43,8 % по количеству пятен, 45,1 % по типу реакции. Защитное действие указанных лабораторных образцов направлено на сдерживание проникшей в растение инфекции. Максимальная эффективность отмечена при использовании химических стандартов.

**Ключевые слова:** *Pyrenophora tritici-repentis*, *Bacillus subtilis*, желтая пятнистость листьев пшеницы, биоконтроль.

**Введение**

Желтую пятнистость листьев, вызываемую грибом *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs. (анаморфа *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoemaker) относят к одной из наиболее вредоносных болезней злаковых культур. Она способна вызывать потери урожая до 65 %, что наносит серьезный ущерб странам с развитым зерновым хозяйством [1, 2].

Возбудитель болезни вызывает хлоротичные и некротичные пятна на листьях в результате производства хостселективных некроз- и хлороз-индуцирующих токсинов. По мере прогрессирования патогена пятна увеличиваются в размерах, сливаются, что значительно сокращает фотосинтетическую площадь листа и снижает продуктивность растений по критериям урожайности, выполненности, массы колоса и зерна [2–4].

Желтая пятнистость листьев является широко распространённым заболеванием мягких и твердых сортов пшеницы практически во всех странах мира. Есть сведения о широком распространении этой болезни в Канаде, Финляндии, Марокко, Иране, странах Балтийского региона и Румынии, Беларуси, Казахстане, и в ряде других стран ближнего и дальнего зарубежья [1, 2, 4–11].

В России желтая пятнистость листьев впервые зарегистрирована в 1985 г. в южных регионах и в настоящее время широко распространена в северо-западном направлении и достигла высокого уровня развития на некоторых сортах пшеницы [2, 12, 13]. В Северо-Кавказском регионе – лидере по возделыванию озимой пшеницы, желтая пятнистость листьев отмечена во всех агро-климатических зонах, причем на некоторых сортах пшеницы максимальное поражение достигает 50–60 % [1].

Предпосылкой широкого распространения желтой пятнистости листьев является минимизация почвенных обработок, способствующая сохранению псевдотелл на зимующих растительных остатках, возделывание неустойчивых сортов, создающее благоприятные условия для накопления инфекционного начала, увеличения численности популяций возбудителя и чрезмерное применение химических пестицидов, приводящее к возникновению устойчивых рас патогена, также высокая адаптивность и экологическая пластичность возбудителя болезни [7, 12, 13].

В настоящее время в борьбе с грибными болезнями растений, в частности с желтой пятнистостью листьев, отдается предпочтение химическим средствам защиты. Они обладают высокой эффективностью, но имеют ряд недостатков: способность подавлять развитие нецелевых организмов вследствие неизбирательности действия; загрязнять окружающую среду в результате не регламентированного использования; потенциальное наличие канцерогенного и тератогенного эффектов для теплокровных организмов. Также существует вероятность возникновения толерантных рас патогенов при длительном систематическом использовании, что в свою очередь ведет к нежелательному увеличению нормы применения и снижению рентабельности производства [14, 15].

Активно развивающаяся тенденция экологизации земледелия предусматривает альтернативные способы борьбы с фитопатогенами. Одним из экологически безопасных методов контроля болезней растений грибной этиологии является использование PGPR (*Plant Growth-Promoting Rhizobacteria*) микроорганизмов, способных оказывать положительное влияние на рост и развитие растений. Эта группа микроорганизмов включает в себя представителей различных видов и родов (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Candida*, *Trichoderma*, *Streptomyces*, и др.), объединенных способностью индуцировать системную устойчивость растений, стимулировать их рост и повышать фунгистатический потенциал почвы. Растения, в свою очередь, продуцируют питательные для определенных групп микроорганизмов экссудаты, чем создают избирательную среду в ризосфере. При успешной колонизации перспективными микроорганизмами фило- и ризосферы и сохранении их жизнеспособности продолжительный период времени будет обеспечиваться подавление развития фитопатогенных грибов [14, 15].

Наиболее перспективными агентами биоконтроля патогенных грибов считаются бактерии рода *Bacillus*, о чем свидетельствуют созданные на их основе коммерческие биологические препараты для защиты растений: «Фитоспорин-М», Ж (*B. subtilis* 26 Д), «Алирин-Б», Ж (*B. subtilis* В-10 ВИЗР), «Гамаир», СП/ТАБ/КС (*B. subtilis* Ч-13); «Витаплан», СП (*B. subtilis* ВКМ-В-2604Д и *B. subtilis* ВКМ-В-2605Д); «БисолбиСан», Ж (*B. subtilis* Ч-13); «Бактофит», СП (*B. subtilis* ИПМ 215) [16, 17].

Исследования современных зарубежных и российских ученых в системах *in vitro* и *in planta* демонстрируют перспективность применения биоагентов для борьбы с грибами рода *Pyrenophora* на зерновых культурах. Однако, таких исследований за последние семь лет проведено крайне мало.

Так, Larran S. S. с соавторами удалось выделить из растений пшеницы ряд эндофитных штаммов (*Bacillus* sp., *Cladosporium herbarum*, *Epicoccum nigrum*, *Paecilomyces lilacinus*, *Rhodotorula rubra*, *Trichoderma hamatum* и др.) проявивших

себя в качестве агентов биоконтроля *P. tritici-repentis*. Они в значительной степени сдерживали рост фитопатогена, уменьшали диаметр его колоний, процент прорастания спор *in vitro* и снижали развитие болезни в условиях теплицы. Одним из наиболее перспективных биоагентов признан *Bacillus* sp. [18].

Adam A. с соавторами исследовали эффективность штаммов *Pseudomonas putida* ВТР1, *B. subtilis* Bs2500, Bs2504 и Bs2508 в подавлении развития *Pyrenophora graminea* на нескольких сортах ячменя, различающихся по степени устойчивости к данному патогену. Исследователями отмечено снижение поражаемости растений до 66 % в системе *in planta* [19].

Кремнева О. Ю. с соавторами изучали способность шести перспективных штаммов бактерий рода *Bacillus*, прошедших предварительный отбор методом двойных культур *in vitro* [20], снижать развитие *P. tritici-repentis* на озимой пшенице восприимчивого сорта Батько на искусственном инфекционном фоне в условиях теплицы. Исследователям удалось достигнуть биологической эффективности от 51,5 до 58,3 % в большинстве вариантов опыта [12].

Следует отметить, что в настоящее время микробиологических биопрепаратов для защиты пшеницы от желтой пятнистости листьев в РФ не зарегистрировано. Однако, в научной литературе есть упоминания об использовании нецелевых биопрепаратов для снижения развития грибов рода *Pyrenophora* на зерновых культурах. Так, была отмечена биологическая эффективность «Планриза», Ж (*P. fluorescens* AD-33) на уровне 82 %, «Псевдобактерина-2» (*P. aureofaciens*, штамм BS 1393) на уровне 84 % и «Бактофита», СК (*B. subtilis* ИПМ 215) – 70 % в отношении сетчатой пятнистости ячменя [12]. Поэтому поиск новых микроорганизмов, эффективных в отношении желтой пятнистости листьев пшеницы и перспективных в качестве основы для создания биопрепаратов, остается актуальной задачей.

**Цель исследований** – установление биологической эффективности лабораторных образцов биопрепаратов на основе штаммов *B. subtilis* в отношении желтой пятнистости листьев пшеницы на искусственном инфекционном фоне заражения *P. tritici-repentis* для разработки методов биологического контроля данного патогена.

#### **Материалы и методы исследований**

Исследования проведены в 2015 г. Объекты исследования – созданные на основе перспективных штаммов лабораторные образцы биопрепаратов *Bacillus subtilis* BZR 336 g (патент РФ № 2553518) и *Bacillus subtilis* BZR 517 (патент РФ № 2552146, патент РФ № 2621356) из рабочей коллекции лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ ВНИИБЗР [24–26]. Штаммы прошли токсиколого-гигиеническую экспертизу в ФГБУН «Центр токсикологии и гигиенической регламентации биопрепаратов» (г. Серпухов), доказавшую их безопасность для теплокровных животных по показателям вирулентности, диссеминации, токсичности и токсигенности, а также процедуру депонирования под номерами RCAM01729 и RCAM01728 в Ведомственной коллекции полезных микроорганизмов сельскохозяйственного назначения ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии» (г. Санкт-Петербург).

В качестве тест-культуры фитопатогенного гриба для создания искусственного инфекционного фона использовали чистую культуру *P. tritici-repentis* (Died.) Drechsler из рабочей коллекции лаборатории иммунитета зерновых культур к грибным болезням ФГБНУ ВНИИБЗР. В работе использовали мягкую озимую пшеницу сорта Батько, обработанную лабораторными образцами биопрепаратов по следующей схеме: 1) обработка только перед посевом, 2) обработка только вегетирующих растений. В работе использованы лабораторные образцы на основе монокультуры и смеси



лабораторных образцов. Нормы применения для предпосевной обработки *B. subtilis* BZR 336 g и *B. subtilis* BZR 517 составили 3 л/т и 2 л/т, расход рабочего раствора – 10 л/т. В составе смеси для обработки семян нормы применения составили 3 + 2 л/т, 2 + 1 л/т и 1 + 1 л/т. Для обработки вегетирующих растений нормы применения лабораторных образцов составили 3 л/га и 2 л/га, расход рабочей жидкости – 300 л/га. В составе смеси для обработки по вегетации нормы применения составили 3 + 2; 2 + 1; и 1 + 1 л/га.

Лабораторные образцы биопрепаратов получены на основе штаммов *B. subtilis* BZR 336 g и *B. subtilis* BZR 517, выращенных на оригинальных оптимизированных питательных средах в инкубаторах-шейкерах New Brunswick Scientific Excella E25 (США) (180 об./мин) при оптимальных, экспериментально подобранных значениях температуры, рН и продолжительности культивирования [21]. Количество колониеобразующих единиц (КОЕ) в каждом лабораторном образце определяли методом последовательных разведений Коха [22].

Биологическую эффективность лабораторных образцов биопрепаратов определяли в условиях камеры непрерывного роста растений Binder KWWF 720 (Германия) на фоне искусственного заражения *P. tritici-repentis*. Для этого использовали две партии семян озимой пшеницы сорта Батько – предварительно обработанные лабораторными образцами биопрепаратов и не подвергавшиеся предпосевной обработке. Семена в количестве 30 штук (объем выборки 90 шт.) высаживали в ламинированные стаканы с песком и проращивали в климатической камере при 25 °С, освещенности 5000 люкс, и влажности 40 % до фазы двух листьев. Затем с листьев аккуратно снимали восковой налет и обрабатывали с помощью пульверизатора водно-конидиальной суспензией гриба *P. tritici-repentis*, после чего осуществляли культивацию в течение 16 часов при 100 % влажности, 20 °С без доступа света [12].

Для водно-конидиальной суспензии использовали чистую культуру споросодержащего гриба *P. tritici-repentis* возрастом 10 суток на твердой питательной среде. Мицелий гриба счищали и разводили в небольшом количестве воды. Полученную суспензию фильтровали до однородного состава, после чего с помощью камеры Горяева определяли количество конидий в капле известного объема. Согласно опубликованной методике, оптимальная концентрация спор составила  $3-5 \times 10^3$  спор/мл, инфекционная нагрузка – 50 мл/м<sup>2</sup> [23].

После инокуляции растения продолжили культивировать в климатической камере при 25 °С, освещенности 14200 люкс, и влажности 40 % в течение пяти дней, осуществляя полив по мере необходимости. Обработку вегетирующих растений лабораторными образцами биопрепаратов проводили дважды – на третий день после посева семян и спустя три дня после инокуляции растений. В качестве химического стандарта для обработки семян использовали «Раксил», КС (тебуконазол), для обработки вегетирующих растений – «Альто Супер», КС (пропиконазол, ципроконазол) в регламентированных концентрациях. Биологический стандарт не применяли в данном исследовании, так как биопрепаратов против желтой пятнистости листьев пшеницы в РФ не зарегистрировано. В контрольных вариантах семена и растения обработаны дистиллированной водой. Спустя пять дней осуществляли учёт зараженных растений по пятибалльной шкале [23]. Отмечали количество характерных для желтой пятнистости пятен на каждом листе и определяли тип реакции каждого пятна по шкале (таблица 1).

Биологическую эффективность рассчитывали по количеству пятен и по типу реакции с помощью формулы Эббота [23].

Статистическую обработку данных проводили с применением критерия Дункана многофакторного дисперсионного анализа с помощью пакета программ STATISTICA 13.2 (StatSoft Russia).

**Таблица 1 – Шкала учета для определения степени поражения желтой пятнистостью листьев пшеницы**

Симптом поражения	Тип реакции, балл
Симптомы отсутствуют.	0
Мелкие (до 0,5 мм) темно-коричневые пятна. Хлорозов нет или они небольшие.	1
Темно-коричневые пятна до 1 мм. Могут быть хлорозы.	2
Мелкие пятна (1-2мм) от бледных до темно-коричневых, часто в желтом ореоле.	3
Большие (3 мм) коричневые пятна, обычно с темно-коричневым центром. В основном окружены значительными хлорозами от 2 до 3 мм.	4
Большие (3–5 мм) некрозы с темно-коричневым центром, сильное пожелтение окружающих тканей. Пятна соединяются, что приводит к гибели всего листа или его части.	5

### Результаты и их обсуждение

Хотя желтая пятнистость листьев пшеницы является аэрогенной инфекцией, в задачу исследований входило определение роли предпосевной обработки семян в борьбе с болезнью. Именно поэтому опыт заложили одновременно в двух вариантах: с использованием предпосевной обработки семян и без нее. При этом для оценки способности биоагента сдерживать проникновение патогена в растение, биологическую эффективность рассчитывали по количеству пятен, а для установления возможности сдерживать развитие инфекции уже проникшей в растительную ткань, биологическую эффективность определяли по типу реакции (таблица 2, 3).

**Таблица 2 – Биологическая эффективность лабораторных образцов биопрепаратов на фоне искусственного заражения *P. tritici-repentis* озимой пшеницы сорта Батько с предпосевной обработкой семян и вегетирующих растений (2015 г.)**

Вариант опыта, норма применения, л/т	Количество пятен, шт.	Тип реакции, балл	Биологическая эффективность, %	
			по количеству пятен	по типу реакции
Контроль (обработка семян и растений водой)	2,37 <sup>b</sup>	1,85 <sup>be</sup>	—	—
Химический стандарт («Раксил», КС – предпосевная обработка семян; «Альто Супер», КС – обработка вегетирующих растений)	0,44 <sup>c</sup>	0,63 <sup>ab</sup>	81,4	65,9
<i>B. subtilis</i> BZR 336 g, 3	1,48 <sup>a</sup>	0,91 <sup>cd</sup>	38,4	50,8
<i>B. subtilis</i> BZR 517, 2	1,63 <sup>ab</sup>	1,48 <sup>ab</sup>	31,2	20,0
<i>B. subtilis</i> BZR 336 g + <i>B. subtilis</i> BZR 517, 3+2	1,84 <sup>ab</sup>	1,44 <sup>ab</sup>	22,4	22,2
<i>B. subtilis</i> BZR 336 g + <i>B. subtilis</i> BZR 517, 2+1	1,45 <sup>a</sup>	1,22 <sup>a</sup>	38,8	34,1
<i>B. subtilis</i> BZR 336 g + <i>B. subtilis</i> BZR 517, 1+1	3,24 <sup>d</sup>	2,04 <sup>e</sup>	0	0

**Примечание.** Между вариантами, обозначенными одинаковыми буквами, при сравнении в пределах столбцов нет статистически достоверных различий по критерию Дункана при 95 % уровне вероятности,  $0,05 > p > 0,05$ .

В вариантах с предпосевной обработкой семян лабораторными образцами биопрепаратов биологическая эффективность составила от 22,4 до 38,8 % по числу пятен и от 22,2 до 50,8 % по типу реакции. При этом высокое фунгипротекторное действие продемонстрировал *B. subtilis* BZR 336 g – 50,8 % по типу реакции и 38,4 % по количеству пятен. Защитное действие этого штамма направлено преимущественно на сдерживание уже проникшей в растение инфекции, о чем свидетельствовало повышение биологической эффективности по типу реакции. Среди смесевых вариантов высокую эффективность отметили при соотношении лабораторных образцов с нормами применения 2 + 1 л/т – 38,8 % по количеству пятен и 34,1 % по типу реакции. Максимально эффективным в данном варианте опыта выступил химический стандарт («Раксил», КС/«Альто Супер», КС) – 81,4 % по количеству пятен и 65,9 % по типу реакции (см. таблицу 2).



Установлено, что в вариантах, где предпосевная обработка не использована, биологическая эффективность значительно ниже по двум параметрам: 21,5–43,8 % по количеству пятен и 3,1–45,1 % по типу реакции. При этом наиболее эффективным лабораторным образцом в данном случае выступил *B. subtilis* BZR 517: 43,8 % по количеству пятен и 45,1 % – по типу реакции. Судя по повышению биологической эффективности по типу реакции, его защитное действие также направлено преимущественно на сдерживание инфекции, уже проникшей в растительную ткань. Среди смесевых вариантов высокая эффективность также отмечена при соотношении норм применения 2 + 1 л/га – 38,8 % по количеству пятен и 34,1 % по типу реакции. В вариантах без предпосевной обработки максимальная эффективность отмечена при использовании химического стандарта «Альто Супер», КС – 29,1 % по количеству пятен и 18,4 % по типу реакции (таблица 3).

**Таблица 3 – Биологическая эффективность лабораторных образцов биопрепаратов на фоне искусственного заражения *P. tritici-repentis* озимой пшеницы сорта Батько с обработкой только вегетирующих растений**

Вариант опыта, норма применения, л/т	Количество пятен, шт.	Тип реакции, балл	Биологическая эффективность, %	
			по количеству пятен	по типу реакции
Контроль (обработка семян и растений водой)	5,25 <sup>b</sup>	2,55 <sup>ac</sup>	–	–
Химический стандарт («Альто Супер», КС – обработка вегетирующих растений)	1,40 <sup>c</sup>	1,03 <sup>b</sup>	73,3	59,6
<i>B. subtilis</i> BZR 336 g, 3	3,76 <sup>a</sup>	2,22 <sup>a</sup>	28,4	12,9
<i>B. subtilis</i> BZR 517, 2	2,95 <sup>a</sup>	1,40 <sup>b</sup>	43,8	45,1
<i>B. subtilis</i> BZR 336 g + <i>B. subtilis</i> BZR 517, 3 + 2	4,12 <sup>ab</sup>	2,47 <sup>a</sup>	21,5	3,1
<i>B. subtilis</i> BZR 336 g + <i>B. subtilis</i> BZR 517, 2 + 1	3,72 <sup>a</sup>	2,08 <sup>a</sup>	29,1	18,4
<i>B. subtilis</i> BZR 336 g + <i>B. subtilis</i> BZR 517, 1 + 1	7,16 <sup>d</sup>	3,08 <sup>c</sup>	0	0

**Примечание.** Между вариантами, обозначенными одинаковыми буквами, при сравнении в пределах столбцов нет статистически достоверных различий по критерию Дункана при 95 % уровне вероятности,  $0,05 > p > 0,05$ .

Анализируя таблицы 1 и 2, можно заключить, что в борьбе с желтой пятнистостью листьев пшеницы предпосевная обработка семян является необходимым элементом, о чем говорит повышение биологической эффективности по критериям количества пятен и типа реакции при обработке семян лабораторными образцами биопрепаратов. Однако, для подтверждения установленной закономерности необходимо проведение аналогичных исследований в условиях поля.

Следует отметить, что независимо от способа обработки растений, защитное действие и биоагентов, и химических стандартов направлено на сдерживание проникновения *P. tritici-repentis* в растение, о чем свидетельствовали более высокие показатели биологической эффективности по количеству пятен, чем по типу реакции в вариантах с применением предпосевной обработки семян и без нее. Исключение составили лабораторные образцы, демонстрировавшие максимальное защитное действие: *B. subtilis* BZR 336 g при использовании обработки перед посевом и по вегетации, *B. subtilis* BZR 517 при обработке только вегетирующих растений.

По данным таблиц 1 и 2 среди вариантов на основе смеси двух штаммов наиболее эффективным выступило соотношение норм применения 2 + 1 л/т (л/га) при использовании предпосевной обработки и без нее.

Соотношение норм применения 3 + 2 л/т (л/га) демонстрировало средний результат, а смесь штаммов с равными нормами применения не показала эффективность в данном опыте. Вероятно, в данном случае может иметь место конкуренция между штаммами в составе общей смеси.

### Выводы

В результате исследования биологической эффективности лабораторных образцов *B. subtilis* BZR 336 g и *B. subtilis* BZR 517 на искусственном инфекционном фоне в отношении *P. tritici-repentis* выявлено, что наиболее эффективное сдерживание проникновения и развития в растении патогена происходит при комбинировании обработки семян перед посевом и в период вегетации: биологическая эффективность составляла от 22,4 до 38,8 % по числу пятен и от 22,2 до 50,8 % по типу реакции. В вариантах без предпосевной обработки эффективность снижена: 21,5–43,8 % по количеству пятен и 3,1–45,1 % по типу реакции. При этом максимальная эффективность при использовании предпосевной обработки и без нее отмечена при использовании химических стандартов.

Обнаружено, что защитное действие и биоагентов, и химических стандартов направлено на сдерживание проникновения инфекции в растение, о чем свидетельствовали более высокие показатели биологической эффективности по количеству пятен.

Установлено, что при использовании предпосевной обработки максимально эффективен лабораторный образец *B. subtilis* BZR 336 g: 50,8 % по типу реакции и 38,4 % по количеству пятен. При обработке только вегетирующих растений – *B. subtilis* BZR 517: 43,8 % по количеству пятен и 45,1 % по типу реакции. Причем защитное действие указанных лабораторных образцов, в отличие от других вариантов опыта, направлено преимущественно на сдерживание уже проникшей в растение инфекции.

Наиболее эффективной смесью лабораторных образцов биопрепаратов оказалось соотношение норм применения 2 + 1 л/т (л/га) как в вариантах с применением предпосевной обработки, так и без нее.

*Исследования выполнены согласно Государственного задания № 075-00376-19-00 Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № 0686-2019-0013.*

### Литература

1. Кремнева О. Ю., Астапчук И. Л., Волкова Г. В. Структура популяции возбудителя желтой пятнистости пшеницы (*Pyrenophora tritici-repentis*) по вирулентности и расовому составу на Юге России в 2014 г. // Наука Кубани. 2016. № 1. С. 37–42.
2. Михайлова Л. А., Мироненко Н. В., Коваленко Н. М. Популяции *Pyrenophora tritici-repentis* на Северном Кавказе и Северо-Западе России: расовый состав и динамика вирулентности // Микология и фитопатология. 2014. № 6. С. 393–400.
3. Betts M. F., Manninga V. A., Cardwella K. B., Pandelovaa I., Ciuffetti L. M. The importance of the N-terminus for activity of Ptr ToxB, a chlorosis-inducing host-selective toxin produced by *Pyrenophora tritici-repentis* // Physiological and molecular plant pathology. 2011. No. 4. P. 138–145. doi.org/10.1016/j.pmp.2011.03.002.
4. Kokhmetova A., Madenova A., Kampitova G., Urazaliev R., Yessimbekova M., Morgounov A., Purnhauser L. Identification of leaf rust resistance genes in wheat cultivars produced in Kazakhstan // Cereal research communications. 2016. No. 2. P. 240–250. DOI: 10.1556/0806.43.2015.056.
5. Aboukhaddour R., Strelkov S. E., Turkington T. K. Race structure of *Pyrenophora tritici-repentis* (tan spot of wheat) in Alberta, Canada // Canadian journal of plant pathology. 2013. No. 2. Vol. 35. P. 256–268. DOI: 10.1080/07060661.2013.782470.
6. Jalli M., Laitinen P., Latvala S. The emergence of cereal fungal diseases and the incidence of leaf spot diseases in Finland // Agricultural and food science. 2011. No. 1. Vol. 20. P. 62–73. DOI: 10.2137/145960611795163015.
7. Gamba F. M., Bassi F. M., Finckh M. R. Race structure of *Pyrenophora tritici-repentis* in Morocco // Phytopathologia mediterranea. 2017. No. 1. Vol. 56. P. 119–126. DOI: 10.14601/Phytopathol\_Mediterr-18830.
8. Momeni H., Javan-Nikkah M., Naghavi M. R., Aboukhaddour R., Akhavan A., Strelkov S. E., Razavi M. Race identification of *Pyrenophora tritici-repentis* in Iran // Journal of plant pathology. 2014. No. 2. P. 287–294. DOI: 10.4454/JPP.V96I2.036.
9. Abdullah S., Sehgal S. K., Ali S., Kaur N., Liatukas Z., Ittu M. Characterization of *Pyrenophora tritici-repentis* (tan spot of wheat) races in Baltic states and Romania // Plant pathology journal. 2017. No. 2. P. 133–139. DOI: 10.5423/PPJ.OA.10.2016.0214.

10. Подорский М. В., Шашко Ю. К., Шашко М. Н. Желтая пятнистость пшеницы *Pyrenophora tritici-repentis* в Беларуси: идентификация, выделение, культивирование на искусственных питательных средах // Земледелие и селекция в Беларуси. 2016. № 52. С. 119–124.
11. Койшибаев М. Распространение и развитие желтой пятнистости пшеницы в Казахстане // Микология и фитопатология. 2011. № 2. С. 177–186. DOI: 10.1080/07060661.2013.782470.
12. Кремнева О. Ю., Асатунова А. М., Жарникова М. Д., Волкова Г. В. Штаммы бактерий-антагонистов *Pyrenophora tritici-repentis in vitro*, эффективные против желтой пятнистости листьев пшеницы в фазу всходов в вегетационном опыте // Сельскохозяйственная биология. 2015. № 1. Т. 50. С. 99–106. DOI:10.15389/agrobiology.2015.1.99rus.
13. Михайлова Л. А., Коваленко Н. М., Мироненко Н. В., Россеева Л. П. Популяции *Pyrenophora tritici-repentis* на территории России // Микология и фитопатология. 2015. № 4. С. 257–261.
14. Азизбекян Р. Р. Использование спорообразующих бактерий в качестве биологических средств защиты растений // Биотехнология. 2013. № 1. С. 69–77.
15. Maksimov I. V., Maksimova T. I., Sarvarova E. R., Blagova D. K., Popov V. O. Endophytic bacteria as effective agents of new generation biopesticides (review) // Applied biochemistry and microbiology. 2018. No. 2. Vol. 54. P. 134–148. DOI: 10.1134/S0003683818020072.
16. Штерншис М. В. Тенденции развития биотехнологии микробных средств защиты растений в России // Вестник Томского государственного университета. Серия «Биология». 2012. № 2 (18). С. 92–100.
17. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.agroxxi.ru/goshandbook> (дата обращения 21.01.2019).
18. Larran S. S., Simon M. R., Moreno M. V., Santamarina Siuranae M. P., Perello A. Endophytes from wheat as biocontrol agents against tan spot disease // Biological control. 2016. Vol. 92. P. 17–23. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2015.09.002.
19. Adam A., Arabi M. I. E., Idris I., Al-Shehadah E. Effect of several rhizobacteria strains on barley resistance against *Pyrenophora graminea* under field conditions // Hellenic plant protection journal. 2017. No. 10. P. 35–45. DOI: 10.1515/hppj-2017-0004.
20. Кремнева О. Ю., Асатунова А. М., Волкова Г. В. Отбор штаммов бактерий, проявляющих антагонизм в отношении возбудителя желтой пятнистости листьев пшеницы // Биотехнология. 2013. № 5. С. 54–59.
21. Асатунова А. М., Хомяк А. И., Томашевич Н. С., Жарникова М. Д., Жевнова Н. А., Дубяга В. М., Козицын А. Е. Физиологические признаки бактерий рода *Bacillus* – перспективных продуцентов биофунгицидов // Наука Кубани. 2014. № 1. Р. 12–15.
22. Нетрусов Ф. И., Егорова М. А., Захарчук Л. М. Практикум по микробиологии. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.
23. Волкова Г. В., Кремнева О. Ю., Андропова А. Е., Надыкта В. Д. Желтая пятнистость листьев пшеницы (возбудитель *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler). Монография. М.: АМА-ИРЕСС, 2012. 282 с.
24. Патент РФ № 2553518. Штамм бактерий *Bacillus subtilis* для получения биопрепарата против фитопатогенных грибов / Асатунова А. М., Дубяга В. М.; заявитель и патентообладатель – Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений Российской академии сельскохозяйственных наук». 20.05.2015.
25. Патент РФ № 2552146. Штамм бактерий *Bacillus subtilis* BZR 517 для получения биопрепарата против фитопатогенных грибов / Асатунова А. М., Дубяга В. М.; заявитель и патентообладатель – Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений Российской академии сельскохозяйственных наук». 29.04.2015.
26. Патент РФ № 2621356. Биофунгицид для защиты сельскохозяйственных культур от болезней и повышения урожайности / Асатунова А. М., Томашевич Н. С., Жевнова Н. А., Хомяк А. И., Дубяга В. М., Павлова М. Д., Козицын А. Е., Сидорова Т. М.; заявитель и патентообладатель – Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений Российской академии сельскохозяйственных наук». 02.06.2017.

## References

1. Kremneva O. Yu., Astapchuk I. L., Volkova G. V. Population structure of the agent of tan spot of wheat (*Pyrenophora tritici-repentis*): virulence and race composition in the south of Russia in 2014 // Science of Kuban. 2016. No. 1. P. 37–42.
2. Mikhailova L. A., Mironenko N. V., Kovalenko N. M. Populations of *Pyrenophora tritici-repentis* in the North Caucasus and North-West Russia: the racial composition and dynamics of virulence // Mycology and Phytopathology. 2014. No. 6. P. 393–400.
3. Betts M. F., Manning V. A., Cardwell K. B., Pandelova I., Ciuffetti L. M. The importance of the N-terminus for activity of Ptr ToxB, a chlorosis-inducing host-selective toxin produced by *Pyrenophora tritici-repentis* // Physiological and molecular plant pathology. 2011. No. 4. P. 138–145. DOI: 10.1016/J.PMPP.2011.03.002.

4. Kokhmetova A., Madenova A., Kampitova G., Urazaliev R., Yessimbekova M., Morgounov A., Purnhauser L. Identification of leaf rust resistance genes in wheat cultivars produced in Kazakhstan // Cereal research communications. 2016. No. 2. P. 240–250. DOI: 10.1556/0806.43.2015.056.
5. Aboukhaddour R., Strelkov S. E., Turkington T. K. Race structure of *Pyrenophora tritici-repentis* (tan spot of wheat) in Alberta, Canada // Canadian journal of plant pathology. 2013. No. 2. Vol. 35. P. 256–268. DOI: 10.1080/07060661.2013.782470.
6. Jalli M., Laitinen P., Latvala S. The emergence of cereal fungal diseases and the incidence of leaf spot diseases in Finland // Agricultural and food science. 2011. No. 1. Vol. 20. P. 62–73. DOI: 10.2137/145960611795163015.
7. Gamba F. M., Bassi F. M., Finckh M. R. Race structure of *Pyrenophora tritici-repentis* in Morocco // Phytopathologia mediterranea. 2017. No. 1. Vol. 56. P. 119–126. DOI: 10.14601/Phytopathol\_Mediterr-18830.
8. Momeni H., Javan-Nikkhah M., Naghavi M. R., Aboukhaddour R., Akhavan A., Strelkov S. E., Razavi M. Race identification of *Pyrenophora tritici-repentis* in Iran // Journal of plant pathology. 2014. No. 2. P. 287–294. DOI: 10.4454/JPP.V96I2.036.
9. Abdullah S., Sehgal S. K., Ali S., Kaur N., Liatukas Z., Ittu M. Characterization of *Pyrenophora tritici-repentis* (tan spot of wheat) races in Baltic states and Romania // Plant pathology journal. 2017. No. 2. P. 133–139. DOI: 10.5423/PPJ.OA.10.2016.0214.
10. Podorsky M. V., Shashko Yu. K., Shashko M. N. *Pyrenophora tritici-repentis* of wheat in Belarus: identification, isolation and cultivation in artificial nutrient media // Agriculture and Breeding in Belarus. 2016. No. 52. P. 119–124.
11. Koyshibaev M. Wheat tan spot spread and development in Kazakhstan // Mycology and Phytopathology. 2011. No. 2. P. 177–186. DOI: 10.1080/07060661.2013.782470.
12. Kremneva O. Yu., Asaturova A. M., Zhamikova M. D., Volkova G. V. Bacterial strains antagonistic to *Pyrenophora tritici-repentis* *in vitro* demonstrate different efficacy on wheat seedling in green house // Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2015. No. 1. Vol. 50. P. 99–106. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.1.99rus.
13. Mikhailova L. A., Kovalenko N. M., Mironenko N. V., Rosseeva L. P. Populations of *Pyrenophora tritici-repentis* on the territory of Russia // Mycology and phytopathology. 2015. No. 4. P. 257–261.
14. Azizbekyan R. R. Application of sporiferous bacteria as agents for plant biological protection // Biotekhnologiya (Biotechnology). 2013. No. 1. P. 69–77.
15. Maksimov I. V., Maksimova T. I., Sarvarova E. R., Blagova D. K., Popov V. O. Endophytic bacteria as effective agents of new generation biopesticides (review) // Applied biochemistry and microbiology. 2018. No. 2. Vol. 54. P. 134–148. DOI: org/10.1134/S0003683818020072.
16. Shternshis M. V. Trends of microbial pesticides biotechnology developed for plant protection in Russia // Tomsk State University Journal of Biology. 2012. Vol. 2. No. 2 (18). P. 92–100.
17. State catalog of pesticides and agrochemicals permitted for use in the Russian Federation. [Electronic resource]. Access point: <http://www.agroxxi.ru/goshandbook> (reference's date 21.01.2019).
18. Larran S. S., Simon M. R., Moreno M. V., Santamarina Siurana M. P., Perello A. Endophytes from wheat as biocontrol agents against tan spot disease // Biological control. 2016. Vol. 92. P. 17–23. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2015.09.002.
19. Adam A., Arabi M. I. E., Idris I., Al-Shehadah E. Effect of several rhizobacteria strains on barley resistance against *Pyrenophora graminea* under field conditions // Hellenic plant protection journal. 2017. No. 10. P. 35–45. DOI: 10.1515/hppj-2017-0004.
20. Kremneva O. Yu., Asaturova A. M., Volkova G. V. Selection of strains that are antagonistic to wheat leaf tan spot disease pathogen // Biotekhnologiya (Biotechnology). 2013. No. 5. P. 54–59.
21. Asaturova A. M., Khomyak A. I., Tomashevich N. S., Zhamikova M. D., Zhevnova N. A., Dubyaga V. M., Kozitsyn A. E. Physiological signs of perspective bacteria of the genus *Bacillus* – producers of biofungicides // Science of Kuban. 2014. No. 1. P. 12–15.
22. Netrusov F. I., Egorova M. A., Zakharchuk L. M. Practical work on microbiology, Moscow: Publishing center “Akademiya”, 2005. 608 p.
23. Volkova G. V., Kremneva O. Yu., Andronova A. E., Nadykta V. D. Yellow spot of wheat leaves (pathogen *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler). Monograph. Moscow: AMA-PRESS, 2012. 282 p.
24. Patent No. 2553518. The strain of bacteria *Bacillus subtilis* to obtain a biological product against phytopathogenic fungi / Asaturova A. M., Dubyaga V. M.; applicant and patentee “All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection of the Russian Academy of Agricultural Sciences”. 20.05.2015.
25. Patent No. 2552146. The strain of bacteria *Bacillus subtilis* BZR 517 to obtain a biological product against phytopathogenic fungi / Asaturova A. M., Dubyaga V. M.; applicant and patentee “All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection of the Russian Academy of Agricultural Sciences”. 29.04.2015.
26. Patent No. 2621356. Biofungicide to protect crops from disease and increase yields / Asaturova A. M., Tomashevich N. S., Zhevnova N. A., Khomyak A. I., Dubyaga V. M., Pavlova M. D., Kozitsyn A. E., Sidorova T. M.; applicant and patentee “All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection of the Russian Academy of Agricultural Sciences”. 02.06.2017.



UDC 632:633.1

Asaturova A. M., Zhevnova N. A., Kremneva O. Yu.

## ENVIRONMENTALLY FRIENDLY METHODS AGAINST YELLOW SPOT OF WHEAT LEAVES

**Summary.** *Traditional methods against the yellow spot of wheat leaves have some negative impact on the environment. Therefore, there is a necessity in alternative methods of plant protection, for example, the use of environmentally friendly biologics based on microorganisms. The aim of the work was to determine the biological efficacy of laboratory samples of biological preparations based on B. subtilis in relation to the yellow spot of wheat leaves on an artificial infectious background. The work was carried out on the basis of the FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection” in 2015 under the conditions of the climate chamber according to the published methodology on winter wheat of the variety ‘Batko’. The objects of the study were laboratory samples of biological products B. subtilis BZR 336 g and B. subtilis BZR 517. The experiment was laid in two variations – with the use of pre-sowing seed treatment and without it; it allowed us to establish the role of this element in the control of the disease. The most effective inhibition of the penetration and development of a pathogen in a plant was observed when combining seed treatment before sowing and during the growing season: biological effectiveness – 22.4-38.8 % by the number of spots and 22.2–50.8 % by the type of reaction. In variants without pre-sowing treatment, the efficiency was reduced: 21.5–43.8 % by the number of spots, 3.1–45.1 % by the type of reaction. The protective effect of biological agents and chemical standards was aimed at controlling the penetration of infection into the plant; high biological effectiveness in the number of spots indicated this. When processing only vegetative plants, B. subtilis BZR 517 was effective: 43.8 % by the number of spots, 45.1 % by the type of reaction. The protective effect of these laboratory samples was aimed at deterring infection penetrated into the plant. Maximum efficiency was noted when using chemical standards.*

**Keywords:** *Pyrenophora tritici-repentis, Bacillus subtilis, yellow leaf spot of wheat, biocontrol.*

Асатунова Анжела Михайловна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: biocontrol-vniibzr@yandex.ru.

Жевонова Наталья Андреевна, научный сотрудник лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: tiamat-7@mail.ru.

Кремнева Оксана Юрьевна, кандидат биологических наук, исполняющая обязанности заведующей лабораторией фитосанитарного мониторинга, приборного и технического обеспечения ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: kremenoks@mail.ru.

Asaturova Anzhela Mikhailovna, Cand. Sc. (Biol.), head of the laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: biocontrol-vniibzr@yandex.ru.

Zhevnova Natalia Andreevna, researcher of the laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: tiamat-7@mail.ru.

Kremneva Oksana Yuryevna, Cand. Sc. (Biol.), acting head of the laboratory for phytosanitary monitoring, instrumentation and technical support, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: kremenoks@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 15.01.2019.

Дата принятия к печати – 31.01.2019.

УДК 632:633.1

Асатурова А. М.<sup>1</sup>, Томашевич Н. С.<sup>1</sup>, Жевнова Н. А.<sup>1</sup>, Кривошлыков К. М.<sup>2</sup>,  
Хомяк А. И.<sup>1</sup>, Козицын А. Е.<sup>1</sup>, Дубяга В. М.<sup>1</sup>, Сидорова Т. М.<sup>1</sup>, Сидоров Н. М.<sup>1</sup>,  
Цыгичко А. А.<sup>1</sup>, Бондарчук Е. Ю.<sup>1</sup>

## ЭКОЛОГИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ПШЕНИЦЫ НА ОСНОВЕ НОВЫХ ОРИГИНАЛЬНЫХ БИОФУНГИЦИДОВ

<sup>1</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»;

<sup>2</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур  
имени В. С. Пустовойта»

**Реферат.** В виду ухудшающейся экологической ситуации и фитосанитарной нестабильности агробиоценозов, возникает острая необходимость экологизации сельскохозяйственного производства путем использования безопасных биопрепаратов для контроля численности вредных организмов. Поэтому цель исследований – изучение биологической и хозяйственной эффективности лабораторных образцов новых биофунгицидов в условиях широкомасштабных производственных испытаний для разработки комплексной экологизированной системы защиты зерновых культур от экономически значимых болезней. Для этого проведены полевые производственные испытания лабораторных образцов новых биофунгицидов, разработанных Всероссийским НИИ биологической защиты растений (Краснодар), в условиях Ростовской области, Ставропольского и Краснодарского края. Во всех хозяйствах исследуемой культурой была озимая пшеница по предшественнику озимая пшеница. После необходимых обработок проведены учеты поражения растений корневыми гнилями и желтой пятнистостью листьев. Биологическая эффективность лабораторных образцов против корневых гнилей в условиях Ставропольского края была на уровне 10,3–30,3 %, развитие желтой пятнистости было незначительным, урожайность при этом составила 51,9–54,0 ц/га. В условиях Краснодарского края защитное действие лабораторных образцов в отношении корневых гнилей составило 24,4–36,6 %, в отношении желтой пятнистости – 0–2,5 %, урожайность была на уровне 44,7–51,2 ц/га. Применение лабораторных образцов биофунгицидов в условиях юга России способствовало формированию высокого чистого дохода и уровня рентабельности выше, чем при применении химического эталона. В условиях Ростовской области биологическая эффективность в отношении корневых гнилей составила 22,7–65,6 %, урожайность при этом – 71,1–73,1 ц/га. Установлено, что применение лабораторных образцов новых биофунгицидов на основе штаммов *Bacillus subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517 в технологии широкомасштабного возделывания озимой пшеницы не только способствует снижению поражаемости данной культуры экономически значимыми патогенами, но и демонстрирует экономическую эффективность их применения по сравнению с использованием химических препаратов.

**Ключевые слова:** биологическая защита, микробные препараты, *Bacillus subtilis*, экономическая эффективность.

### Введение

Повсеместное ухудшение экологической ситуации и фитосанитарная нестабильность агробиоценозов достигают глобальных масштабов и вызывают негативный общественный резонанс. В решении проблем окружающей среды важное значение приобретает сельскохозяйственное производство, а именно такое приоритетное направление как защита растений от вредных организмов [1, 2].



Комплексы фитопатогенов, поражающих вегетативную часть растений, в том числе корневую систему, наносят значительный ущерб сельскохозяйственному производству. Так, патоккомплекс грибов рода *Fusarium* на озимой пшенице вызывает корневые и прикорневые гнили, увядания растений, контаминацию зерна токсинами (зеараленон, ниваленон, дезоксиниваленон и др.), что приводит к потерям урожая до 30–40 % и снижению его качества [3, 4]. А имеющий широкое распространение возбудитель желтой пятнистости листьев пшеницы (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler) может обеспечить потери зерна до 23–65 % [5].

Так как защита растений от болезней оказывает непосредственное влияние на почву, водоемы и населяющие их организмы, то при ее использовании должны применяться научно обоснованные приемы регуляции численности вредных объектов [1, 6].

Современные методы борьбы с болезнями растений основаны преимущественно на использовании химических пестицидов. Однако их применение способствует накоплению в почве и растениях токсичных действующих веществ, развитию резистентности в популяциях патогенов, а также воздействует на нецелевые объекты. Таким образом, существует потребность в поиске альтернативных путей защиты растений, которые обеспечат эффективный контроль численности патогенов, сводя при этом к минимуму негативные последствия для здоровья человека и окружающей среды [1, 2, 7, 8].

Одним из путей снижения пестицидного пресса на агроценозы, повышения качества и безопасности сельскохозяйственной продукции является применение биологических препаратов на основе микроорганизмов для защиты растений от болезней. Потенциальными агентами биоконтроля растительных патогенов могут быть микроорганизмы различных таксономических групп, объединенные общим названием PGPR (*Plant Growth-Promoting Rhizobacteria* – ризобактерии, стимулирующие рост растений) [2, 9]. Они способны не только обеспечивать эффективную защиту растений, но и стимулировать их рост, развитие, индуцировать системную устойчивость и повышать фунгистатический потенциал почвы [10–12, 13].

Несмотря на видимые преимущества, биологический контроль сложно переходит от научно-исследовательских участков к фермерским полям. Для успешного внедрения биометода в производство необходимо понимание, что в основе таких средств находятся живые культуры микроорганизмов, способные взаимодействовать с растением, патогеном, микробным сообществом, чувствительные к условиям окружающей среды и требовательные к соблюдению технологии [1, 13, 14].

**Цель исследований** – изучение биологической и хозяйственной эффективности лабораторных образцов новых биофунгицидов в условиях широкомасштабных производственных испытаний для разработки комплексной экологизированной системы защиты зерновых культур от экономически значимых болезней.

#### **Материалы и методы исследований**

Объекты исследования – штаммы бактерий, являющиеся основой лабораторных образцов биофунгицидов для защиты озимой пшеницы от экономически значимых болезней. Микроорганизмы *Bacillus subtilis* BZR 336g, *B. subtilis* BZR 517 взяты из «Государственной коллекции энтомоакарифагов и микроорганизмов» ФГБНУ ВНИИБЗР (Уникальная научная установка «ГКЭМ» <http://скр-rf.ru/>), реестровый номер УНУ 585858 [15, 16]. Лабораторные образцы биофунгицидов получены в лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ ВНИИБЗР по оригинальной методике [17, 18].

Испытания проводили в период 2015–2016 гг. в условиях Ростовской области (Сельскохозяйственный Производственный Кооператив (СПК) «Агрофирма (АФ) Новобатайская», Кагальницкий район, с. Новобатайское) и Ставропольского края (на производственной базе Акционерное общество (АО) «Верхнедубовское», Шпаковский район, п. Верхнедубовский), в 2016–2017 гг. – в условиях Краснодарского края (СПК «Скиф», Каневской район, ст. Придорожная). Во всех хозяйствах предшествующей культурой была озимая пшеница.

В условиях Ростовской области и Краснодарского края перед посевом проводили обработку семян лабораторными образцами биофунгицидов на основе штаммов бактерий *B. subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517.

В СПК «АФ Новобатайская» общая площадь опыта составляла 2,27 га. На каждый вариант приходилось по 0,45 га соответственно. Почва – чернозем обыкновенный карбонатный. Норма высева семян озимой пшеницы сорта Таня – 220 кг/га. Повторность вариантов опыта трехкратная. В качестве химического эталона выступал «Максим Плюс», КС (дифеноконазол, флудиоксонил). Биологическим эталоном был биофунгицид «Фитоспорин-М», Ж (*B. subtilis* 26 Д).

В АО «Верхнедубовское» общая площадь опыта составляла 43,2 га. На каждый вариант приходилось 7,2 га. Почва – чернозем обыкновенный малогумусный среднемощный. Норма высева семян озимой пшеницы сорта Трио – 230 кг/га. В качестве химического эталона применяли протравитель «Дивиденд Экстрим», КС, в качестве биологического эталона – «Алирин-Б», Ж (*B. subtilis* В-10 ВИЗР) в рекомендованных нормах применения. Опыт проводили однократно. С учетом запаса инфекции твердой головни на семенах озимой пшеницы, при обработке каждого варианта опыта по решению специалистов хозяйства дополнительно вносили половинную норму химического препарата «Дивиденд Экстрим», КС (дифеноконазол, мефеноксам), норма расхода – 0,5 л/т/га.

В СПК «Скиф» общая площадь опыта составляла 6 га (по 1 га на каждый вариант). Почва – чернозем обыкновенный слабогумусный сверхмощный. Норма высева семян озимой пшеницы сорта Адель составляла 190–200 кг/га. В качестве химического эталона был использован химический фунгицид «Максим Плюс», КС. В рамках данного опыта испытывали не только лабораторные образцы биофунгицидов на основе штаммов бактерий *B. subtilis* BZR 336 g и *B. subtilis* BZR 517, но и их баковую смесь с регулятором роста «Бигус», ВР (калиевые соли гуминовых кислот). Повторность вариантов опыта однократная.

Биологические и химические эталоны выбраны по рекомендации хозяйства с учетом агроклиматических особенностей региона и ранее полученных сведений по эффективности препаратов. Агротехника опытов общепринятая. Норма расхода лабораторных образцов биофунгицидов на основе штаммов бактерий *B. subtilis* BZR 336 g и *B. subtilis* BZR 517 составляла 3 и 2 л/т соответственно.

Оценку результатов опыта осуществляли с учетом сложившихся погодных условий, так как они влияют на физиологические процессы в растениях, накопление инфекционного начала в почве и на работу самих биопрепаратов. По данным гидрометцентра России 2015 г. считался самым теплым в истории регулярных метеорологических наблюдений с 1891 г. [19]. Поэтому на период посева и начального роста (октябрь–ноябрь 2015 г.) приходился относительно теплый период. В Ростовской области при посеве средняя температура составила 7,8 °С и выпало 44 мм осадков. Перезимовка проходила при температуре от –4,2 до +3,2 °С, количество осадков варьировало от 36,3 до 85,7 мм. Весенне-летний период характеризовался неравномерным распределением осадков по месяцам. Начало весны было холодным с большим количеством осадков (69,7 мм), что, вероятно,

замедляло рост и развитие растений. Однако, в апреле среднемесячная температура возросла до 13 °С, количество осадков уменьшилось до 19,1 мм. Максимальное количество осадков пришлось на май – 186,7 мм, что, возможно, сказалось на развитии корневых гнилей. В летний период средняя температура находилась в пределах от 22,5 до 24,6 °С, месячное количество осадков составило 31,7–62,7 мм.

Первая декада 2016 г. в Ставропольском крае была холодной. Средняя температура в январе составила –3,2 °С, что в сочетании с высокой влажностью и минимальным количеством осадков сказалось на перезимовке растений. В весенне-зимний период среднемесячная температура составила 3,4–4,7 °С, влажность воздуха была ниже по сравнению с зимним – 74,1–75,3 %. Весенний период был засушливым, что оказало влияние на формирование корневой системы и зеленой массы растений, а также на формирование и распространенность инфекционного начала фитопатогенных грибов. В фазу колошения и созревания зерна среднемесячная температура в Ставропольском крае составляла 15,2 и 20,2 °С соответственно. Количество осадков возросло до 84,4–104,9 мм. Период созревания зерна протекал при средней температуре 22,3 °С, количество осадков составило 108,4 мм. Обильные осадки в летний период 2016 г. усложняли процесс уборки и способствовали распространению и развитию фузариоза колоса.

Для Краснодарского края характерно неравномерное распределение осадков в течение года. Осенний период 2016 г. был тёплым. Посев и начальные этапы вегетации озимой пшеницы проходили при температуре 9,8–11 °С, с суммарным количеством осадков 78,6–81,2 мм. Зимний период оказался относительно теплым – 0,2–7,1 °С. Средние температурные показатели не опускались ниже нуля. Январь отличался обильными осадками. Вероятно, такие условия стимулировали инфекционное начало в почве. Ранней весной 2017 г. средняя температура в условиях Краснодарского края была 8,5 °С, сумма осадков составила 28,8 мм. В мае температура выросла до 17,8 °С и выпало 61,9 мм осадков. В период формирования и созревания зерна озимой пшеницы сложились благоприятные условия: среднемесячная температура воздуха – 23,4 °С и обильные дожди – 171,9 мм осадков. К началу периода уборки средняя температура поднялась до 25,9 °С, месячное количество осадков уменьшилось до 41 мм.

Для определения эффективности обработок в течение вегетации проводили учеты корневых гнилей и листовых болезней. Учеты комплекса корневых гнилей осуществляли по общепринятой шкале оценки степени поражения злаков корневыми гнилями. Развитие листовых болезней учитывали визуально по площади поражения листа [5, 20].

Распространенность, развитие болезней и биологическую эффективность рассчитывали по формулам (1–3):

$$P = \frac{n \times 100}{N} \quad (1)$$

Где P – распространенность болезни, %;  
n – число больных растений в варианте, шт.;  
N – общее число растений в варианте.

$$R = \frac{\sum(a \times b) \times 100}{N \times K} \quad (2)$$

Где R – развитие болезни, %;  
a – количество растений с одинаковым баллом поражения (b);  
 $\sum$  – сумма произведений a × b;  
N – общее число растений в варианте;  
K – высший балл шкалы учета.

$$C = \frac{100 \times (P - p)}{P} \quad (3)$$

Где С – биологическая эффективность, %;

P – развитие болезни в контроле, %;

p – развитие болезни в варианте, %.

Уборку урожая проводили после полного созревания зерна путем обмолота с последующим приведением данных к стандартной влажности и чистоте.

После уборки урожая зерна рассчитывали экономическую эффективность производства озимой пшеницы при разных вариантах обработки химическими и биологическими фунгицидами. Расчёты проводили на основании данных ФГБНУ ВНИИБЗР, Департамента цен и тарифов Краснодарского края с применением системы экономических показателей согласно отраслевым методическим рекомендациям [21, 22].

Математическую обработку опытных данных проводили с использованием многофакторного сравнительного теста Дункана (STATISTICA 13.2.) и стандартных статистических расчетов (Microsoft Excel). Статистическую обработку данных по урожайности производственных испытаний в Ставропольском и Краснодарском краях не осуществляли в связи с тем, что обмолот делянок проводился в один проход комбайна.

### Результаты и их обсуждение

В условиях Ростовской области («АФ Новобатайская») распространенность корневых гнилей различной этиологии составляла 30,4 %, а развитие – 7,6 %. Защитное действие химического эталона «Максим Плюс», КС составляло 51,2 %, биологического эталона «Фитоспорин-М», Ж – 31,7 %. Обработка семян лабораторными образцами биофунгицидов на основе штаммов бактерий *B. subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517 обеспечивали защитное действие на уровне 36,6 и 24,4 % соответственно (таблица 1).

**Таблица 1 – Эффективность применения биофунгицидов при выращивании озимой пшеницы сорта Тая («АФ Новобатайская», Ростовская область, 2015–2016 гг.)**

Вариант опыта	Биологическая эффективность (%) против:		Урожайность озимой пшеницы, ц/га*	Сохраненный урожай зерна, %	Чистый доход, в расчете на 1 га, р.	Рентабельность (производственная), %
	комплекса корневых гнилей	желтой пятнистости листьев				
Контроль (без обработки)**	30,4/7,6	– /6,28	45,8 а	–	10522	35
«Максим Плюс», КС (химический эталон)	51,2	0,0	47,8 ab	4,4	11681	38
«Фитоспорин-М», Ж (биологический эталон)	31,7	5,3	48,8 ab	6,5	12161	39
Лабораторный образец биофунгицида на основе <i>B. subtilis</i> BZR 336g	36,6	0,0	51,2 b	11,9	14955	49
Лабораторный образец биофунгицида на основе <i>B. subtilis</i> BZR 517	24,4	2,5	44,7 а	0	9534	31

**Примечание.** \* между вариантами, обозначенными одинаковыми буквами, при сравнении в пределах столбцов нет статистически достоверных различий по критерию Дункана при 95 % уровне вероятности; \*\* в контроле указаны распространенность, P, %/развитие, R, % болезни.

Урожайность озимой пшеницы в контрольном варианте находилась на уровне 45,8 ц/га. Максимальный сохраненный урожай зерна получен в варианте с

применением лабораторного образца на основе *B. subtilis* BZR 336g – 11,9 %. Кроме того, сохраненный урожай зерна отмечен при обработке семян биологическим (6,5 %) и химическим (4,4 %) эталонами, однако показатели урожайности пшеницы в данных вариантах по критерию Дункана достоверно не отличались по сравнению с контролем (см. таблицу 1).

По результатам экономического анализа максимальный чистый доход в расчете на 1 га посева пшеницы в условиях Ростовской области («АФ Новобатайская») был отмечен в варианте опыта с обработкой семян лабораторным образцом на основе *B. subtilis* BZR 336g – 14 955 р. Данный уровень доходности превышает показатели контрольного варианта на 42,1 % (таблица 1).

Распространенность естественного фона корневых гнилей различной этиологии в АО «Верхнедубовское» (Ставропольский край) составляла 93,9 %, а развитие – 43,2 %. Обработка растений рабочими растворами лабораторных образцов биофунгицидов обеспечивала биологическую эффективность от 10,3 до 30,3 %. Максимально эффективным оказался химический эталон «Дивиденд Экстрим», КС – 50,5 %. В варианте с применением биологического эталона «Алирин-Б», Ж биологическая эффективность составляла – 47,1 % (таблица 2).

**Таблица 2 – Эффективность применения биофунгицидов при выращивании озимой пшеницы сорта Трио (АО «Верхнедубовское», Ставропольский край, 2015–2016 гг.)**

Вариант опыта	Биологическая эффективность (%) против:		Урожайность озимой пшеницы, ц/га*	Сохраненный урожай зерна, %	Чистый доход, в расчете на 1 га, р.	Рентабельность (производственная) %
	комплекса корневых гнилей	желтой пятнистости листьев				
Контроль **	93,9/43,2	–/2,3*	46,2	–	15155	58
«Дивиденд Экстрим», КС (химический эталон)	50,5	0,9	49,0	6,1	17165	65
«Алирин-Б», Ж (биологический эталон)	47,1	0	56,8	22,9	23580	87
Лабораторный образец биофунгицида на основе <i>B. subtilis</i> BZR 336g	10,3	0	51,9	12,3	19678	74
Лабораторный образец биофунгицида на основе <i>B. subtilis</i> BZR 517	30,3	0	55,0	19,0	22281	84

**Примечание.** \* между вариантами, обозначенными одинаковыми буквами, при сравнении в пределах столбцов нет статистически достоверных различий по критерию Дункана при 95 % уровне вероятности; \*\* в контроле указаны распространенность, P, %/развитие, R, % болезни.

Развитие желтой пятнистости листьев в условиях Ставропольского края было несущественным – 2,3 %. Против этой болезни проводили обработку вегетирующих растений одним химическим фунгицидом во всех вариантах опыта. При этом биологическая эффективность была отмечена только при использовании химического эталона – 0,9 % (таблица 2).

По результатам полевых производственных испытаний во всех вариантах наблюдали увеличение урожайности озимой пшеницы от 49 до 56,8 ц/га по сравнению с контролем – 46,2 ц/га. Максимальная величина сохраненного урожая зерна отмечена в варианте с применением биологического эталона «Алирин-Б», Ж, она составляла 22,9 %. В варианте с применением лабораторного образца на основе *B. subtilis* BZR 336g величина сохраненного урожая зерна составляла 12,3 %, а в



варианте с применением *B. subtilis* BZR 517 – 19,0 %, что приближено к максимальному значению, полученному при использовании биологического эталона. Установлено, что химический эталон, обеспечивал минимальную величину сохраненного урожая зерна – 6,1 % (таблица 2).

В Ставропольском крае в технологии возделывания озимой пшеницы самые высокие экономические результаты – 23 580 р. на 1 га чистого дохода (производственная рентабельность – 87 %) показало применение биологического эталона при обработке семян. Применение лабораторного образца на основе *B. subtilis* BZR 517 также способствовало формированию высокого чистого дохода – 22 281 руб. на 1 га (производственная рентабельность 84 %) (таблица 2).

В условиях Краснодарского края (СПК «Скиф») распространенность корневых гнилей различной этиологии была на уровне 80 %, а развитие – 27,5 %. Защитный эффект применения лабораторных образцов биофунгицидов на основе штаммов *B. subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517 составлял 50 и 34,1 % соответственно. Биологическая эффективность лабораторных образцов на основе штаммов бактерий *B. subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517 в смеси с регулятором роста «Бигус», ВР была на уровне 22,7–65,9 %. Следует отметить, что защитное действие в вариантах на основе *B. subtilis* BZR 336g (50 %) и *B. subtilis* BZR 336g + регулятор роста «Бигус», ВР (65,9 %) значительно превышало данный показатель при использовании химического эталона «Максим Плюс», КС – 43,2 % (таблица 3).

**Таблица 3 – Эффективность применения биофунгицидов при выращивании озимой пшеницы сорта Адель (СПК «Скиф», Краснодарский край, 2016–2017 гг.)**

Вариант опыта	Биологическая эффективность против комплекса корневых гнилей, %	Урожайность озимой пшеницы, ц/га	Сохраненный урожай зерна, %	Чистый доход, в расчете на 1 га, р.	Рентабельность (производственная), %
Контроль*	80/27,5	69,0	–	34064	125
«Максим Плюс», КС (химический эталон)	43,2	79,0	10,0	35898	104
Лабораторный образец биофунгицида на основе <i>B. subtilis</i> BZR 336g	50,0	72,0	3,0	34939	120
Лабораторный образец биофунгицида на основе <i>B. subtilis</i> BZR 517	34,1	72,4	3,4	35709	124
Баковая смесь лабораторного образца биофунгицида на основе <i>B. subtilis</i> BZR 336g + регулятор роста «Бигус», ВР	65,9	73,1	4,1	35729	122
Баковая смесь лабораторного образца биофунгицида на основе <i>B. subtilis</i> BZR 517 + регулятор роста «Бигус», ВР	22,7	71,1	2,1	34550	120

**Примечание.** \* в контроле указаны распространенность Р, %/развитие, Р, % корневых гнилей.

Продуктивность культуры в контрольном варианте составляла 69 ц/га. Сохраненный урожай зерна при применении лабораторных образцов биофунгицидов сформировался на уровне 3,0–3,4 %, а смеси лабораторных образцов с препаратом «Бигус», ВР – 2,1–4,1 % (таблица 3).

Максимальная величина сохраненного урожая зерна получена при использовании химического эталона «Максим Плюс», КС – 10 ц/га, однако в связи с высокой стоимостью применяемых препаратов его стоимость в расчете на 1 га была значительно нивелирована. Прирост чистого дохода к контролю в этом варианте составил 1834 р., что практически приравнивает его к полученному экономическому

результату в вариантах опытов с применением лабораторных образцов биофунгицидов – прирост чистого дохода от 1645 до 1665 р./га (см. таблицу 3). Более того, оценка уровня эффективности расходования финансовых ресурсов показала преимущества именно лабораторных образцов биофунгицидов. Так, производственная рентабельность двукратного применения лабораторного образца на основе *B. subtilis* BZR 517 сформировалась на уровне 124 % (чистый доход на 1 га 35 709 р.), а баковой смеси на основе штамма *B. subtilis* BZR 336g и регулятора роста «Бигус», ВР – на уровне 122 % (35 729 р./га).

#### Выводы

В условиях Ростовской области максимальный сохраненный урожай зерна (11,9 %) и производственная рентабельность (49 %) получены в варианте с обработкой семян лабораторным образцом биофунгицида на основе *B. subtilis* BZR 336g. В условиях Ставропольского края – при применении биологического эталона «Алирин-Б», Ж (*B. subtilis* В-10 ВИЗР) – 22,9 и 87 % соответственно. Лабораторный образец биофунгицида на основе *B. subtilis* BZR 517 обеспечил хозяйственную и экономическую эффективность на его уровне – 19,0 и 84 %. При этом рентабельность производства зерна в контроле составила 58 %. В условиях Краснодарского края максимальный сохраненный урожай получен в опытах с добавлением регулятора роста «Бигус», ВР (калиевые соли гуминовых кислот), однако наибольшая производственная рентабельность – 124 % получена при применении лабораторного образца биофунгицида на основе *B. subtilis* BZR 517 без добавления стимулирующих рост растений средств.

Таким образом, применение лабораторных образцов новых биофунгицидов на основе штаммов бактерий *B. subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517 в технологии широкомасштабного возделывания озимой пшеницы не только способствовало снижению поражаемости данной культуры болезнями, но и обеспечивало величину сохраненного урожая, оправданную с точки зрения рентабельности производства. В целом, исследования демонстрируют экономическую эффективность использования экологизированной защиты зерновых культур с применением биопрепаратов в сравнении с системами земледелия, основанными на обработке семян и растений только химическими средствами.

*Исследования выполнены согласно Государственного задания № 075-00376-19-00 Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме №0686-2019-0013.*

#### Литература

1. Heydari A., Pessaraki M. A review on biological control of fungal plant pathogens using microbial antagonists // Journal of biological sciences. 2010. Vol. 10. P. 273–290 DOI: 10.3923/jbs.2010.273.290.
2. Азизбекян Р. Р. Использование спорообразующих бактерий в качестве биологических средств защиты растений // Биотехнология. 2013. № 1. С. 69–77.
3. Выприцкий А. С., Плахотник В. В., Выприцкая А. А. Возбудители особо опасных болезней подсолнечника в ЦЧЗ // Материалы международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем». Вып. 4. Краснодар, 2006. С. 134–136.
4. Hajjhasani M., Hajjhasani A., Khaghani S. Incidence and distribution of seed-borne fungi associated with wheat in Markazi Province, Iran // Afric. J. of Biotechnol. 2012. No. 23. P. 6290–6295. DOI: 10.5897/AJB11.3838.
5. Волкова Г. В., Кремнева О. Ю., Андропова А. Е., Надыкта В. Д. Желтая пятнистость листьев пшеницы (возбудитель *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler). Монография. М.: ООО «АМА-ПРЕСС», 2012. 108 с.
6. Долженко В. И. Значение агротехнического метода в обеспечении фитосанитарного благополучия агроценозов // Материалы международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем». Вып. 3. Краснодар, 2005. С. 14.
7. Emmert E. A. B., Handelsman J. Biocontrol of plant disease: a (Gram-) positive perspective // FEMS Microbiol Lett. 1999. No. 171 (1). P. 1–9. DOI: 10.1111/j.1574-6968.1999.tb13405.x.

8. Штерншис М. В. Тенденции развития биотехнологии микробных средств защиты растений в России // Вестник Томского государственного университета. Серия «Биология». 2012. № 2 (18) P. 92–100.
9. Pal K., McSpadden G. Biological control of plant pathogens // The Plant Health instructor. 2006. No. 2. P. 1117–1142. DOI: 10.1094/PHI-A-2006-1117-02.
10. Barriuso J., Solano B. R., Lucas J. A., Probanza Loba A., Garcia-Villaraca A., Gutierrez Mannerо F. J. Ecology, genetic diversity and screening strategies of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) // Journal of plant nutrition. 2008. No. 3. P. 1–17. DOI: 10.1002/9783527621989.ch1.
11. Хайруллин Р. М., Егоршина А. А., Лукьянцев М. А., Уразбахтина Н. А., Иргалина Р. Ш., Сахабутдинова Р. М. Биологические особенности эндофитных штаммов *Bacillus subtilis* как перспективной основы новых биопрепаратов // Аграрная Россия. 2011. № 1. С. 49–53.
12. Comby M., Gacoimb M., Robineaub M., Rabenoelinac F., Ptasb S., Duponta J., Profizib C., Baillieulc F. Screening of wheat endophytes as biological control agents against *Fusarium* head blight using two different in vitro tests // Microbiological Research. 2017. No. 202. P. 11–20. DOI: 10.1016/j.micres.2017.04.014.
13. Hassani M. A., Durán P., Hacquard S. Microbial interactions within the plant holobiont // Microbiome. 2018. No. 6. P. 58. DOI: 10.1186/s40168-018-0445-0.
14. Zhao Y., Selvaraj J. N., Xing F., Zhou L., Wang Y., Song H., Tan X., Sun L., Sangare L., Folly Y. M., Liu Y. Antagonistic action of *Bacillus subtilis* strain SG6 on *Fusarium graminearum* // PLoS ONE. 2014. No. 9 (3). DOI: 10.1371/journal.pone.0092486.
15. Асатунова А. М., Жевнова Н. А., Хомяк А. И., Томашевич Н. С., Павлова М. Д., Дубяга В. М., Козицын А. Е., Сидорова Т. М. Эффективность применения новых биопрепаратов на основе штаммов бактерий *Bacillus subtilis* против фузариоза озимой пшеницы на фоне искусственного заражения // Наука Кубани. 2016. № 1. С. 9–14.
16. Асатунова А. М., Жевнова Н. А., Кремнева О. Ю., Астапчук И. Л., Волкова Г. В. Изучение реакции сортов озимой пшеницы на действие новых бактериальных агентов для разработки методов биологического контроля желтой пятнистости листьев // Наука Кубани. 2017. № 4. С. 15–20.
17. Асатунова А. М., Хомяк А. И., Томашевич Н. С., Жарникова М. Д., Жевнова Н. А., Дубяга В. М., Козицын А. Е. Физиологические признаки бактерий р. *Bacillus* – перспективных продуцентов биофунгицидов // Наука Кубани. 2014. № 1. С. 12–15.
18. Хомяк А. И., Асатунова А. М. Разработка технологии получения нового экологически безопасного биофунгицида на основе бактерий *Bacillus subtilis* для защиты озимой пшеницы от экономически значимых болезней // Молодой Ученый. 2015. № 9–2 (89). С. 82–83.
19. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2015 год. М., 2016. 68 с.
20. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве // Под ред. Долженко В. И. СПб.: ВИЗР, 2009. 379 с.
21. Кривошлыков К. М. Методические рекомендации по оценке экономической эффективности производства масличных культур в производственных посевах и полевых опытах. Краснодар, 2017. 19 с.
22. Оглоблин Е. С., Свободин В. А., Санду И. С. Методические рекомендации по определению эффективности сельскохозяйственного производства. М.: ВНИИЭСХ, 1996. 68 с.

## References

1. Heydari A., Pessarakli M. A review on biological control of plant pathogens using microbial antagonists // Journal of biological sciences. 2010. Vol. 10. P. 273–290. DOI: 10.3923/jbs.2010.273.290.
2. Azizbekyan R. R. Application of sporiferous bacteria as agents for plant biological protection // Biotekhnologiya (Biotechnology). 2013. No. 1. P. 69–77.
3. Vypritsky A. S., Plakhotnik V. V., Vypritskaya A. A. The causative agents of especially dangerous diseases of sunflower in TsChZ // Materials of the International scientific-practical conference “Biological plant protection as the basis of ecosystem stabilization”. Vol. 4. Krasnodar, 2006. P. 134–136.
4. Hajihassani M., Hajihassani A., Khaghani S. Incidence and distribution of seed-borne fungi associated with wheat in Markazi Province, Iran // Afric. J. of Biotechnol. 2012. No. 23. P. 6290–6295. DOI: 10.5897/AJB11.3838.
5. Volkova G. V., Kremneva O. Yu., Andronova A. E., Nadykta V. D. Yellow spot of wheat leaves (pathogen *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler). Monograph, Moscow: AMA-PRESS, 2012. 108 p.
6. Dolzhenko V. I. The value of the agrotechnical method in ensuring the phytosanitary welfare of agrocenoses // Materials of the Internatoinal scientific-practical conference “Biological plant protection as the basis of ecosystem stabilization”. No. 3. Krasnodar, 2005. P. 14.
7. Emmert E. A. B., Handelsman J. Biocontrol of plant disease: a (Gram-) positive perspective // FEMS Microbiol Lett. 1999. No. 171 (1). P. 1–9. DOI: 10.1111/j.1574-6968.1999.tb13405.x.
8. Shternshis M. V. Trends of microbial pesticides biotechnology developed for plant protection in Russia // Tomsk State University Journal of Biology. 2012. Vol. 2. No. 2 (18). P. 92–100.

9. Pal K., McSpadden G. Biological control of plant pathogens // The Plant Health instructor. 2006. No. 2. P. 1117–1142. DOI: 10.1094/PHI-A-2006-1117-02.
10. Barriuso J., Solano B. R., Lucas J. A., Probanza Loba A., Garcia-Villaraca A., Gutierrez Mannero F. J. Ecology, genetic diversity and screening strategies of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). 2008. No. 3. P. 1–17. DOI: 10.1002/9783527621989.ch1.
11. Khairullin R. M., Egorshina A. A., Lukyantsev M. A., Urazbakhtina N. A., Irgalina R. Sh., Sakhabutdinova R. M. Biological features of *Bacillus subtilis* endophytic strains as the perspective base of new biopreparations // Agrarnaya Rossiya (Agrarian Russia). 2011. No. 1. P. 49–53.
12. Comby M., Gacoin M., Robineau M., Rabenoelina F., Ptas S., Dupont J., Profizi C., Baillieul F. Screening of wheat endophytes as biological control agents against *Fusarium* head blight using two different *in vitro* tests // Microbiological Research. 2017. No. 202. P. 11–20. DOI: 10.1016/j.micres.2017.04.014.
13. Hassani M. A., Durán P., Hacquard S. Microbial interactions within the plant holobiont // Microbiome. 2018. No. 6. P. 58. DOI: 10.1186/s40168-018-0445-0.
14. Zhao Y., Selvaraj J. N., Xing F., Zhou L., Wang Y., Song H., Tan X., Sun L., Sangare L., Folly Y. M., Liu Y. Antagonistic action of *Bacillus subtilis* strain SG6 on *Fusarium graminearum* // PLoS ONE. 2014. No. 9 (3). DOI: 10.1371/journal.pone.0092486.
15. Asaturova A. M., Zhevnova N. A., Khomyak A. I., Tomashevich N. S., Pavlova M. D., Dubyaga V. M., Kozitsyn A. E., Sidorova T. M. Effectiveness of new biopreparations based on strains of *Bacillus subtilis* against *Fusarium* in fall in case of its artificial infection // Science of Kuban. 2016. No. 1. P. 9–14.
16. Asaturova A. M., Zhevnova N. A., Kremneva O. Yu., Astapchuk I. L., Volkova G. V. Response of winter wheat cultivars to action new bacterial agents for the development of methods of biological control of tan spot // Science of Kuban. 2017. No. 4. P. 15–20.
17. Asaturova A. M., Khomyak A. I., Tomashevich N. S., Zhamikova M. D., Zhevnova N. A., Dubyaga V. M., Kozitsyn A. E. Physiological signs of perspective bacteria of the genus *Bacillus* – producers of biofungicides // Science of Kuban. 2014. No. 1. P. 12–15.
18. Khomyak A. I., Asaturova A. M. Development of technology for obtaining an environmentally friendly biofungicide based on bacteria *Bacillus subtilis* to protect winter wheat from economically significant diseases // Young Scientist. 2015. No. 9–2 (89). P. 82–83.
19. Report on climate features on the territory of the Russian Federation for 2015. Moscow, 2016. 68 p.
20. Guidelines for registration tests of fungicides in agriculture // Ed. by Dolzhenko V. I. Saint-Petersburg: VIZR, 2009. 379 p.
21. Krivoshlykov K. M. Guidelines for assessing the economic efficiency of oilseed production in industrial crops and field experiments. Krasnodar, 2017. 19 p.
22. Ogloblin E. S., Svobodin V. A., Sandu I. S. Guidelines for determining the efficiency of agricultural production. Moscow: All-Russian Research Institute of Agricultural Economics (VNIIESH), 1996. 68 p.

UDC 632:633.1

Asaturova A. M., Tomashevich N. S., Zhevnova N. A.,  
Krivoshlykov K. M., Homyak A. I., Kozitsyn A. E., Dubyaga V. M., Sidorova T. M.,  
Sidorov N. M., Tsygichko A. A., Bondarchuk E. Yu.

### **GREEN WHEAT PROTECTION SYSTEM BASED ON NEW ORIGINAL BIOFUNGICIDES**

**Summary.** Due to the deteriorating ecological situation and the phytosanitary instability of agrobiocenoses, there is an urgent need to green the agricultural production by using safe biopreparations to control the number of pests. The aim of the research was to study the biological and economic efficacy of the new biofungicides (laboratory samples) in the context of large-scale production tests for the development of an integrated environmental system to protect crops against economically significant diseases. So, we carried out field production tests of the new biofungicides developed by All-Russian Research Institute of Plant Protection (Krasnodar) under the conditions of Stavropol Krai, Rostov Region, and Krasnodar Krai. The studied crop was winter wheat sown after winter wheat as a preceding crop. After the necessary treatments, plants damages with root rot and yellow leaf spot were identified. The biological efficacy of laboratory samples against root rot in Stavropol Krai was at the level of 10.3–30.3 %, the development of yellow spot was insignificant, and the yield was 51.9–54.0 cwt/ha. In Krasnodar Krai, the protective effect of laboratory samples against root rot was 24.4–36.6 %, against yellow spot 0–2.5 %, yield reached 44.7–51.2 cwt/ha. The use of laboratory samples of biofungicides under the



*conditions of southern Russia contributed to the high net income; the level of profitability was higher compared to the chemical standard. Under the conditions of Rostov region, the biological efficacy against root rot was 22.7–65.6 %, while the yield was 71.1–73.1 cwt/ha. The application of the laboratory samples of biofungicides based on new *B. subtilis* BZR 336g and *B. subtilis* BZR 517 in the technology of large-scale winter wheat cultivation did not only reduce the damage of this crop by economically important pathogens but also demonstrated the economic efficacy of their use compared to chemical preparation.*

**Keywords:** *biological protection, microbial preparations, *Bacillus subtilis*, economic efficiency of biological protection.*

Асатурова Анжела Михайловна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: biocontrol-vniibzr@yandex.ru.

Томашевич Наталья Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: tom-s2@yandex.ru.

Жевнова Наталья Андреевна, научный сотрудник лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: tiamat-7@mail.ru.

Кривошлыков Константин Михайлович, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией экономики ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта»; 350038, Россия, г. Краснодар, ул. им. Филатова, 17; e-mail: lab.econ@mail.ru.

Хомяк Анна Игоревна, научный сотрудник лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: homyakai87@mail.ru.

Козицын Александр Евгеньевич, младший научный сотрудник лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: kozicinalexander@gmail.com.

Дубяга Валентина Михайловна, научный сотрудник лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: dubyaga608@mail.ru.

Сидорова Татьяна Михайловна, старший научный сотрудник лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: 0166505@mail.ru.

Сидоров Никита Михайлович, младший научный сотрудник лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: elisitor@mail.ru.

Цыгичко Александра Александровна, младший научный сотрудник лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: 23612361@inbox.ru.

Бондарчук Елена Юрьевна, младший научный сотрудник лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, ул. Вавилова, 14; e-mail: alena\_fox95@mail.ru.



Asaturova Anzhela Mikhailovna, Cand. Sc. (Biol.), head of laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: biocontrol-vniibr@yandex.ru.

Tomashevich Natalia Sergeevna, Cand. Sc. (Agr.), senior scientist of the laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: toms2@yandex.ru.

Zhevnova Natalia Andreevna, researcher of the laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: tiamat-7@mail.ru.

Krivoshlykov Konstantin Mikhailovich, Cand. Sc. (Econ.), leading researcher, head of the laboratory of economics FSBSI “All-Russian Research Institute of Oil crops by V. S. Pustovoi”; 17, Filatov str., Krasnodar, 350038, Russia; e-mail: lab.econ@mail.ru.

Homyak Anna Igorevna, researcher of the laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: homyakai87@mail.ru.

Kozitsyn Aleksandr Evgenievich, junior scientist of the laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: kozicinalalexander@gmail.com.

Dubyaga Valentina Mikhailovna, researcher of the laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: dubyaga608@mail.ru.

Sidorova Tatyana Mikhailovna, Cand. Sc. (Biol.), senior scientist of the laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: 0166505@mail.ru.

Sidorov Nikita Mikhailovich, junior scientist of the laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: elisitor@mail.ru.

Tsygichko Aleksandr Aleksandrovich, junior scientist of the laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms, FSBSI «All-Russian Research Institute of Plant Protection»; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: 23612361@inbox.ru.

Bondarchuk Elena Yurievna, junior scientist of the laboratory for the development of microbiological plant protection products and collection of microorganisms, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 14, Vavilova str., Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: alena\_fox95@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 11.01.2019.*

*Дата принятия к печати – 30.01.2019.*

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕМЯН ПУСТЫРНИКА  
ПЯТИЛОПАСТНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА И СПОСОБА УБОРКИ В  
УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ КРЫМА**

<sup>1</sup>ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»;

<sup>2</sup>Академия биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»

**Реферат.** Цель исследований – определить активность наклевывания, энергию прорастания, лабораторную и полевую всхожесть семян, а также интенсивность роста проростков пустырника пятилопастного в зависимости от срока и способа уборки в условиях Предгорной зоны Крыма. Многолетний полевой опыт по изучению семенной продуктивности пустырника пятилопастного был заложен в 2015 г. опытном участке Академии биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского». Повторность – трехкратная. Лабораторные работы проводили в лаборатории семеноводства кафедры фитобиологии. В лаборатории семена высевали в растильни между слоями влажной фильтровальной бумаги по 100 штук в четырех повторениях и помещали в термостат при температуре 20–22 °С. Активность наклевывания определяли временем, за которое в отдельных вариантах наклюнулось 50 % семян. Энергию прорастания пустырника определяли на четвертый день, а лабораторную всхожесть – на 12-й. При определении интенсивности роста проростков семена проращивали во влажном песке, затем подсчитывали количество всходов, массу стеблей и корешков. Полевую всхожесть определяли, высевая семена в поле по 100 штук в одном ряду длиной 2 м в четырехкратной повторности. Выявлено, что показатели активности наклевывания, энергии прорастания и лабораторной всхожести семян возрастают до конца восковой спелости (в среднем – 39,5, 60,1 и 67,2 %). При отдельной уборке данные показатели были выше, что свидетельствует о высокой интенсивности процесса реутилизации (48,6, 68,6 и 77,7 % соответственно). Преимущество метода скашивания растений в валки с последующим дозреванием подтвердили опыты по определению интенсивности роста проростков (в среднем – 77,1 шт., 0,937 и 0,720 г, при прямом обмолоте – 67,9 шт., 0,786 и 0,518 г количество проростков, масса стеблей и корешков соответственно) и полевой всхожести (72,4 %, при прямом обмолоте – 58,3 %).

**Ключевые слова:** пустырник пятилопастный (*Leonurus quinquelobatus* L.), технология выращивания, активность наклевывания, энергия прорастания, лабораторная всхожесть, интенсивность роста проростков, полевая всхожесть, реутилизация.

**Введение**

На сегодняшний день во всем мире наблюдается тенденция увеличения производства фармацевтических препаратов, изготовленных на основе натуральных растительных компонентов. В странах Европы доля таких препаратов составляет около 10 %, а в Российской Федерации – всего 0,5–1,5 %. Все это свидетельствует о том, что выращивание лекарственных растений как направление сельскохозяйственного производства слабо развито, вследствие недостаточного научного и технического обеспечения [1].

Республика Крым является благоприятным регионом возделывания лекарственных и эфиромасличных растений. Сотрудники научных учреждений полуострова разрабатывают технологии выращивания этих растений, создают новые

перспективные сорта, однако вопросы получения высококачественного посевного материала изучены недостаточно [2].

Один из ведущих ученых в области семеноводства – Н. Н. Кулешов утверждал, что качество семян играет важную роль в получении высоких и стабильных урожаев [2].

Имеет значение и тот факт, что в Российской Федерации большинство сельскохозяйственных растений имеют сокращенный вегетационный период вследствие более низкого показателя суммы эффективных температур по сравнению со странами Западной Европы. При использовании высококачественных семян можно усилить действие стимуляторов роста, подкормок, средств защиты, технологий выращивания, климатических условий и увеличить урожайность на 20–50 % [3, 4].

Пустырник пятилопастный (*Leonurus quinquelobatus* L.) – многолетнее лекарственное растение семейства Яснотковые (Lamiaceae). В фармацевтической промышленности надземную часть растений рода Пустырник используют в основном при изготовлении препаратов для лечения нервной и сердечно-сосудистой систем [5].

Большинство ученых в своих работах указывают на необходимость определенной технологии для получения высококачественного посевного материала, которая отличается от таковой для формирования высокого урожая растительного сырья [2, 6, 7]. Макрушин Н. М. [6] объясняет это разными онтогенетическими стадиями семян и материнского растения (семена – на эмбриональной, а материнское растение – на стадии размножения и старости).

Исследования по разработке технологии возделывания пустырника с целью получения высокого урожая вегетативной массы проводили некоторые ученые [8, 9]. Однако в научной литературе недостаточно сведений о технологии получения семян данного растения с лучшими биологическими свойствами.

**Цель исследований** – определить активность наклевывания, энергию прорастания, лабораторную и полевую всхожесть семян, а также интенсивность роста проростков пустырника пятилопастного в зависимости от срока и способа уборки в условиях Предгорной зоны Крыма.

#### **Материалы и методы исследований**

В исследовании использовали семена популяции пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* L.).

Многолетний полевой опыт по изучению семенной продуктивности пустырника пятилопастного был заложен в 2015 г. на опытном участке Академии биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского». Повторность – трехкратная. Лабораторные работы проводили в лаборатории семеноводства кафедры фитобиологии.

Погодные условия в период вегетации растений в 2016 и 2017 гг. в целом были благоприятными. Весна была ранней и теплой. В 2016 г. в период интенсивного роста вегетативной массы пустырника, а именно в апреле и мае, средняя температура воздуха практически не отклонялась от среднемноголетних показателей: в 2016 г. – 13,0 °С и 15,0 °С соответственно (среднемноголетние показатели – 11,9 и 15,1 °С соответственно). В 2017 г. наблюдалось некоторое понижение средней температуры воздуха в апреле – 9,3 °С, а в мае данный показатель составил – 14,9 °С. Количество выпавших осадков превысило норму в среднем на 93 и 116 % соответственно: в апреле – 65,7 мм, а в мае – 88,9 мм (среднемноголетний показатель в апреле – 34, в мае – 41 мм). Лето было засушливым: в июле в среднем выпало 48 мм, в августе – 22,1 мм, что составило всего 76 и 63 % от нормы (среднемноголетние показатели – 63 и 35 мм соответственно).

Весенний период 2018 г. характеризовался повышенными температурами воздуха и продолжительной засухой. В апреле и мае средняя температура воздуха составила 14,1 и 18,5 °С (среднемноголетние показатели – 11,9 и 15,1 °С

соответственно), а количество – 8,3 и 12,2 мм, что составило всего 24 и 30 % соответственно от среднемноголетних показателей. При этом в третьей декаде первого месяца и в первой декаде второго осадки полностью отсутствовали. Такие экстремальные погодные условия повлияли на начальные этапы развития растений и последующую продуктивность (таблица 1).

**Таблица 1 – Погодные условия в период вегетации пустырника пятилопастного (2016–2018 гг.)**

Год исследований	Месяц					
	март	апрель	май	июнь	июль	август
	Средняя температура воздуха, °С					
2016	6,8	13,0	15,0	21,2	22,9	24,9
2017	8,0	9,3	14,9	20,1	22,8	24,6
2018	6,4	14,1	18,5	21,8	22,9	24,1
Среднемноголетний показатель	3,9	11,9	15,1	19,5	23,4	24,7
	Сумма осадков, мм					
2016	32,3	58,1	101,2	67,3	43,0	25,8
2017	24,5	73,2	76,5	69,0	52,0	18,4
2018	46,2	8,3	12,2	21,6	109,8	0,2
Среднемноголетний показатель	32	34	41	68	63	35

Для анализа биологических свойств семян использовали параметры: активность наклевывания, энергия прорастания, лабораторная всхожесть, интенсивность роста проростков и полевая всхожесть [10, 11].

В лаборатории семена высевали в растительни между слоями влажной фильтровальной бумаги по 100 шт. в 4-х повторениях и помещали в термостат при температуре 20–22 °С.

Активность наклевывания – параметр, выделенный Н. М. Макрушиным и В. А. Капицей [11], который определяется через 1–3 суток после посева по проценту семян, у которых корешки пробили семенную оболочку. Срок определения данного параметра – время, за которое в отдельных вариантах наклюнулось 50 % семян.

Энергия прорастания пустырника пятилопастного определяется на четвертый день [12], а лабораторная всхожесть – на 12 [13]. При определении интенсивности роста проростков согласно методике Н. М. Макрушина [11] семена проращивали во влажном песке, затем подсчитывали количество всходов, массу стеблей и корешков. Полевую всхожесть определяли, высевая семена в поле по 100 штук в одном ряду длиной 2 м в четырехкратной повторности. После появления первых всходов ежедневно подсчитывали их количество и переводили в процент от суммы всех высеянных семян.

Обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа [14] и с помощью программы Excel и «ANOVA».

### Результаты и их обсуждение

Известно, что семена, обмолоченные сразу после уборки, характеризуются слабой энергией прорастания и лабораторной всхожестью. У каждой культуры длительность периода послеуборочного дозревания посевного материала разная [15–17]. В наших исследованиях максимальная всхожесть семян пустырника пятилопастного наблюдалась через два с половиной месяца после скашивания растений [9].

В 2016–2018 гг. проведены исследования по определению биологических свойств семян в зависимости от срока и способа уборки. Установлено, что в 2016 г. при прямой уборке в фазе молочного состояния семян активность наклевывания составила 16,3 %, энергия прорастания – 30,0 %, лабораторная всхожесть – 36,0 %, в конце восковой

спелости – 47,0; 70,0 и 77,0 %, а в твердой – 45,5; 70,0 и 77,3 % соответственно. Согласно ГОСТ Р 51096–97 [13] всхожесть элитных семян пустырника сердечного и пятилопастного должна быть не менее 75 %, что свидетельствует о достаточно высоких биологических свойствах семян в последних двух фазах созревания (таблица 2).

**Таблица 2 – Биологические свойства семян пустырника пятилопастного в зависимости от сроков и способов уборки, % (2016–2018 гг.)**

Год	Срок обмолота (Фактор А)	Фазы спелости семян * (Фактор В)												
		активность наклеивания, %				энергия прорастания, %				лабораторная всхожесть, %				
		м.	в. н.	в. к.	т.	м.	в. н.	в. к.	т.	м.	в. н.	в. к.	т.	
2016	в день уборки	16,3	31,3	47,0	45,5	30,0	41,3	70,0	70,0	36,0	53,8	77,0	77,3	
	после дозревания	27,5	44,8	56,5	46,0	40,5	53,0	78,3	72,8	45,8	66,0	88,8	79,8	
	НСР <sub>05</sub>	А	1,0				0,8				0,8			
		В	2,1				2,3				1,0			
2017	в день уборки	13,0	27,5	42,0	42,0	26,8	37,5	64,8	67,3	33,0	49,8	73,3	73,5	
	после дозревания	24,8	42,0	53,3	42,5	36,8	48,3	75,3	69,3	42,0	62,8	85,5	76,0	
	НСР <sub>05</sub>	А	1,5				1,1				1,2			
		В	1,9				2,2				1,4			
2018	в день уборки	8,0	18,2	29,5	29,6	17,9	26,1	45,6	47,8	21,6	34,0	51,3	50,6	
	после дозревания	16,4	29,1	36,0	28,9	24,3	32,7	52,2	49,1	28,3	41,9	58,7	51,9	
	НСР <sub>05</sub>	А	1,1				0,6				1,0			
		В	1,1				1,6				1,3			

*Примечание.* \* м. – молочная спелость; в. н. – начало восковой спелости; в. к. – конец восковой спелости; т. – твердая спелость.

Для каждой культуры характерна своя определенная фаза созревания семян, в которой они обладают наивысшими биологическими свойствами. Так, Есоян Е. А. выявила, что максимальная всхожесть семян эхинацеи пурпурной наступает в фазе середины восковой спелости (71%) [18]. Аналогичные результаты получил Макрушин Н. М., изучая качество семян аниса, фенхеля и шалфея мускатного [11]. А в исследованиях Астафьевой В. Е. самая высокая всхожесть семян чернушки посевной наблюдалась в фазе твердой спелости [19].

При раздельной уборке данные показатели были выше, что свидетельствует о высокой интенсивности процесса реутилизации органических веществ из стареющих вегетативных органов в семена. В 2016 г. при уборке растений в снопы в молочном состоянии активность наклеивания составила – 27,5 %, энергия прорастания – 40,5 %, лабораторная всхожесть – 45,8 %, в конце восковой спелости – 56,5; 78,3 и 88,8 %, а в твердой – 46,0; 72,8 и 79,8 % соответственно.

Другие авторы также указывают на преимущество раздельной уборки для получения посевного материала с лучшими биологическими свойствами [11, 18, 19].

На третий год вегетации (2017 г.) пустырника пятилопастного получены аналогичные результаты, а на четвертый – показатели значительно снизились вследствие экстремальных погодных условий и возрастных изменений. Засуха и высокие температуры воздуха привели к сокращению вегетационного периода растений и формированию более мелких семян, которые не накопили достаточного количества органических веществ. При прямом обмолоте в конце восковой спелости активность наклеивания в этом году составила 29,5 %, энергия прорастания – 45,6 %, лабораторная всхожесть – 51,3 %, а в твердой – 29,6; 47,8 и 50,6 % соответственно. При раздельной уборке данные показатели были выше: 36,0; 52,2 и 58,7 % – в конце восковой спелости и 28,9, 49,1 и 51,9 % – в твердой соответственно.



Важными параметрами оценки качества посевного материала является интенсивность роста проростков и полевая всхожесть. Н. М. Макрушин в своих исследованиях на пшенице озимой сорта Мироновская 808 выявил, что из семян с более высокой массой стеблей и корешков проростков, формируются растения с высокой семенной продуктивностью [11]. Опыты, проведенные Н. К. Ижицом на материалах сортоучастков юго-западной Лесостепи Украины, показали достаточно высокую корреляцию между полевой всхожестью и урожайностью зерновых культур (коэффициенты корреляции – 0,600 и 0,930) [20].

При определении данных параметров у пустырника пятилопастного выявлено преимущество метода скашивания растений в валки с последующим дозреванием семян.

В 2016 г. при прямой уборке количество проростков на 100 высеянных семян составило 78,4 шт., при раздельной – 88,3 шт., масса стеблей – 0,904 и 1,076 г, а корешков – 0,595 и 0,827 г соответственно. Аналогичные результаты получили и в 2017 г.

В 2018 г., вследствие высокой средней температуры воздуха в апреле и мае (14,1 и 18,5 °С, среднегодовые показатели – 11,9 и 15,1 °С соответственно), а также продолжительного засушливого периода (количество осадков – 8,3 и 12,2 мм, среднегодовые показатели – 34 и 41 мм соответственно), длительность вегетационного периода растений пустырника пятилопастного сократилась и семена не накопили достаточного количества сухого вещества, что повлияло на снижение их биологических свойств. Количество проростков на 100 высеянных семян при первом способе уборки в этом году составили: 51,8 шт., а масса стеблей и корешков – 0,601 и 0,396 г, а при втором – 59,5 шт., 0,720 и 0,554 г соответственно (таблица 3).

**Таблица 3 – Интенсивность роста проростков пустырника пятилопастного (2016–2018 гг.)**

Год	Срок обмолота (Фактор А)	Количество проростков, шт.	Масса стеблей, г	Масса корешков, г
2016	в день уборки	78,4	0,904	0,595
	после дозревания	88,3	1,076	0,827
	НСР <sub>05</sub>	4,0	0,147	0,093
2017	в день уборки	73,4	0,854	0,564
	после дозревания	83,5	1,015	0,779
	НСР <sub>05</sub>	3,8	0,140	0,088
2018	в день уборки	51,8	0,601	0,396
	после дозревания	59,5	0,720	0,554
	НСР <sub>05</sub>	3,3	0,099	0,062

Самая высокая полевая всхожесть пустырника наблюдалась при раздельном способе уборки с последующим дозреванием семян в снопах. В среднем за период исследований превышение данного показателя относительно прямого обмолота растений составило 24 % (72,37 %, при прямом обмолоте – 58,30 %) (таблица 4).

**Таблица 4 – Полевая всхожесть семян пустырника пятилопастного, % (2016–2018 гг.)**

Год	Срок обмолота (Фактор А)	Полевая всхожесть, %
2016	В день уборки	68,3
	После дозревания	81,8
	НСР <sub>05</sub>	2,54
2017	В день уборки	63,8
	После дозревания	78,3
	НСР <sub>05</sub>	2,82
2018	В день уборки	42,8
	После дозревания	57,0
	НСР <sub>05</sub>	2,23

Таким образом, семена пустырника пятилопастного с самыми высокими биологическими свойствами можно получить при отдельной уборке растений в фазе восковой спелости.

### Выводы

В результате проведенных исследований выявлено, что показатели активности наклевывания, энергии прорастания и лабораторной всхожести семян возрастают до конца восковой спелости (в среднем 39,5; 60,1 и 67,2 %) и остаются достаточно высокими в твердой (в среднем 39,0; 61,7 и 67,1 % соответственно). При отдельной уборке данные показатели были выше, что свидетельствует о высокой интенсивности процесса реутилизации органических веществ из стареющих вегетативных органов в семена (в фазе восковой спелости – 48,6; 68,6 и 77,7 %, в твердой – 39,1; 63,7 и 69,2 % соответственно).

Преимущество метода скашивания растений в валки с последующим дозреванием подтвердили опыты по определению интенсивности роста проростков (в среднем 77,1 шт., 0,937 и 0,720 г, при прямом обмолоте – 67,9 шт., 0,786 и 0,518 г, количество проростков, масса стеблей и корешков соответственно) и полевой всхожести (72,4 %, при прямом обмолоте – 58,3 %).

### Литература

1. Филипчук О. Д., Быкова О. А., Тхаганов Р. Р. Фитосанитарное состояние лекарственных культур Юга России // ТВАН. 2017. № 3 (11). С. 47–53.
2. Кулешов Н. Н. Агрономическое семеноведение. М.: изд-во сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, 1963. 304 с.
3. Рубаненко Н. Н., Павлов М. И., Титовский А. Г. Особенности формирования урожая и качества семян у различных сортов сои в Юго-Западной части ЦЧЗ // Земледелие и растениеводство. Достижение науки и техники АПК. 2008. № 9. С. 20–22.
4. Прохорова Н. А., Степанов А. Ф. Особенности формирования и период послеуборочного дозревания семян малораспространенных кормовых культур // Растениеводство, селекция и семеноводство. 2009. № 1 (14). С. 77–82.
5. Zagurskaya Yu. V., Vasil'ev V. G., Bogatyrev A. L., Bayandina I. I., Kukina T. P. Flavonoids and hydroxycinnamic acids from *Leonurus quinquelobatus* // Chemistry of Natural Compounds. 2015. Vol. 51 (1). P. 156–157.
6. Макрушин Н. М. Экологические основы промышленного семеноводства зерновых культур. М.: Агропромиздат, 1985. 280 с.
7. Строна И. Г. Общее семеноведение полевых культур. М.: Колос, 1966. 464 с.
8. Sermukhamedova O. V., Sakipova Z. B., Basargina Yu. G. Implementation of good principles of cultivation and gathering of medicinal plant raw materials of Turkestan motherwort and Turkestan valerian the Republic of Kazakhstan // The Journal of Almaty Technological University. 2017. Vol. 1:78. 83 p.
9. Bondarenko M. I., Bondarenko L. V. Methods of cultivation of motherwort and ruta in Pridnestrovie // Bulletin of the Pridnestrovian State University. Series "Medico-biological and chemical sciences". 2013. Vol. 2 (44). P. 226–230.
10. Международные правила анализа семян. М.: Колос, 1984. 310 с.
11. Макрушин Н. М., Макрушина Е. М., Шабанов Р. Ю., Есоян Е. А., Черемха Б. М. Семеноводство (методология, теория, практика). Учебник. Издание второе, дополненное и переработанное. Симферополь: ИТ «Ариал», 2012. 564 с.
12. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: Стандартинформ, 2011. 64 с.
13. ГОСТ Р 51096-97. Семена лекарственных и ароматических культур. Сортные и посевные качества. Технические условия. М.: Госстандарт России, 2003. 103 с.
14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
15. Николаева М. Г. Покой семян // Физиология семян. М.: Наука, 1982. С.125–183.
16. Реймерс Ф. Э., Илли И. Э. Прорастание семян и температура. Новосибирск: Наука, 1978. 168 с.
17. Bewley J. D., Bradford K. J., Hilhorst H. W. M., Nonogaki H. Seeds: physiology of development, germination and dormancy. Edition 3. Springer New York, 2012. 392 p.
18. Есоян Е. А. Важнейшие закономерности формирования семян эхинацеи пурпурной в онтогенезе // Насінництво: теорія і практика прогнозування продуктивності сортів і гібридів за якістю

насіння та садивного матеріалу: Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет». Сільськогосподарські науки. 2009. Вип. 127. С. 109–112.

19. Астафьева В. Е. Процесс формирования семян *Nigella sativa* и *Plantago psyllium* // Научные труды Крымского государственного агротехнологического университета. Серия «Сельскохозяйственные науки». 2005. Вып. 91. С. 191–195.

20. Ижик Н. К. Полевая всхожесть семян. К.: Урожай, 1975. 199 с.

## References

1. Filipchuk O. D., Bykova O. A., Tkhananov R. R. Phytosanitary conditions of medicinal crops of Southern Russia // Taurida Herald of the Agrarian Science. 2017. No. 3 (11). P.47–53.
2. Kuleshov N. N. Agronomical seed science. Moscow: Publisher of agricultural literature, magazines and posters, 1963. 304 p.
3. Rubanenko N. N., Pavlov M. I., Titovskaya A. G. Features of formation of a crop and quality of seeds at various breeds of soya in the southwest part of central-black earth region // Achievement of science and technology of AIC. 2008. No. 9. P. 20–22.
4. Prokhorova N. A., Stepanov A. F. Features of formation and the period of postharvest ripening of seeds of minor fodder crops // Crop, breeding and seed production. 2009. No. 1 (14). P. 77–82.
5. Zagurskaya Yu. V., Vasil'ev V. G., Bogatyrev A. L., Bayandina I. I., Kukina, T. P. Flavonoids and hydroxycinnamic acids from *Leonurus quinquelobatus* // Chemistry of Natural Compounds. 2015. Vol. 51 (1). P. 156–157.
6. Makrushin N. M. Ecological basis of industrial seed grain production. Moscow: Agropromizdat, 1985. 280 p.
7. Strona I. G. General seed science of field crops. Moscow: Kolos, 1966. 464 p.
8. Sermukhamedova O. V., Sakipova Z. B., Basargina Yu. G. Implementation of good principles of cultivation and gathering of medicinal plant raw materials of Turkestan motherwort and Turkestan valerian in the Republic of Kazakhstan // The Journal of Almaty Technological University. 2017. Vol. 1:78. 83 p.
9. Bondarenko M. I., Bondarenko L. V. Methods of cultivation of motherwort and ruta in Transnistria // Bulletin of the Pridnestrovian State University. Series “Medico-biological and chemical sciences”. 2013. Vol. 2 (44). P. 226–230.
10. International rules of seed analysis. Moscow: Kolos, 1984. 310 p.
11. Makrushin N. M., Makrushina E. M., Shabanov R. Yu., Esoyan E. A., Cheremkha B. M. Seed production (methodology, theory, practice). Textbook. 2nd edition, supplemented and revised. Simferopol: “Arial”, 2012. 564 p.
12. GOST 12038-84. Agricultural seeds. Methods for determination of germination. Moscow: Standartinform, 2011. 64 p.
13. GOST R 51096-97. Seeds of medicinal and aromatic crops. Varietal and sowing characteristics. Specifications. Moscow: State Standards of Russia, 2003. 103 p.
14. Dospikhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
15. Nikolaeva M. G. The rest of the seeds // Seed physiology. Moscow: Nauka, 1982. P. 125–183.
16. Reimers F. E., Illi I. E. Seed germination and temperature. Novosibirsk: Nauka, 1978. 168 p.
17. Bewley J. D., Bradford K. J., Hilhorst H. W. M., Nonogaki H. Seeds: physiology of development, germination and dormancy. Edition 3. Springer New York, 2012. 392 p.
18. Esoyan E. A. The most important laws of the formation of seeds of *Echinacea purpurea* in ontogeny // Plant production: theory and practice of forecasting the productivity of varieties and hybrids on the quality of seeds and seedlings: Scientific works of the Southern branch of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. “Crimean Agrotechnological University”. Agricultural Sciences. 2009. Vol. 127. P. 109–112.
19. Astafieva V. E. The process of seed formation *Nigella sativa* and *Plantago psyllium* // Scientific works of the Crimean state agrotechnological University. Agricultural science. Simferopol, 2005. Vol. 91. P. 191–195.
20. Izhik N. K. Field germination of seeds. Kiev: Urozhay, 1975. 199 p.

UDC 631.53.011

Yermolaeva M. V., Boldyreva L. L.

### **BIOLOGICAL PROPERTIES OF THE SEEDS OF MOTHERWORT FIVE-BLADED DEPENDING ON THE TIME AND METHOD OF HARVESTING UNDER CONDITIONS OF THE FOOTHILL ZONE OF THE CRIMEA**

**Summary.** The aim of the research was to specify the activity of sprouting, energy of germination, laboratory and field germination of seeds, as well as the intensity of sprout

*growth of motherwort five-bladed depending on the time and method of harvesting under conditions of the foothill zone of the Crimea. Long-lasting field experiment on studying motherwort five-bladed seed productivity was laid in 2015 on the territory of the Academy of Bioresources and Environmental Management (Academic Unit) of V.I. Vernadsky Crimean Federal University, triple replication. Laboratory experiments were carried out in the Laboratory of seed production at the Department of Phytobiology. In the laboratory, the seeds were sown in a germination chamber between layers of wet filter paper (100 pieces in four replications) and placed in a thermostat at a temperature 20–22 °C. The activity of sprouting was determined by the time when 50 % of seeds were sprouting. The energy of germination for *Leonurus quinquelobatus* L. was determined on the fourth day, and the laboratory germination – on the 12<sup>th</sup> day. To determine the intensity of sprout growth, the seeds were germinated in wet sand; then the number of shoots, mass of stems and roots was calculated. Field germination was determined by sowing seeds on the experimental plot at rate 100 pieces in one row of 2 m length; experiments were replicated four times. As a result of the conducted research, it was revealed that indicators of the activity of sprouting, energy of germination and laboratory germination of seeds increased up to the end of wax ripeness phase (on average – 39.5, 60.1 and 67.2 %). During separate harvesting, these figures were higher, which indicated a high intensity of the process of reutilization (48.6, 68.6 and 77.7 %, respectively). The advantage of the method of mowing plants into rolls with subsequent ripening was confirmed by the experiments on determining the intensity of sprouts growth (on average 77.1, 0.937 and 0.720 g; after direct threshing 67.9, 0.786 and 0.518 g (number of seedlings, mass of stems and roots, respectively) and field germination.*

**Keywords:** *motherwort five-bladed (*Leonurus quinquelobatus* L.), technology of cultivation, sprouting, energy of germination, laboratory germination, intensity of sprout growth, field germination, reutilization.*

Ермолаева Марина Вячеславовна, младший научный сотрудник отдела эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493 Россия Республика Крым, г. Симферополь ул. Киевская, 150; аспирант Академии биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»; 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, ул. Научная, 1; e-mail: shell0709@mail.ru.

Болдырева Любовь Леонидовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства факультета агрономии, садово-паркового и лесного хозяйства Академии биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»; 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, ул. Научная, 1; e-mail: Bolt58@ua.fm.

Yermolaeva Marina Vyacheslavovna, junior researcher of the Department of essential oil and medicinal crops FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya Str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; postgraduate student of the Academy of Bioresources and Environmental Management (Academic Unit) of V.I. Vernadsky Crimean Federal University; 1, Naychnaya str., vill. Agrarnoe, Simferopol, Republic of Crimea, 295492, Russia; e-mail: shell0709@mail.ru.

Boldyreva Lyubov Leonidovna, Cand. Sc. (Agr.), associate Professor of the Department of crop production Faculty of agronomy, gardening and forestry in of the Academy of Bioresources and Environmental Management (Academic Unit) of V.I. Vernadsky Crimean Federal University; 1, Naychnaya str., vill. Agrarnoe, Simferopol, Republic of Crimea, 295492, Russia; e-mail: Bolt58@ua.fm.

*Дата поступления в редакцию – 10.01.2019.*

*Дата принятия к печати – 30.01.2019.*



УДК 633.81

Золотилова О. М., Золотилев В. А., Скипор О. Б., Новиков И. А.

## ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ФЕНХЕЛЯ ОБЫКНОВЕННОГО ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ПРОДУКТИВНОСТИ

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

**Реферат.** Цель исследований – сравнительный анализ коллекционных образцов фенхеля обыкновенного по основным морфо-биологическим и хозяйственно ценным признакам, выделение наиболее продуктивных образцов. Фенхель обыкновенный (*Foeniculum vulgare* Mill.) относится к семейству Сельдерейные (Ariaceae). Его возделывают главным образом для получения эфирного масла, которое выделяют из семян и зеленой массы целого растения. Материал для исследования – коллекция фенхеля обыкновенного ФГБУН «НИИСХ Крыма», представленная 75 образцами из 28 стран мира. Исследования проводили в 2016–2018 гг. в соответствии с методическими указаниями по селекции эфиромасличных культур на опытном участке научного севооборота института в с. Крымская Роза Белогорского района Республики Крым. Изучали показатели продуктивности, морфо-биологические признаки, зимостойкость, содержание эфирного масла в зеленом сырье и его компонентный состав. Установлено, что все образцы имели высоту растений от 60 до 206 см и были пригодны к механизированной уборке. Выявлено, что по срокам наступления фазы технической спелости изучаемые образцы фенхеля делятся на ранне- средне- и позднеспелые. Все изучаемые образцы разделены на группы по основным признакам: урожайности зеленой массы, массовой доле и сбору эфирного масла с одного гектара. По сбору эфирного масла из зеленого сырья выделено 12 образцов, превышающих стандарты по этому признаку: Мэришиор – на 4,2–56,3 % и Оксамит Крыма – на 5,2–43,7 %. Они представляют интерес для последующей селекции как источники отдельных ценных признаков – зимостойкости, урожайности, содержанию и сбору эфирного масла. Максимальным потенциальным сбором эфирного масла из зеленого сырья характеризовался образец K112 ЙАР (514,9 кг/га).

**Ключевые слова:** фенхель обыкновенный *Foeniculum vulgare* Mill., коллекционный питомник, образец, массовая доля, сбор и компонентный состав эфирного масла.

### Введение

В настоящее время для производства эфирных масел в мире используется около 300 видов культурных и дикорастущих эфирносов [1]. Крымский полуостров по своим природно-климатическим условиям является одним из благоприятных регионов для выращивания эфиромасличных культур. Выращивание и переработка эфиромасличных растений составляют относительно небольшую долю в сельскохозяйственном производстве, даже в традиционных районах их возделывания. Однако практическая их ценность и экономика возделывания очень существенны. Эфирные масла и продукты, получаемые из эфиромасличного сырья, широко применяются в парфюмерно-косметическом, ликероводочном, фармацевтическом, лакокрасочном производствах, используются в пищевой промышленности [2]. «В связи с ориентацией государственной экономической политики Российской Федерации на импортозамещение в отношении социально значимых отраслей, продуктов и изделий, получение эфирных масел из собственного сырья является одной из первостепенных задач развития экономики страны. Необходимо решить задачу становления и развития отрасли, как части агропромышленного комплекса России, выведение ее на уровень, соответствующий мировым стандартам» [3].



Фенхель как лечебная трава известен со времен Древнего Рима, а фенхельное эфирное масло и «фенхельная вода» (дистилляционная вода, получаемая при отгонке масла с водяным паром) стали использоваться в медицине с начала XVI в. [4].

Фенхель обыкновенный (*Foeniculum vulgare* Mill.) – многолетнее травянистое растение высотой 1–2 м относится к семейству Сельдерейные (Ariaceae). Корень у него стержневой, мясистый, малоразветвленный. Стебель однолетний, прямостоячий, ветвистый, полый, округло-слаборебристый. Листья сильно рассеченные. Цветки мелкие желтой окраски. Соцветие – сложный зонтик, состоит из 10–25 простых зонтиков. Плод – продолговатая двусемянка зеленовато-бурого цвета, при созревании распадается на две семечки. Его возделывают, главным образом для получения эфирного масла, которое выделяют из семян и зеленой массы растения [4].

В 80–90-х годах двадцатого столетия фенхель выращивался во многих европейских странах и в США. Некогда производство фенхельного масла только во Франции достигало 500 т/год. Сейчас оно резко сократилось из-за конкуренции с синтетическим анетолом. В настоящее время фенхель культивируют в северных и южных районах Европы, в странах Азии (Индия, Китай, Япония), Северной и Южной Америки, а также в оазисах Африки [5].

В дореволюционной России фенхельное масло было предметом экспорта. Его производство на Украине было налажено сначала в 30-х годах, а затем после Второй мировой войны. В 80-е годы выработка фенхельного масла на Украине составляла в среднем 30 т/год [1].

Главные компоненты фенхельного масла – анетол (60–80 %), метилхавикол (3–15 %), фенхон (2–22 %) и монотерпеновые углеводороды. За счет окисления анетола в нем присутствует анисовый альдегид (0,5–2 %). «Сладкое» масло содержит минимальное количество фенхона, который имеет горький вкус. При переработке фенхеля целыми растениями в эфирном масле увеличивается содержание фенхона и терпеновых углеводородов [6]. Фенхельное масло представляет собой бесцветную или светло-желтую жидкость, при охлаждении которой можно выделить кристаллический анетол. Анетол используется в фармацевтической, пищевой и мыловаренной промышленности, а также в парфюмерии [4].

В настоящее время в странах СНГ фенхель возделывают на Украине, в Молдове и России – в регионах, характеризующихся теплым продолжительным периодом и мягкой зимой, чаще всего как многолетнюю культуру. Интересы сельхозпроизводителей требуют периодической сортосмены, создания новых сортов с повышенным содержанием эфирного масла в сырье, с высокой степенью устойчивости к абиотическим факторам внешней среды. Это связано прежде всего с необходимостью повышения продуктивности и адаптивности сортов, а также с потерей сортами устойчивости к различным патогенам [7]. Оценка и отбор коллекционного материала, представленного формами и образцами различного происхождения, имеет важное значение на начальных этапах селекционного процесса. Выдающийся вклад в учение об исходном материале внес Н. И. Вавилов. Он подчеркивал, что исследование местного материала должно быть базой селекционной работы, но наряду с этим всемерно должны быть использованы мировые стандартные сорта, все ботаническое разнообразие данной культуры [8].

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» является оригинатором двух сортов *Foeniculum vulgare* – Мэрцишор и Оксамит Крыма, внесенных в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации, допущенных к использованию [9]. В настоящее время продолжается селекционная работа, направленная на увеличение урожайности и массовой доли эфирного масла в плодах и зеленом сырье этой культуры [10].

**Цель исследований** – сравнительный анализ коллекционных образцов фенхеля обыкновенного по основным морфо-биологическим и хозяйственно ценным признакам, выделение наиболее продуктивных образцов.

#### **Материалы и методы исследований**

Для комплексной оценки и определения селекционной ценности коллекционных сортообразцов фенхеля обыкновенного различного эколого-географического происхождения был заложен питомник, включающий 75 коллекционных образцов, в том числе сорта отечественной и зарубежной селекции, гибриды и регенеранты сорта Мэрцишор.

Исследования проводили в 2016–2018 гг. на опытном участке научного севооборота ФГБУН «НИИСХ Крыма» в с. Крымская Роза Белогорского района, расположенном в восточной предгорной части Крыма. Этот регион относится к одному из пяти агроклиматических районов – верхнему предгорному. Почвы – предгорные карбонатные черноземы на элювии и делювии плотных карбонатных пород. Климат территории умеренно-континентальный: длина периода с температурой выше 10 °С около 5,5–6 месяцев, среднегодовая температура воздуха по данным метеостанции Белогорск – 9,8 °С. Среднегодовая сумма осадков составляет 450–500 мм. ГТК в среднем равен 0,92, что свидетельствует об умеренно-засушливом характере агроклиматических условий в период вегетации [11]. В период проведения полевых исследований наблюдалось варьирование температуры воздуха и количества выпавших осадков по сравнению со средними многолетними данными. Годы исследований существенно различались по погодным условиям. Наиболее жарким и засушливым был 2018 г. (количество осадков составило 341,6 мм), более благоприятными по обеспеченности влагой и умеренные по температурному режиму – 2016 и 2017 гг. (количество осадков – 542,8 и 569,7 мм соответственно).

В исследованиях руководствовались методическими указаниями по селекции эфиромасличных культур [12]. Опыт заложен в двукратной повторности, посев ручной проведен весной 2016 г. Схема посева: деланки 2,0 × 0,6 м. Сорта Мэрцишор и Оксамит Крыма располагали через каждые шесть образцов.

В ходе исследований анализировали:

- морфо-биологические и хозяйственно ценные признаки (продолжительность вегетационного периода, высота растений). Зимостойкость определяли у растений второго и третьего года вегетации весной в начале отрастания по степени повреждения после перезимовки;
- показатели продуктивности (урожайность зеленой массы, массовая доля эфирного масла (МДЭМ) в сыром сырье, компонентный состав эфирного масла в сыром сырье).

Величина выхода эфирного масла для данного вида растительного материала не является постоянной и определяется, во-первых, его содержанием в перерабатываемом сырье и, во-вторых, полнотой извлечения. В свою очередь содержание летучих метаболитов в растениях зависит от фазы развития растения, условий произрастания, погодных-климатических условий [13].

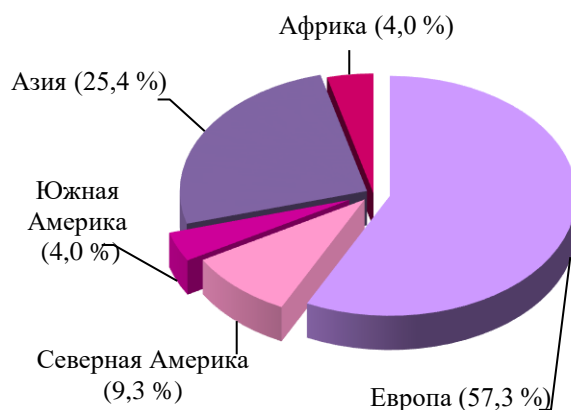
Урожайность зеленой массы определяли непосредственно в полевых условиях, путем взвешивания срезанных на высоте 10–15 см от поверхности почвы растений. Массовую долю эфирного масла в свежесобранном сырье фенхеля определяли в фазе массового цветения методом гидродистилляции на аппаратах Гинзберга [14]. Компонентный состав масла исследовали методом газожидкостной хроматографии на приборе Кристалл 5000.2 с пламенно-ионизационным детектором (ПИД), колонка – CR-WAX (30 м × 0,32 мм, толщина неподвижной фазы 0,5 мкм). Температура инжектора – 250 °С; программирование температуры – от 75 °С со скоростью 4 °С/мин, до 220 °С

выдержка – 5 мин; газ-носитель – N<sub>2</sub> скорость потока – 1,9 мл/мин, деление потока – 40:1; температура ПИД – 250 °С.

Проведена статистическая обработка полученных данных [15].

### Результаты и их обсуждение

Коллекция фенхеля обыкновенного представлена 75 образцами из 28 стран мира (Германия, Франция, Польша, Аргентина, США, Афганистан, Марокко и др.) и включает сорта отечественной и зарубежной селекции (Мэрцишор, Оксамит Крыма, Крымский, Феникс, Помория), гибриды (рисунок 1). Кроме того, в коллекцию включены регенеранты сорта Мэрцишор, полученные в лаборатории биотехнологии нашего института с использованием биотехнологических методов [16, 17].



**Рисунок 1 – Распределение коллекционных образцов фенхеля обыкновенного по регионам происхождения**

Отрастание коллекционных образцов фенхеля обыкновенного в 2017 г. отмечали в период с 11-го по 20-е марта. По степени повреждения растений на учетных делянках, определяли зимостойкость изучаемых образцов. Установлено, что наивысшую зимостойкость (5 баллов) имели 24 образца. Сорта Мэрцишор и Оксамит Крыма также характеризовались высокой зимостойкостью – 5 баллов. В 2018 г. отрастание коллекционных образцов отмечали в период с 26-го февраля по 6-е марта. Зимостойкость в 5 баллов имели 48 коллекционных образцов, в том числе и указанные сорта.

В результате ранее проведенных фенологических наблюдений и биометрических измерений установлено, что все коллекционные образцы фенхеля пригодны к механизированной уборке [18].

Продолжительность вегетационного периода от отрастания до наступления технической спелости у изучаемых образцов фенхеля обыкновенного находилась в пределах от 95 до 130 дней. Это позволило нам распределить все образцы на три группы:

1. Раннеспелые – 34 образца (45 %);
2. Среднеспелые – 39 образцов (52 %);
3. Позднеспелые – 2 образца (3 %).

Наиболее многочисленной является группа среднеспелых образцов с продолжительностью вегетационного периода от 105 до 115 дней. Сорта Мэрцишор и Оксамит Крыма относятся к этой группе.

В ходе изучения генетического разнообразия коллекции фенхеля обыкновенного выделено 12 образцов по одному из самых важных показателей продуктивности – сбору эфирного масла. Далее в таблицах приведены данные этих образцов в сравнении с сортами Мэрцишор и Оксамит Крыма.

При анализе одного из важных косвенных показателей, используемых при определении продуктивности зеленой массы фенхеля обыкновенного, – высоты

растений (первого–третьего годов вегетации) отмечены существенные различия образцов между собой, что отразилось на урожайности зеленой массы и сборе эфирного масла. Диапазон изменчивости высоты растений у изучаемых образцов достаточно велик: от 60,3 см у образца К63 АРЕ и до 150,5 см у Р-604-58 в 2016 г.; от 123,2 см у образца К24 Афганистан, до 206,1 см у сорта Феникс в 2017 г.; от 95,4 см у образца К124 Швейцария до 185,5 см у образца К18 999 в 2018 г. У сорта Мэрцишор в среднем за 2016–2018 гг. этот показатель составил – 132,8 см, у сорта Оксамит Крыма –145,0 см. Таким образом, средние различия между крайними вариантами достигали 80–90 см (таблица 1).

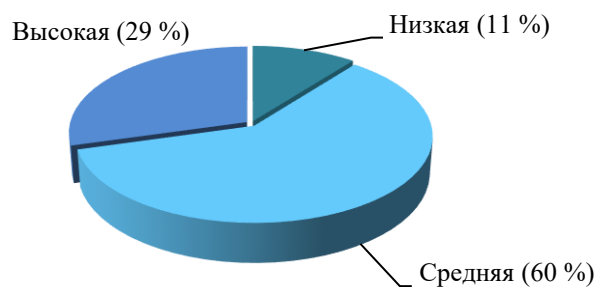
**Таблица 1 – Высота растений выделившихся коллекционных образцов фенхеля**

Наименование образца	Страна происхождения	Высота растения, см			
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее за 2016–2018 гг.
Мэрцишор	Россия	96,5 ± 10,7	153,0 ± 18,1	149,0 ± 3,7	132,8 ± 25,7
Оксамит Крыма	Россия	106,0 ± 8,9	163,3 ± 11,8	166,0 ± 5,8	145,0 ± 27,6
К111 Аргентина	Аргентина	100,8 ± 10,5	162,0 ± 16,1	150,0 ± 5,4	137,3 ± 26,8
К9 Канада	Канада	103,7 ± 4,1	177,0 ± 12,5	158,0 ± 8,1	146,0 ± 31,4
К34 Азербайджан	Азербайджан	109,3 ± 4,1	173,0 ± 12,5	164,0 ± 4,8	148,7 ± 28,1
К789 Италия	Италия	101,2 ± 6,4	179,1 ± 14,3	161,2 ± 3,8	147,1 ± 33,2
Феникс	Болгария	109,0 ± 3,7	206,1 ± 8,9	176,1 ± 2,3	163,7 ± 40,6
К126 Бельгия	Бельгия	105,0 ± 7,7	176,2 ± 5,4	167,2 ± 2,4	149,4 ± 31,5
К74 Венгрия	Венгрия	84,2 ± 7,8	164,1 ± 7,4	156,1 ± 5,8	134,7 ± 35,8
К784 Швейцария	Швейцария	82,0 ± 9,3	156,3 ± 10,8	146,2 ± 3,8	126,2 ± 32,7
Дагестан	Россия	100,8 ± 5,3	175,0 ± 10,0	155,8 ± 1,9	143,6 ± 31,3
К112 ЙАР	ЙАР	79,1 ± 3,7	126,3 ± 10,2	115,6 ± 3,2	107,0 ± 20,1
К20 Израиль	Израиль	80,0 ± 5,4	147,1 ± 7,6	144,1 ± 3,7	123,6 ± 30,9
К16 Иран	Иран	89,2 ± 7,3	155,1 ± 6,1	143,2 ± 4,0	129,1 ± 28,7

Следует отметить, что 2017 г. был наиболее благоприятным по обеспеченности влагой, что обусловило большую высоту растений фенхеля, и, как следствие, большую урожайность зеленой массы.

Во время полного цветения растений проведен учет урожайности зеленой массы и содержания эфирного масла в зеленом сырье образцов. По урожайности зеленой массы в среднем за три года все образцы условно разделены на три группы: первая – с низкой урожайностью, до 300 ц/га – 8 образцов, или 11 % от общего количества; вторая – со средней урожайностью, от 300 до 600 ц/га – 45 образцов (60 %); третья – с высокой урожайностью, свыше 600 ц/га – 19 образцов (29 %) (рисунок 2).

Диапазон изменчивости образцов по урожайности весьма значителен: в 2016 г. – от 75,0 ц/га у образца К122 Швеция до 325,8 ц/га у образца К16 Иран; в 2017 г. – от 270 ц/га у образца К122 Швеция до 1646,7 ц/га у образца К111 Аргентина и в 2018 г. – от 208,3 ц/га у образца К15 Канада до 916,6 ц/га у образца К58 Азербайджан (таблица 2).

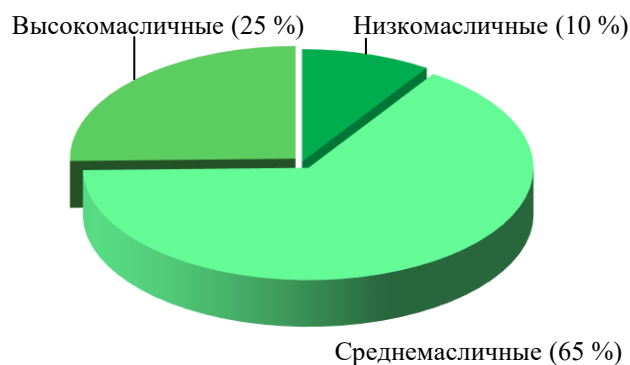


**Рисунок 2 – Распределение коллекционных образцов фенхеля по урожайности зеленой массы**

**Таблица 2 – Урожайность выделившихся коллекционных образцов фенхеля**

Наименование образца	Страна происхождения	Урожайность, ц/га			
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее за 2016–2018 гг.
Мэрцишор	Россия	139,5 ± 13,7	1127,8 ± 201,9	570,7 ± 20,9	612,7 ± 286,1
Оксамит Крыма	Россия	177,8 ± 5,6	1058,3 ± 56,9	574,9 ± 12,8	603,7 ± 254,6
K111 Аргентина	Аргентина	371,3 ± 7,5	1646,7 ± 53,2	695,8 ± 24,4	904,4 ± 382,5
K9 Канада	Канада	244,5 ± 6,9	973,0 ± 29,3	479,1 ± 46,4	565,7 ± 214,8
K34 Азербайджан	Азербайджан	317,5 ± 2,9	1333,7 ± 35,9	474,9 ± 33,8	708,7 ± 315,8
K789 Италия	Италия	247,6 ± 8,4	1040,0 ± 42,2	479,1 ± 16,0	588,9 ± 235,2
Феникс	Болгария	279,4 ± 17,5	1173,4 ± 126,1	416,6 ± 15,3	623,1 ± 277,9
K126 Бельгия	Бельгия	310,9 ± 5,2	1366,7 ± 79,1	508,3 ± 8,9	838,8 ± 527,9
K74 Венгрия	Венгрия	267,4 ± 8,1	1150,0 ± 134,1	354,1 ± 18,5	590,5 ± 280,9
K784 Швейцария	Швейцария	281,8 ± 7,5	1183,4 ± 92,0	524,9 ± 7,7	663,4 ± 269,4
Дагестан	Россия	286,3 ± 36,4	1116,7 ± 32,4	433,3 ± 15,6	612,1 ± 255,8
K112 ЙАР	ЙАР	235,8 ± 19,1	966,7 ± 35,9	499,9 ± 27,5	567,5 ± 213,7
K20 Израиль	Израиль	232,6 ± 2,0	1000,0 ± 16,6	366,6 ± 17,2	533,1 ± 236,6
K16 Иран	Иран	325,8 ± 7,1	1433,4 ± 66,6	579,1 ± 28,8	779,4 ± 335,1

Важным показателем продуктивности для эфиромасличных растений является массовая доля эфирного масла (МДЭМ). Этот показатель за годы исследований характеризовался довольно широким диапазоном изменчивости – от 0,250 до 1,000 % от сырой массы (1,028 – 4,351 % от абсолютно сухой массы). Все изучаемые образцы также разделили на три группы: первая группа, включающая 7 (10 %) низкомасличных образцов (с МДЭМ менее 0,450 %); вторая группа наиболее многочисленная – 45 (65 %) среднемасличных образцов (с МДЭМ 0,450–0,650 %) и третья группа – 19 (25 %) высокомасличных образцов (с МДЭМ выше 0,650 %) (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Распределение коллекционных образцов фенхеля по массовой доле эфирного масла в сырье**

У сортов Мэрцишор и Оксамит Крыма величина этого показателя составила соответственно 0,620 % на сырой вес (2,595 % на абсолютно сухой вес) и 0,646 % на сырой вес (2,770 % на абсолютно сухой вес) (таблица 3).

Подсчитан потенциальный сбор эфирного масла с одного гектара, как основной хозяйственно важный показатель. По этому показателю все образцы также были распределены на три группы: первая – включает 6 (8 % от общего количества) образцов с низким сбором эфирного масла (до 150 кг/га), вторая группа – 38 (51 %) образцов со средним сбором эфирного масла (от 150 до 300 кг/га) и третья группа – 31 (41 %) образец с высоким сбором эфирного масла (более 300 кг/га) (рисунок 4).



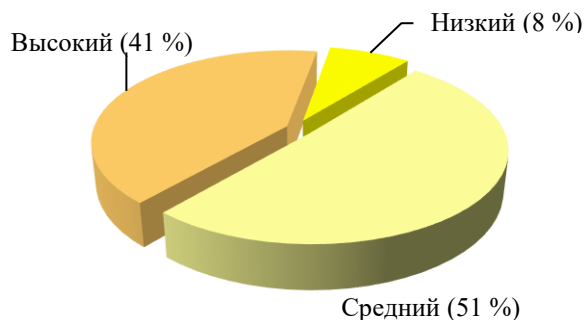


Рисунок 4 – Распределение образцов по сбору эфирного масла в зеленом сырье фенхеля

Таблица 3 – Массовая доля эфирного масла выделившихся коллекционных образцов фенхеля

Наименование образца	Массовая доля эфирного масла, % от:							
	с.м.		а.с.м.		с.м.		а.с.м.	
	2016 г.		2017 г.		2018 г.		среднее за 2016-2018 гг.	
Мэрцишор	0,725	3,330	0,430	1,742	0,705	2,713	0,620	2,595
Оксамит Крыма	0,737	3,356	0,525	2,364	0,675	2,590	0,646	2,770
K111 Аргентина	0,513	2,570	0,300	1,460	0,525	2,163	0,446	2,064
K9 Канада	0,600	3,006	0,675	3,286	0,750	2,837	0,675	3,043
K34 Азербайджан	0,600	3,006	0,625	2,637	0,750	2,817	0,658	2,820
K789 Италия	0,800	3,668	0,600	2,921	0,675	2,686	0,692	3,092
Феникс	0,725	3,184	0,575	2,799	0,825	3,099	0,708	3,027
K126 Бельгия	0,725	3,184	0,650	2,810	0,500	1,869	0,625	2,617
K74 Венгрия	0,625	2,745	0,700	3,026	0,450	1,668	0,592	2,479
K784 Швейцария	0,625	2,745	0,825	3,567	0,400	1,509	0,617	2,607
Дагестан	0,600	2,611	0,575	2,495	0,500	1,996	0,558	2,367
K112 ЙАР	0,700	3,612	0,975	4,230	0,875	3,493	0,850	3,778
K20 Израиль	0,600	2,611	0,875	3,796	0,775	3,094	0,750	3,167
K16 Иран	0,725	3,154	0,525	2,215	0,463	1,848	0,571	2,405
НСР <sub>005</sub>	0,038	0,177	0,043	0,198	0,026	0,101	0,141	0,540

Диапазон изменчивости по сбору эфирного масла составил: в 2016 г. – от 50,9 кг/га у образца K1 Германия до 236,2 кг/га у образца K16 Иран; в 2017 г. – от 83,7 кг/га у образца K38 Узбекистан до 976,3 кг/га у образца K784 Швейцария и в 2018 г. – от 83,3 кг/га у образца K15 Канада до 437,4 кг/га у образца K112 ЙАР. В среднем по сбору эфирного масла из зеленого сырья за все три года исследований выделились 12 образцов, превышающие стандарты по этому признаку на 4,2–56,3 % Мэрцишор и на 5,2–43,7 % Оксамит Крыма (таблица 4). У сортов величина этого показателя составила 329,4 кг/га у сорта Мэрцишор и 358,4 кг/га у сорта Оксамит Крыма. Наибольшим потенциальным сбором эфирного масла характеризовался образец K112 ЙАР (514,9 кг/га). Столь высокие различия между образцами свидетельствуют о перспективности отбора в коллекции по данному показателю.

Анализ компонентного состава выделившихся образцов фенхеля показал, что диапазон изменчивости их по содержанию наиболее ценного компонента – анетолы – составил в среднем за три года 55,5–72,8 %. Максимальное содержание этого компонента отмечено в эфирном масле образцов K112 ЙАР и K9 Канада – 72,8 и 70,5 % соответственно (таблица 5).

**Таблица 4 – Сбор эфирного масла в выделившихся коллекционных образцах фенхеля**

Наименование образца	Страна происхождения	Сбор эфирного масла, кг/га			
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	среднее за 2016–2018 гг.
Мэрцишор	Россия	101,1 ± 9,9	484,9 ± 86,8	402,3 ± 14,7	329,4 ± 116,6
Оксамит Крыма	Россия	131,2 ± 4,2	555,6 ± 29,9	388,1 ± 8,7	358,3 ± 123,4
K111 Аргентина	Аргентина	190,5 ± 3,8	494,0 ± 15,9	365,3 ± 12,8	349,9 ± 87,7
K9 Канада	Канада	146,7 ± 4,1	657,0 ± 19,8	359,3 ± 34,8	387,7 ± 147,9
K34 Азербайджан	Азербайджан	190,5 ± 1,7	833,5 ± 22,4	356,2 ± 25,3	460,1 ± 192,7
K789 Италия	Италия	198,1 ± 6,7	624,0 ± 25,3	323,4 ± 10,8	381,8 ± 126,4
Феникс	Болгария	202,6 ± 12,7	674,7 ± 72,5	343,7 ± 12,6	407,0 ± 139,9
K126 Бельгия	Бельгия	225,4 ± 3,8	888,4 ± 51,4	254,1 ± 4,5	454,6 ± 216,4
K74 Венгрия	Венгрия	167,1 ± 5,1	805,0 ± 93,9	159,3 ± 8,4	377,1 ± 213,9
K784 Швейцария	Швейцария	176,1 ± 4,7	976,3 ± 75,9	209,9 ± 3,1	456,62 ± 61,3
Дагестан	Россия	171,8 ± 21,9	642,1 ± 18,6	216,6 ± 7,9	343,5 ± 149,9
K112 ЙАР	ЙАР	165,1 ± 13,4	942,2 ± 35,0	437,4 ± 24,1	514,9 ± 227,7
K20 Израиль	Израиль	139,6 ± 1,2	875,0 ± 14,5	284,1 ± 13,3	432,9 ± 224,9
K16 Иран	Иран	236,2 ± 5,1	752,5 ± 35,0	268,1 ± 13,4	418,9 ± 167,0

**Таблица 5 – Компонентный состав эфирного масла выделившихся коллекционных образцов фенхеля (2016–2018 гг.)**

Наименование образца	Страна происхождения	Анетол, %	Фенхон, %	Метилхавикол, %
Мэрцишор	Россия	62,968 ± 3,031	3,855 ± 1,739	2,467 ± 0,168
Оксамит Крыма	Россия	60,696 ± 0,662	4,217 ± 1,468	2,378 ± 0,122
K111 Аргентина	Аргентина	55,532 ± 2,779	4,176 ± 0,462	2,211 ± 0,137
K9 Канада	Канада	70,488 ± 3,639	2,455 ± 1,107	2,602 ± 0,225
K34 Азербайджан	Азербайджан	58,412 ± 4,096	3,607 ± 1,575	2,241 ± 0,118
K789 Италия	Италия	67,514 ± 1,264	2,989 ± 1,365	2,587 ± 0,053
Феникс	Болгария	67,598 ± 4,166	3,851 ± 2,246	2,539 ± 0,072
K126 Бельгия	Бельгия	56,824 ± 2,573	4,698 ± 2,396	2,350 ± 0,046
K74 Венгрия	Венгрия	70,246 ± 6,338	1,099 ± 0,516	2,241 ± 0,141
K784 Швейцария	Швейцария	65,183 ± 9,299	2,379 ± 1,431	2,052 ± 0,132
Дагестан	Россия	69,640 ± 6,703	0,527 ± 0,102	2,660 ± 0,182
K112 ЙАР	ЙАР	72,797 ± 1,246	3,817 ± 1,613	2,774 ± 0,053
K20 Израиль	Израиль	61,948 ± 2,654	3,491 ± 1,614	2,441 ± 0,102
K16 Иран	Иран	55,649 ± 1,482	1,849 ± 0,804	3,946 ± 0,899

Образцы, характеризующиеся высокой изменчивостью по основным показателям продуктивности (содержание эфирного масла, урожайность, сбор эфирного масла) и другим хозяйственно полезным признакам, представляют наибольший интерес для селекционных исследований, поскольку есть возможность проводить в них отбор с целью выделения высокопродуктивных генотипов и создания на их основе новых эффективных сортов.

#### Выводы

В результате комплексного изучения коллекционных образцов фенхеля обыкновенного установлена высокая степень изменчивости многих из них по морфобиологическим и хозяйственно полезным признакам.

Все изучаемые образцы распределены на группы:

- по урожайности зеленой массы: низкоурожайные (до 300 ц/га), среднеурожайные (300–600 ц/га) и высокоурожайные (более 600 ц/га);
- по содержанию эфирного масла: низкомасличные (до 0,450 %), среднемасличные (0,450–0,650 %) и высокомасличные (более 0,650 %);

– по сбору эфирного масла: с низким (до 150 кг/га), средним (150–300 кг/га) и высоким (более 300 кг/га) сбором эфирного масла.

По основным показателям продуктивности – урожайности зеленой массы и сбору эфирного масла выделены 12 образцов, перспективных для дальнейших селекционных исследований. Наибольшим потенциальным сбором эфирного масла характеризовался образец К112 ЙАР (514,9 кг/га).

### Литература

1. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнева А. В., Назаренко Л. Г. Эфиромасличная отрасль Крыма. Вчера, сегодня, завтра: 2-ое издание, дополненное. Симферополь: ИТ «АРИАЛЬ», 2018. 320 с.
2. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнева А. В. История, современное состояние и перспективы развития эфиромасличной отрасли // Аграрный вестник Урала. 2017. № 11 (165). С. 37–46.
3. Полякова Н. Ю. Современное состояние эфиромасличной отрасли в Крыму // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия «Экономика. Информатика». 2017. Т. 43. № 16 (265). С. 75–79.
4. Войткевич С. А. Эфирные масла для парфюмерии и ароматерапии М.: Пищевая промышленность, 1999. 329 с.
5. Назаренко Л. Г., Афонин А. В. Эфиросы юга Украины. Симферополь: Таврия, 2008. 144 с.
6. Ткаченко К. Г. Эфиромасличные растения и эфирные масла: достижения и перспективы, современные тенденции изучения и применения // Вестник Удмуртского университета. 2011. Вып. 1. С. 88–100.
7. Черкашина Е. В. Экономика и организация рационального использования и охраны земель эфиромасличной и лекарственной отрасли в Российской Федерации. Автореф. дисс. ... д-ра экономических наук. М.: ФГБОУ ВПО «Государственный университет по землеустройству», 2014. 39 с.
8. Вавилов Н. И. Теоретические основы селекции. М.: «Наука», 1987. 511 с.
9. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформбюро», 2018. 504 с.
10. Золотилова О. М., Золотилова В. А., Скипор О. Б., Ставцева И. В. Сравнительный анализ регенерантов фенхеля обыкновенного по основным морфо-биологическим и хозяйственно ценным признакам // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 3 (11). С. 9–16.
11. Савчук Л. П. Климат предгорья Крыма и эфиросы. Симферополь, 2006. 76 с.
12. Селекция эфиромасличных культур: методические указания // Под ред. Аринштейн А. И. Симферополь, 1977. 151 с.
13. Ткачёв А. В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск: издательско-полиграфическое предприятие «Офсет». 2008. 969 с.
14. Биохимические методы анализа эфиромасличных растений и эфирных масел. Симферополь, 1972. 107 с.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
16. Егорова Н. А., Ставцева И. В. Использование биотехнологических методов для создания исходного селекционного материала у некоторых эфиромасличных растений // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (59). С. 122–131.
17. Menoret Y., Vladescu B., Desmarest P. Biotechnologies et aromes // C. R. Acad. Agr. Fr. 1988. Vol. 74. No. 7. P. 57–66.
18. Золотилова О. М. Изучение коллекционных образцов фенхеля обыкновенного по основным морфобиологическим признакам // Таврический вестник аграрной науки. 2013. № 1. С. 40–42.

### References

1. 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", 2018. P. 320 p.
2. 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.
3. Poliakova N. Yu. Current state of the essential oil branch in the Crimea // Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics. Information technologies. 2017. Vol. 43. No. 16 (265). P. 75–79.
4. Voytkevich S. A. Essential oils for perfumery and aromatherapy. Moscow: Pischevaya promyshlennost (Food industry), 1999. 329 p.
5. Nazarenko L. G., Afonin A. V. Essential-oil plants of South Ukraine. Simferopol: Tauria, 2008. 144 p.
6. Tkachenko K. G. Essential oils plants and essential oils: progress and perspectives, modern tendencies of research and application // Bulletin of Udmurt University. 2011. Is. 1. P. 88–100.

7. Cherkashina E. V. Economics and organization of rational use and protection of lands for the purpose of the essential oil and medicinal industry in the Russian Federation. Authors' abstract ... Dr. Sc. (Econ.). Moscow: FSBEI HL State University of Land Use Planning, 2014. 39 p.
8. Vavilov N. I. Theoretical bases of selection. Moscow: "Nauka", 1987. 511 p.
9. State Registry of Selection Achievements Accepted for Usage. Vol. 1. "Plants varieties" (official issue). Moscow: FSBSI "Rosinfobrmagrotekh", 2018. 504 p.
10. Zolotilova O. M., Zolotilov V. A., Skipor O. B., Stavtseva I. V. Comparative analysis of regenerants of common fennel according to the basic morphological and biological features and economically valuable qualities // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2017. No. 3 (11). P. 9–16.
11. Savchuk L. P. The climate of the foothill areas of the Crimea and essential oil crops. 2006. 76 p.
12. Essential oils crops breeding: methodological guidelines // Ed. by Arinshteyn A.I. Simferopol, 1977. 151 p.
13. Tkachev A. V. Research on plant volatiles. Novosibirsk: Publishing and printing company "Offset", 2008. 969 p.
14. Biochemical methods of analysis of essential oil plants and essential oils. Simferopol, 1972. 107 p.
15. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results) Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
16. Yegorova N. A., Stavtseva I. V. Use of biotechnological methods for creation initial breeding material in some essential oil plants // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2016. No. 2 (59). P. 122–131.
17. Menoret Y., Vladescu B., Desmarest P. Biotechnologies et aromes // C. R. Acad. Agr. Fr. 1988. Vol. 74. No. 7. P. 57–66.
18. Zolotilova O. M. The study of collection fennel on the base morphological and biological features // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2013. No. 1. P. 40–42.

UDC 633.81

Zolotilova O. M., Zolotilov V. A., Skipor O. B., Novikov I. A.

#### **EVALUATION OF COLLECTION SAMPLES OF FENNEL (*FOENICULUM VULGARE*) BY INDICATORS OF PRODUCTIVITY**

**Summary.** *The aim of the research was to conduct a comparative analysis of the basic morphological and biological features and economically valuable qualities of common fennel and to identify the most productive samples. Common fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) is a flowering plant species in the celery family (*Apiaceae*). It is cultivated, mainly, for the production of essential oil, which is extracted from the fruits and green mass of the plant. Collection of common fennel represented by 75 samples from 28 countries served as the material for the study. Studies were carried out on the experimental field of the FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea" (village Krymskaya Roza, Belogorskiy district, Republic of Crimea) from 2016 to 2018 according to the methodological guidelines for the essential oil crops breeding. We studied productivity indicators, morphological and biological characteristics, winter hardiness, essential oil content in green raw materials and its component composition. It was established that all samples were suitable for mechanized harvesting since the height of plants reached 60 to 206 cm. The studied samples of fennel were divided into early- mid- and late-ripening groups according to the dates of technical ripeness. All studied samples were also divided into groups according to the main features: yield of green mass, mass fraction and amount of essential oil collected from one hectare. For the last three years of research, we identified 12 samples that exceeded the standards by collecting essential oil from green raw materials: 'Mertsishor' by 4.2–56.3 % and 'Oksamyt Kryma' (Velvet of the Crimea) by 5.2–43.7 %. These samples are of interest for further breeding work as sources of individual valuable traits such as winter hardiness, productivity, and essential oil content. The maximum potential amount of essential oil from green raw materials had sample 'K112 YAR' (514.9 kg/ha).*

**Keywords:** *common fennel *Foeniculum vulgare* Mill., field trial nursery, sample, mass fraction of the essential oil.*

Золотилова Ольга Михайловна, научный сотрудник лаборатории поддержания стабильности и качества сортов ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: olya\_zolotilova@mail.ru.

Золотилев Виктор Анатольевич, 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: viktor\_zolotilov@mail.ru.

Скипор Олег Болеславович, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом эфиромасличных и лекарственных культур, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: oleg\_skipor@mail.ru.

Новиков Илья Александрович, младший научный сотрудник лаборатории биохимических исследований отдела эфиромасличных и лекарственных культур, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: i.nowikow2012@yandex.ua.

Zolotilova Olga Mikhailovna, researcher of the Laboratory of maintenance stability and high-quality of oil bearing crops' varieties, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: olya\_zolotilova@mail.ru.

Zolotilov Viktor Anatolievich, researcher of the Laboratory of breeding at the Department of aromatic and medicinal crops, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: viktor\_zolotilov@mail.ru.

Skipor Oleg Boleslavovich, Cand. Sc. (Agr.), head of the Department of aromatic and medicinal crops, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: oleg\_skipor@mail.ru.

Novikov Ilya Aleksandrovich, junior researcher of the Laboratory of biochemical research at the Department of aromatic and medicinal crops, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: i.nowikow2012@yandex.ua.

*Дата поступления в редакцию – 07.09.2018.*

*Дата принятия к печати – 14.10.2018.*



DOI 10.33952/2542-0720-2019-1-17-62-70

УДК 633.175:631.55 (470.02./67)

Капустин С. И.<sup>1</sup>, Володин А. Б.<sup>1</sup>, Капустин А. С.<sup>2</sup>, Стройный А. М.<sup>3</sup>  
**ПРОДУКТИВНОСТЬ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ В ЦЕНТРАЛЬНОМ  
ПРЕДКАВКАЗЬЕ**

<sup>1</sup> ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»;

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»;

<sup>3</sup> ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко»

**Реферат.** Суданская трава отличается высокой засухоустойчивостью, стабильностью урожаев по годам, хорошими кормовыми свойствами. В засушливых условиях Ставропольского края обеспечивает два-три укоса. Побегообразование на протяжении всей вегетации способствует получению хорошей отавы. Цель исследований – изучение параметров урожайности, качества зеленой и сухой массы, а также облиственности различных сортов суданской травы. Изучение различных сортов суданской травы в 2017–2018 гг. осуществляли на опытном поле и лабораторной базе ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». При посеве в первой декаде мая первое скашивание осуществляли 28 июня–5 июля, второе – 8–15 августа, третье – 23–30 сентября. Укосная спелость наступала раньше (на 39–43 день) у новых сортов София, Злата, а также Юбилейная 20 и Зональская 6. Сорта Спутница (52,49 т/га), Ника (52,08 т/га) и Землячка (51,46 т/га) превысили по урожайности стандарт Александрина (47,67 т/га). Сорт Спутница обеспечил получение в первом укосе 17,78 т/га зеленой массы, во втором – 25,63 т/га, в третьем – 9,08 т/га. Зеленая масса суданской травы хорошо сбалансирована по питательности, её переваримость равна 73–77%. Максимальное содержание сырого протеина установлено у сортов Злата (9,76%), Спутница и Ника (по 9,43%). Существенные средние показатели облиственности зеленой массы установлены у сортов Спутница (38,1%) и Землячка (37,2%). При первом укосе самое большое содержание листьев в зеленой массе было у сортов Спутница и Фиолета (по 31,7%), при втором укосе – у Софии (39,9%) и Злата (37,2%), а при третьем скашивании – у Землячки (49,9%), Спутницы (48,5%) и стандарта Александрина (48,6%).

**Ключевые слова:** суданская трава (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf), сорт, урожайность зеленой массы, облиственность, протеин, клетчатка.

### Введение

В 2015–2018 гг. в Ставропольском крае посевы однолетних трав занимали 85–90 тыс. га. Для стабилизации и увеличения производства кормов в условиях частых проявлений засух, особенно во второй половине лета, целесообразно расширение посевов суданской травы. На образование единицы сухого вещества эта культура расходует 270 частей воды, пшеница – 515, подсолнечник – 800 [1, 2]. Суданская трава отличается стабильностью урожаев по годам, высокой продуктивностью, засухоустойчивостью, хорошими кормовыми свойствами и универсальностью использования [3–5]. По урожайности и питательности среди однолетних злаковых трав она занимает первое место, и при правильной агротехнике в условиях Центрального Предкавказья дает два-три укоса, а на орошении – четыре-пять укосов.

*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf – однолетнее растение семейства мятликовые. Имеет мощную мочковатую корневую систему глубиной 2 м и более. Корни сплошь

пронизывают почву и изменяют структуру подпочвенных слоев. Стебель высотой до 3 м, цилиндрический, неопушенный, в жаркие дни на его поверхности образуется восковой налет, повышающий засухоустойчивость.

Важной особенностью растения является его побегообразование на протяжении всей вегетации. После укуса оно способно восстанавливать срезанные побеги.

Лист суданской травы полый, гладкий, длиной 45–60 см. Соцветие – многоколосковая метелка, продолжительность цветения которой достигает 7–9 дней. Поэтому семена на ней созревают одновременно, от вершины к основанию. Урожай отавы зависит от высоты скашивания. При низком срезе (4–5 см) скашивается первое междоузлие, вследствие чего количество отрастающих побегов снижается на 20–25 %. Если скашивание проводится выше 7 см, то урожайность в последующих побегах возрастает. Растение теплолюбивое, семена суданской травы начинают прорастать при температуре 8–10 °С. Заморозки от –3 (–4 °С) полностью убивают все её всходы.

К почвам культура не требовательна. Хорошо растет на черноземных, каштановых, а также песчаных участках. Лучше других культур переносит засоление, но не может расти на заболоченных и уплотненных почвах [2, 6, 7].

В производстве суданская трава используется на сено, зеленый корм, силос, выпас. Эффективны поукосные посевы (после озимых и однолетних трав на зеленый корм). В первую половину вегетации она сравнительно хорошо переносит затенение и может возделываться в качестве подсевной культуры. Для получения зеленой массы и на выпас суданскую траву целесообразно высевать в различные сроки. Она мало страдает от вытаптывания, быстро отрастает при стравливании, которое следует начинать при высоте растений 30–40 см. Содержание сахара в кормовой массе достигает 16 %, поэтому она хорошо поедается крупным рогатым скотом, лошадьми, овцами. В 100 кг зеленой массы содержится 19,0 кормовых единиц (к. ед.) и 2,3 кг переваримого протеина, а в 100 кг сена соответственно 52,0 к. ед. и 6,5 кг протеина [8].

Несмотря на востребованность и высокие кормовые достоинства, дальнейшее расширение посевных площадей суданской травы сдерживает неполный учет производителями её биологических особенностей, требований агротехники, недостаточное количество новых сортов, способных с минимальным снижением продуктивности реализовать в неблагоприятных погодных условиях заложенный в них генетический потенциал [10, 11].

**Цель исследований** – изучить параметры урожайности, качества зеленой и сухой массы, а также облиственности различных сортов суданской травы.

#### **Материалы и методы исследований**

Изучение различных сортов суданской травы в 2017–2018 гг. осуществляли на опытном поле и лабораторной базе ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр». Почва – чернозём типичный, малогумусный, мицеллярно-карбонатный, среднесуглинистый. Глубина гумусовых горизонтов достигает 120 см, с содержанием гумуса в пахотном слое 3,2 %. Обеспеченность почвы подвижными формами минерального питания средняя.

Климат зоны умеренно-континентальный. Безморозный период длится 170–190 дней. Среднегодовое количество осадков составляет 550 мм, в мае–сентябре – 329 мм. Специфическими погодными факторами вегетационного периода являются высокая температура и низкая относительная влажность воздуха, частые и длительные суховеи. За период вегетации (май–сентябрь) в 2017 г. выпало 305 мм осадков, в 2018 г. – 130,5 мм (92,7 и 32,9 % нормы). Наибольшее количество осадков в 2018 г. выпало в июле (78 мм), в том числе 55 мм в первой декаде этого месяца.

Июнь, август и сентябрь были без эффективных дождей. Осадки первой и третьей декад мая в оба года исследований позволили получить хорошие всходы, а июльские дожди способствовали осуществлению опыления и хорошему отрастанию зеленой массы со второго укоса. Во все года вегетационный период характеризовался повышенным притоком тепла. Среднесуточная температура воздуха за период вегетации в 2017 г. была на 2,0 °С, а в 2018 г. на 2,6 °С выше среднегодовых значений. Число дней с относительной влажностью воздуха ниже 30 % в 2017 г. составило 59, а в 2018 г. – 77. Поэтому изучаемые годы характеризуются как засушливый и острозасушливый соответственно.

Исследования выполняли путем проведения полевых и лабораторных опытов. Фенологические, морфологические наблюдения, учеты и измерения урожая, его структуры проводили в соответствии с методическими указаниями Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР) для сорговых и просовидных культур [12], методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [13]. Результаты опыта обрабатывали методом дисперсионного анализа по методике Б. А. Доспехова [14]. Качественные показатели зеленой массы суданской травы определяли в Ставропольском государственном сертифицированном центре агрохимической службы. Содержание клетчатки методом Геннеберга и Штокмана [15], протеина – методом Кьельдаля [16]. Для уточнения продуктивного потенциала высевали пять сортов суданской травы селекции Северо-Кавказского ФНАЦ (Землячка, Спутница, Злата, София, Ника), два сорта Саратовской селекции (Юбилейная 20, Зональская 6), один сорт из Республики Крым (Фиолета). Стандарт – ростовский сорт Александрина, который рекомендован и для выращивания в зоне Центрального Предкавказья. Обработку почвы и уход за посевами проводили по общепринятой технологии, рекомендованной для зоны исследований [2]. Предшественник – озимая пшеница по пару, после уборки которой осуществляли лущение стерни на 10–12 см, а в сентябре – вспашку на 25–27 см. Весенняя подготовка почвы включала первую глубокую культивацию на 10–12 см и предпосевную – на 5–6 см. Посев проводили в первой декаде мая. Учетная площадь делянок – 25 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная. Способ посева – широкорядный с междурядьями 70 см, густоту растений формировали вручную, в фазе трех-четырёх листьев у культурных растений. Урожайные данные зеленой массы пересчитывали на 70 % влажность, зерна – на 13 % влажность.

#### **Результаты и их обсуждение**

Высокая отавность суданской травы делает её важным компонентом зеленого конвейера. В 2017–2018 гг. проведено по три укоса. Сроки их проведения зависели от продолжительности межфазного периода всходы–выметывание. Установлено, что различия между сортами суданской травы в фазе выметывания составили 22 дня (таблица 1).

Укосная спелость наступала раньше у новых сортов – София (39 дней), Злата (41 день) и у сортов Юбилейная 20 (40 дней) и Зональская 6 (43 дня). Наибольшей скороспелостью (всходы–полная спелость) характеризуются также сорта Злата и София (78–80 дней). Продолжительность аналогичного периода стандартного сорта Александрина составила 99 дней. Сравнительно скороспелыми в годы проведения опыта оказались сорта Юбилейная 20 (78 дней), Зональская 6 (78 дней) и Спутница (89 дней). У сорта Ника этот период составил 92 дня.

В 2017 г. длина вегетационного периода у изучаемых сортов варьировала от 80 до 102 дней, а в более засушливом 2018 г. – 75–97 дней.

**Таблица 1 – Продолжительность некоторых фенофаз, морфометрические параметры и химический состав растений суданской травы (среднее за 2017–2018 гг.)**

Сорт	Количество дней от всходов до:		Высота растений, см				Толщина стебля, мм	Химический состав абсолютно сухого вещества, %	
	выметывания	полной спелости	на 30-й день вегетации	перед проведением укосов		в фазу полной спелости		протеин	клетчатка
				I укос	II укос				
Александрина (St.)	61	99	52	151	167	142	9,2	87,8	30,72
Землячка	60	98	57	159	176	266	10,2	9,31	30,74
Спутница	51	89	56	155	170	249	9,0	9,43	30,65
Злата	41	80	62	130	139	190	7,8	9,76	30,43
София	39	78	67	135	140	193	7,0	9,40	30,64
Ника	55	92	59	158	175	257	9,4	9,43	30,06
Фиолета	57	99	51	140	155	247	9,8	9,35	30,60
Юбилейная 20	40	78	62	116	127	155	6,7	8,83	31,14
Зональская 6	43	78	49	114	124	157	6,8	9,12	31,01
НСР <sub>05</sub>			2,6			10,3		0,32	1,24

Важным условием получения высокого урожая зеленой массы являются темпы первоначального роста растений. Наблюдения показывают, что они зависят от складывающихся погодных условий и биологических особенностей сорта. Высоту растений измеряли на 30-й день вегетации, перед первым и вторым укосами и в фазу полной спелости семян. Самая значительная высота растений на 30-й день вегетации установлена у сортов София (67 см), Злата (62 см), Юбилейная 20 (62 см). Показатель сорта-стандарта Александрина (52 см) существенно превысили также сорта Ника (59 см), Землячка (57 см), Спутница (56 см). В фазу полной спелости зерна самая большая высота растений установлена у сортов Землячка (266 см) и Ника (257 см). В пределах ошибки опыта показатели стандарта превысили также сорта Спутница и Фиолета. В 2018 г. высота растений суданской травы в этот период была на 7–19 см меньше, чем в 2017 г. При осуществлении укосов в среднем за два года показатели стандарта сорта Александрина на 8–9 см превысил сорт Землячка, на 7–8 см – сорт Ника, на 3–4 см – сорт Спутница. Остальные варианты в период первого и второго укосов имели высоту растений ниже, чем у стандарта. В силу сложившихся погодных условий высота растений суданской травы перед вторым укосом была на 5–17 см выше, чем при первом.

Облиственность растений – один из основных показателей качества зеленой массы. Нежные, сочные листья хорошо поедаются животными. По сочетанию длины и ширины листа показатели стандарта Александрина (63 см и 3,1 см) значительно превысили сорта Землячка (76 см и 3,4 см), Спутница (68 см и 3,1 см), Ника (65 см и 3,3 см) и Фиолета (66 см и 3,2 см). Остальные варианты уступили стандарту. Количество листьев (девять штук) максимальным было у сортов Александрина, Землячка и Ника (таблица 2).

Самые большие значения толщина стебля имела у сортов Землячка (10,2 мм), Фиолета (9,8 мм), Ника (9,4 мм), Александрина (9,2 мм) и Спутница (9,0 мм). При анализе усредненных показателей облиственности лучшие значения установлены у сортов Спутница (38,1 %), Землячка (37,2 %), Фиолета (37,0 %), а также у новых

сортов Ника (36,9 %), София (36,9 %) и Злата (36,4 %). У стандарта сорта Александрина облиственность зеленой массы составила 36,3 %.

**Таблица 2 – Некоторые морфометрические параметры растений  
*Sorghum sudanense* (среднее за 2017–2018 гг.)**

Сорт	Облиственность, %				Параметры листа			Длина метелки, см
	I укос	II укос	III укос	среднее за три укоса	длина, см	ширина, см	количество, шт.	
Александрина (St.)	29,3	31,1	48,6	36,3	63	3,1	9	45
Землячка	29,9	31,9	49,9	37,2	76	3,4	9	48
Спутница	31,7	34,0	48,5	38,1	68	3,1	8	43
Злата	26,1	37,2	46,0	36,4	61	3,3	7	40
София	25,0	39,9	45,7	36,9	59	3,0	7	36
Ника	31,0	33,4	46,3	36,9	65	3,3	9	45
Фиолета	31,7	34,4	44,9	37,0	66	3,2	8	39
Юбилейная 20	22,3	20,8	40,2	27,7	55	2,7	6	32
Зональская 6	23,7	28,0	39,1	30,3	52	2,8	6	32
НСР <sub>05</sub>				1,47	2,8	0,18		1,9

При анализе величины облиственности зеленой массы в зависимости от укосов более высокие значения в среднем за два года получены при третьем укосе (39,1–49,9 %). При первом укосе облиственность суданской травы составила 22,3–31,7 %, при втором укосе – 28,0–39,9 %. При анализе величины облиственности зеленой массы в зависимости от укосов более высокие значения в среднем за два года получены при третьем укосе (39,1–49,9 %). При втором укосе облиственность суданской травы составила 28,0–39,9 %, при первом укосе – 22,3–31,7 %. Таким образом, при первом укосе облиственность была на 5,7–8,2 % меньше, чем при втором и на 16,8–18,2 % – чем при третьем. Химический состав зеленой массы в пересчете на абсолютно сухое вещество свидетельствует, что количество протеина находилось в пределах 8,78–9,76 %, максимальные показатели этой величины имели сорта Злата (9,76 %), Спутница (9,43 %), Ника (9,43 %) и София (9,40 %). Содержание клетчатки в зеленой массе в фазе выметывания варьировало от 30,06 % до 31,14 % и наименьшим было у сортов Ника (30,06 %) и Злата (30,43 %).

Переваримость сухого вещества изучаемых сортов суданской травы была в пределах 73–77 %. Величина метелки определяет семенную продуктивность, то есть возможность семеноводства сорта. Длина метелки в пределах 45–48 см получена у сортов Землячка, Ника и стандарта Александрина. Существенная длина метелки (39–43 см) установлена у сортов Спутница, Злата и Фиолета.

Главный критерий оценки изучаемых сортов суданской травы – их высокая урожайность. В 2017–2018 гг. этот показатель за три укоса у изучаемых сортов варьировал в пределах 32,59–52,49 т/га зеленой массы и 7,95–12,61 т/га сухого вещества (таблица 3).

У стандарта Александрина по сумме трех укосов получено 47,67 т/га зеленой и 10,80 т/га сухой массы. У сорта Спутница соответствующие показатели составили 52,49 т/га и 12,61 т/га.

Математически достоверные прибавки урожайности в сравнении со стандартом получены и у сортов Землячка (51,46 и 11,63 т/га) и Ника (52,08 и 11,20 т/га).

В оба года исследований сорт Спутница оказался более устойчивым к засушливым условиям второй половины лета. Об этом свидетельствуют данные второго и третьего укосов (25,63 и 9,08 т/га).



**Таблица 3 – Урожайность зеленой и сухой массы растений, зерна изучаемых сортов суданской травы (среднее за 2017–2018 гг.)**

Сорт	Урожайность, т/га								
	зеленой массы				сухой массы				зерна (при 13 % влажности)
	I укос	II укос	III укос	сумма укосов	I укос	II укос	III укос	сумма укосов	
Александрина (St.)	16,85	24,05	6,77	47,67	3,72	5,61	1,47	10,80	1,73
Землячка	18,87	25,41	7,18	51,46	4,20	5,89	1,54	11,63	1,90
Спутница	17,78	25,63	9,08	52,49	4,28	6,29	2,04	12,61	1,86
Злата	14,45	17,29	9,17	40,91	3,68	4,32	2,17	10,17	1,34
София	14,08	17,14	8,93	40,15	3,56	4,26	2,08	9,90	1,30
Ника	17,83	27,31	6,94	52,08	3,47	6,33	1,40	11,20	1,89
Фиолета	15,56	20,73	6,97	43,26	3,46	4,98	1,38	9,82	1,66
Юбилейная 20	12,72	14,74	8,22	35,68	3,19	3,84	1,88	8,91	0,80
Зональская б	13,62	11,55	7,42	32,59	3,51	3,01	1,43	7,95	0,81
НСР <sub>05</sub>				1,9				0,40	0,08

Анализ укосов свидетельствует, что более высокий урожай зеленой массы получен при втором укосе. Он составил 24,05–27,31 т/га у стандарта Александрина и сортов Ника, Спутница, Землячка. Уровень первого укоса уступал второму и максимальным оказался также у этих сортов – Ника (17,83 т/га), Землячка (18,87 т/га) и Спутница (17,78 т/га). Показатели третьего укоса были существенно ниже и самыми большими установлены у Златы (9,17 т/га), Спутницы (9,08 т/га), Софии (8,93 т/га) и Юбилейной 20 (8,22 т/га). У стандартного сорта они составили 6,77 т/га. Полученные значения урожайности не были связаны с длиной вегетационного периода всходы–выметывание, а объясняются морфологическими особенностями изучаемых сортов суданской травы. При втором и третьем укосах в период отрастания отавы разница в темпах роста и развития растений нивелировалась, однако лучшее развитие растений новых сортов, более высокая облиственность и кустистость способствовали тому, что они имели преимущество по урожайности зеленой и сухой массы. Сорта Спутница, Землячка, Ника имеют и самую высокую семенную продуктивность (1,86–1,90 т/га).

#### Выводы

В среднем за 2017–2018 гг. сорт суданской травы Спутница обеспечил получение в первом укосе 17,78 т/га зеленой массы, во втором – 25,63 т/га, а всего за три укоса – 52,49 т/га. У сорта Ника соответствующие показатели составили 17,83; 27,31 и 52,08 т/га. Урожайность зеленой массы стандарта Александрина также существенно превысила показатели сорта Землячка. Количество сухого вещества за три укоса (11,20–12,61 т/га) и зерна (1,86–1,90 т/га) у приведенных сортов было также выше, чем у стандарта.

Зеленая масса суданской травы сбалансирована по питательности, её переваримость – 73–77 %. Максимальное содержание сырого протеина установлено у Спутницы и Ники – 9,43 %, наименьшее содержание клетчатки – у сорта Ника (30,06 %). Самой значительной облиственностью зеленой массы оказалась у сортов Спутница (38,1 %) и Землячка (37,2 %).

#### Литература

- 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.
- Кулинцев В. В., Володин А. Б., Капустин С. И. Возделывание однолетних кормовых культур в Ставропольском крае. Саратов: Амирит, 2015. 40 с.

3. Жукова М. П., Володин А. Б., Капустин С. И., Капустин А. С., Донец И. А. Комплексная оценка новых сортов суданской травы и сорго-суданковых гибридов // Вестник АПК Ставрополья. № 3 (27). 2017. С. 33–37.
4. 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., Обшия 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.
5. Капустин С. И., Капустин А. С., Володин А. Б., Колодкин А. В. Кормовая агротехника // Агробизнес. 2017. №3 (43). С. 70–75.
6. Андреев Н. Г. Луговое и полевое кормопроизводство. М.: Колос, 1975. С. 464–467.
7. Коломейченко В. В. Растениеводство. М.: Агробизнесцентр, 2007. С. 503–506.
8. Капустин С. И., Володин А. Б., Капустин А. С. Продуктивность суданской травы сорта Спутница в Степной зоне Северного Кавказа // Известия Оренбургского ГАУ. 2018. № 5 (73). С. 102–104.
9. 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.
10. 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, 2018. С. 197–200.
11. Володин А. Б., Капустин С. И., Шукис Е. Р. Потенциал возделывания сорговых культур в Алтайском крае // Сельскохозяйственный журнал. 2018. Т. 2. № 11. С. 32–37.
12. Методические указания ВИР для сорговых и просовидных культур. 1967. 25 с.
13. Федин М. А. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: МСХ СССР, 1985. 267 с.
14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 335 с.
15. ГОСТ 31675-2012. Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации. М.: ИПК Издательство стандартов. 2013. 12 с.
16. ГОСТ 13496.4-93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. М.: ИПК Издательство стандартов. 1995. 10 с.

## References

1. 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.
2. Kulintsev V. V., Volodin A. B., Kapustin S. I. Cultivation of annual fodder crops in the Stavropol Territory. Saratov: Amirit, 2015. 40 p.
3. Zhukova M. P., Volodin A. B., Kapustin S. I., Kapustin A. S., Donets I. A. Complex assessment of new varieties sudangrass and sorghum-sudan hybrids // Agricultural Bulletin of Stavropol Region. No. 3 (27). 2017. P. 33–37.
4. 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., Obschchiya 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.
5. Kapustin S. I., Kapustin A. S., Volodin A. B., Kolodkin A. V. Fodder agricultural technology // Agribusiness. 2017. No. 3 (43). P. 70–75.
6. Andreev N. G. Meadow and field fodder production. Moscow: Kolos, 1975. P. 464–467.
7. Kolomeichenko V. V. Crop production. Moscow: Agrobiznestsentr, 2007. P. 503–506.
8. Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S. Productivity of sudan grass of “Sputnitsa” variety in the Steppe zone of the North Caucasus // News of the Orenburg State Agrarian University. 2018. No. 5 (73). P. 102–104.
9. 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.
10. 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.

11. Volodin A. B., Kapustin S. I., Shukis E. R. Potential of sorghum crops cultivation in the Altai Territory // *Agricultural Journal*. 2018. Vol. 2. No. 11. P. 32–37.
12. VIR guidelines for sorghum and millet-like crops. 1967. 25 p.
13. Fedin M. A. Methodology of the State Variety Testing of Agricultural Crops. Moscow: USSR Ministry of Agriculture, 1985. 267 p.
14. Dospikhov B. A. Methods of field research. Moscow: Kolos, 1985. 335 p.
15. GOST 31675-2012. Feeds. Methods for determination of crude fibre content with intermediate filtration. Moscow: Publishing house of standards. 2013. 12 p.
16. 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.

UDC 633.175:631.55 (470.02./67)

Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S., Stroyny A.M.

### PRODUCTIVITY OF SUDANGRASS IN CENTRAL CISCAUCASIA

**Summary.** *Sudangrass is characterized by high drought resistance, stability of yields over the years, and good fodder properties. It can be cut twice or thrice under arid conditions of the Stavropol region. Tillering throughout the growing season helps to restore the mowed stems and get a good after-growth. The aim of the research was to study the parameters of yield, quality of green and dry mass, as well as foliage of various varieties of sudangrass. Study of different varieties of sudangrass was carried out on an experimental field and laboratory base of Federal State Budgetary Scientific Institution “North-Caucasian Federal Scientific Agrarian Center” from 2017 to 2018. When sudangrass was sown in the first decade of May, the first cutting was carried out on June 28 – July 5, the second – August 8–15, the third – September 23–30. New varieties ‘Sofia’, ‘Zlata’, as well as ‘Yubileynaya 20’ and ‘Zonalskaya 6’ ripened for mowing earlier (on the 39<sup>th</sup>–43<sup>rd</sup> day). Method of field experiments had shown that varieties ‘Sputnitsa’ (52.49 t/ha), ‘Nika’ (52.08 t/ha) and ‘Zemlyachka’ (51.46 t/ha) significantly exceeded the yield of green mass (for three cuttings) of standard variety ‘Alexandrina’ (47.67 t/ha) in 2017–2018. At the first mowing variety ‘Sputnitsa’ produced 17.78 t/ha of green mass, at the second – 25.63 t/ha, at the third – 9.08 t/ha. The green mass of sudangrass is well balanced in nutritional value, its digestibility is 73–77 %. The maximum content of crude protein was in the varieties ‘Zlata’ (9.76 %), ‘Sputnitsa’ (9.43 %), and ‘Nika’ (9.43 %). Significant average indicators of green mass foliage were identified for varieties ‘Sputnitsa’ (38.1 %) and ‘Zemlyachka’ (37.2 %). At the first mowing, the largest quantity of leaves in green mass contented ‘Sputnitsa’ and ‘Fioleta’ (31.7 % each); at the second – ‘Sofia’ (39.9 %) and ‘Zlata’ (37.2 %); at the third – ‘Zemlyachka’ (49.9 %), ‘Sputnitsa’ (48.5 %), and standard variety ‘Alexandrina’ (48.6 %).*

**Keywords:** *sudangrass (Sorghum sudanense (Piper) Stapf), variety, yield of green mass, foliage, protein, fiber.*

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, 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, 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, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1; e-mail: akapustin@ncfu.ru.

Стройный Александр Михайлович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры садово-паркового хозяйства и экологии, ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко»; ЛНР, г. Луганск, ул. Оборонная, 2; e-mail: info@spxe-lgu.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.

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.

Stroyny Aleksandr Mikhaylovich, Cand. Sc. (Agr.), associate professor of the Department of gardening and ecology, State Educational Institution of Higher Professional Education of the Lugansk People's Republic “Taras Shevchenko Lugansk National University”; 2, Oboronnaya str., Lugansk, LPR; e-mail: info@spxe-lgu.ru.

*Дата поступления в редакцию – 09.01.2019.*

*Дата принятия к печати – 25.01.2019.*

УДК 633.81

Невкрытая Н. В., Мишнев А. В.

**АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ЭФИРОМАСЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ (ОБЗОР. ЧАСТЬ II). АНАЛИЗ  
СОДЕРЖАНИЯ И КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА В  
РАСТЕНИЯХ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВА**

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

**Реферат.** Во второй части обзора актуальных направлений биохимических исследований эфиромасличных растений рассматриваются примеры и обосновывается обязательность определения содержания и компонентного состава эфирного масла в селекционном материале на всех этапах селекционного процесса. Анализу подлежат коллекционный и исходный материал, селекционные образцы, созданные в процессе работы, а также сортообразцы на этапе конкурсного сортоиспытания, вплоть до передачи нового сорта в Госсорткомиссию РФ для его регистрации и включения в «Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию». В процессе селекционных исследований необходимо изучение особенностей накопления эфирного масла и изменения его компонентного состава на разных стадиях развития растения; в растении в целом и в отдельных его органах; выявление наиболее ценных хемотипов; проведение сравнительного анализа этих показателей у изучаемых образцов. Для рекомендаций наиболее эффективных приемов промышленного возделывания сортов эфиромасличных культур важным является проведение биохимических анализов с целью выявления оптимальной стадии переработки сырья, обеспечивающей получение максимального выхода эфирного масла высокого качества. Контроль содержания и компонентного состава эфирного масла является обязательным при ведении первичного семеноводства поддерживаемых сортов эфиромасличных культур.

**Ключевые слова:** эфиромасличные растения, биохимический анализ, эфирное масло, компонентный состав.

**Введение**

Для введения в культуру новых перспективных растений, а также создания более продуктивных, с заданными параметрами сортов проводится селекционная работа на базе выделенных коллекционных образцов или созданного исходного материала. Обязательным в этом процессе является контроль основных для этой группы растений признаков – содержания и компонентного состава эфирного масла. К сожалению, эти признаки, как правило, не тестируются визуально. Не обнаружены достоверно подтвержденные визуально регистрируемые маркерные признаки, по которым можно было бы судить об этих показателях.

Изредка в публикациях встречаются упоминания о подобного рода взаимозависимости. Так, прослежена тенденция увеличения массовой доли эфирного масла у образцов розы эфиромасличной (*Rosa L.*) с розовыми и желтыми лепестками цветков по сравнению с красными и белыми [1, 2].

Сравнение морфологических признаков двух групп растений душицы обыкновенной *Origanum vulgare L.* показало отсутствие какой-либо связи между окраской венчика цветков и содержанием эфирного масла [3]. В то же время, проведенное в центральном сибирском ботаническом саду СО РАН исследование химического состава эфирных масел душицы обыкновенной с различной окраской цветков, позволило обнаружить в эфирном масле формы с фиолетовыми цветками в пять



раз больше компонентов, чем в белоцветковой. Причем количественное содержание компонентов, общих для обеих форм, зачастую вдвое больше в эфирном масле белоцветковой формы [4].

Сотрудники Горного ботанического сада Дагестанской АН РАН, проанализировав состав эфирного масла двух популяций змееголовника молдавского *Dracoscephalum moldavica* L., различающихся по окраске околоцветника, показали, что белоцветковые формы содержат вдвое больше цитраля, но меньше гераниола и геранилацетата, чем синецветковые [5].

Предпринимаются попытки связать содержание эфирного масла с другими морфологическими параметрами растений. Показано существование положительной связи между высоким содержанием эфирного масла и компактной низкорослой формой растений душицы обыкновенной *O. vulgare*, которые при большом числе побегов имеют небольшую длину облиственной части побега. По урожайности сырья они сопоставимы с высокорослыми формами. Учитывая содержание эфирного масла, максимальный сбор эфирного масла у низкорослых и компактных форм превышает таковые у высокорослых форм [3, 6].

Отрицательная корреляция ( $R = -0,828$ ) между высотой растений и содержанием в них эфирного масла обнаружена и при исследовании девяти сортов чабера садового *Satureja hortensis* L. различного происхождения. Сделано заключение, что низкорослые сорта содержат больше эфирного масла в сырье и, несмотря на низкую урожайность, более пригодны для получения эфирного масла [7].

Однако полученные результаты могут оказаться достоверными только для определенных изученных генотипов, что не позволяет экстраполировать выводы данных исследований даже на конкретный вид растений.

Таким образом, отсутствие четких маркерных признаков, указывающих на содержание и компонентный состав эфирного масла, обуславливает обязательность проведения биохимических анализов в селекционных исследованиях.

На первых этапах селекционных исследований уточняется, в каких частях данного вида растений накапливается наибольшее количество эфирного масла, а также, имеются ли различия по компонентному составу эфирного масла из разных частей растения.

Результаты большинства исследований свидетельствуют о том, что максимальное количество эфирного масла накапливается в цветках и соцветиях, несколько меньше в листьях. В стеблях регистрируются следовые количества эфирного масла [8–11].

Однако даже в пределах указанных структур отмечается неравномерное накопление эфирного масла. В верхушечных листьях базилика эвгенольного *Ocimum gratissimum* L., имеющих на 18–20 % больше секреторных железок, содержится в 1,5 раза больше масла, чем в листьях, расположенных у основания побега [9].

Количественные различия в накоплении эфирного масла разными органами растения связаны с плотностью распределения секреторных структур.

При исследовании 37-ми коллекционных образцов *O. vulgare* установлено, что максимальное количество секреторных структур расположено на поверхности чашечек цветка – 18–22 шт./мм<sup>2</sup>, листовые пластинки, накапливающие меньшее количество эфирного масла по сравнению с соцветиями, характеризуются более низкой их плотностью – от 6,9 до 20,8 шт./мм<sup>2</sup>. На стеблях содержится минимальное количество железистых образований на единицу площади – 0,2–0,7 шт./мм<sup>2</sup>. И у большинства исследованных образцов эфирное масло в них не обнаружено [10].

Наименьшее содержание эфирного масла у змееголовника молдавского *Dracoscephalum moldavica* L. отмечено в стебле – до 0,01 %, наибольшее – в соцветиях (до 0,36 %). В листьях накапливается от 0,02 до 0,08 % эфирного масла [12].

Изучение десяти коллекционных образцов полыни эстрагон *Artemisia dracuncululus* L. показало, что у растений этого вида соотношение железистых структур по органам растения еще более контрастно. Для разных образцов отмечена следующая плотность железистых структур: на стеблях – 1,6–1,9, на соцветиях – 18–32, на листьях – 38–132 шт./мм<sup>2</sup>. Соответственно, наиболее активно продуцируют эфирное масло листья. Массовая доля (на сырую массу) составляла: в листьях – до 0,8 %, в соцветиях – до 0,45 %, в стеблях – следовое количество [13].

Отмечается, что у чабера горного *Satureja montana* L. и тимьяна ползучего *Thymus serpyllum* L. основное количество эфирного масла также накапливается в листьях [14].

В исследованиях ряда авторов указывается на различия в компонентном составе эфирного масла, полученного из разных частей растений, что может быть связано, в том числе с присутствием на них и разным соотношением различных секреторных структур.

В эфирном масле из свежих листьев *Salvia officinalis* L. содержится более высокое количество кислородсодержащих соединений монотерпенов и пониженное количество сесквитерпеноидов по сравнению с аналогичными образцами эфирного масла из соцветий [8].

В результате анализа компонентного состава эфирного масла из разных органов лабазника вязолистного *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. установлено, что метилсалицилат (28,2 %) содержит эфирное масло из соцветий, а природный антиоксидант инол (11,7 %) – из стеблей растения. Эту информацию следует учитывать при заготовке растительного лекарственного сырья с преобладанием конкретного компонента [15].

Изучение методом хромато-масс-спектрометрии компонентного состава эфирного масла соцветий, листьев и семян сирени обыкновенной *Syringa vulgaris* L. показало, что основным компонентом эфирного масла из соцветий являются метиловый эфир линолевой кислоты и докозан, из листьев – 1,4-цис-1,7-цис-акоренон и 4 $\alpha$ ,8 $\alpha$ -эпокси-кариофиллан-5-он, из семян – карвон, гумулен-9,10-эпоксид;  $\tau$ -мууролол;  $\alpha$ -эудесмол;  $\alpha$ -кадинол; 1,4-цис-1,7-цис-акоренон [16].

В Греции из подвида котовника *Nepeta nuda* L. ssp. *nuda* местной флоры дифференцированно отгоняли масла из сухих листьев и чашечек. Оказалось, что компонентный состав масел несколько различался. Масло из чашечек накапливало в качестве основных компонентов изомеры непеталактона (75,7 %) и кариофиллен оксид (16,3 %). В эфирном масле из листьев, наряду с указанными компонентами (соответственно 24,7 и 16,3 %), обнаружен в значительном количестве 1,8-цинеол (16,7 %) [17].

При переработке семян фенхеля обыкновенного *Foeniculum vulgare* L. получается эфирное масло, содержащее около 80 % анетола и 2–22 % фенхона, а в масле из целых растений преобладает фенхон. Основной компонент масла из зелени укропа *Anethum graveolens* L. –  $\alpha$ -фелландрен – до 60 %, а в масле из семян – увеличивается содержание карвона – до 50–60 % и соответственно уменьшается количество  $\alpha$ -фелландрена [18].

В то же время отмечено, что компонентный состав эфирного масла из разных частей растения не имеет существенных различий. Различается лишь количественное соотношение компонентов [19].

Хемотипическая изменчивость у растений в ряде случаев может служить объектом исследований в качестве хозяйственно ценного признака. Так, при изучении коллекционных образцов полыни эстрагон *A. dracuncululus* выделены перспективные по комплексу признаков образцы двух хемотипов – с преобладанием в качестве основного компонента элемицина или метилэвгенола. В ходе дальнейшей селекционной работы были получены два сорта с разным качественным составом эфирного масла [20].

Знание генетических закономерностей в регулировании процесса биосинтеза компонентов эфирного масла у мяты позволило в результате межвидовой гибридизации (обычно в сочетании с экспериментальной полиплоидией) получить сорта карвонного, перечного, высокоментольного, линалоольного, линалилацетатного и других направлений [21].

Основные особенности эфиромасличных растений, касающиеся накопления наиболее ценного продукта их переработки – эфирного масла, максимально учитываются при проведении селекционных исследований с целью создания новых сортов, как традиционно возделываемых, так и новых и малораспространенных эфиромасличных растений [22–27].

Важным этапом селекционных исследований является выяснение динамики накопления эфирного масла в онтогенезе растений. Этот процесс отличается у различных растений. Достаточно часто максимальное накопление эфирного масла наблюдается во время цветения, иногда – во время бутонизации или в вегетативной фазе, также возможно увеличение содержания эфирного масла во время плодоношения.

В ходе накопления эфирного масла существенно варьирует их компонентный состав как за счет взаимопревращения компонентов, так и в результате изменения интенсивности биосинтеза отдельных соединений. Наиболее характерным примером этого, на наш взгляд, является кориандр посевной *Coriandrum sativum* L. Зеленые части этого растения, а также цветки имеют характерный «клопиный» запах, обусловленный содержанием децилового альдегида (60–80 %) [28]. По мере созревания плодов, содержание этого компонента эфирного масла уменьшается, и в плодах накапливается линалоол (50–80 %), который и придает зрелым плодам и получаемым из него специям, специфический приятный аромат.

Наибольшее количество эфирного масла в тимьяне байкальском *Thymus baicalensis* Serg. накапливается в фазе цветения. По мере развития растения происходят изменения в его составе, касающиеся в основном количественного соотношения компонентов. Набор же основных компонентов эфирного масла (п-цимол,  $\gamma$ -терпинен, борнеол,  $\alpha$ -терпинеол, терпинеол-4, тимол, карвакрол) остается постоянным [29].

У многоколосника морщинистого *Agastache rugosa* L. максимальное количество масла отмечается в фазе цветения. Зависимость компонентного состава масла от фазы онтогенеза носит сложный характер. Доля монотерпенов увеличивается при переходе от фазы бутонизации к началу цветения. Сбор фитомассы в более поздние сроки сопровождается падением содержания монотерпенов [30].

В процессе развития растений *D. moldavica* количество эфирного масла увеличивается от минимального количества в фазе стеблевания (0,05 %), достигает максимума в период полного цветения (0,17 %) и снижается к окончанию цветения до 0,13 %. Массовая доля цитраля в эфирном масле также возрастает в онтогенезе от минимума в начале вегетации (2–6 %) до 30 % в фазе бутонизации и максимума – 50 % на поздней стадии цветения [12].

Максимальное накопление эфирного масла в фазе цветения отмечают исследователи для разных видов монарды *Monarda* L., мяты *Mentha* L., чабера *Satureja* L. [31–33].

Выход эфирного масла из свежего сырья монарды дудчатой на стадиях бутонизации, начала и полного цветения мало варьировал, составляя 0,14–0,16 % и только к фазе окончания цветения снижался до 0,10±0,03 % [34].

В растениях мяты перечной *Mentha × piperita* L. уровень основного компонента ментола возрастает до максимума на стадии окончания цветения. Авторы работы предполагают, что это может быть связано с метаболизмом ментона, наибольшее содержание которого в листьях отмечено на стадии вегетативного развития, а в соцветиях – в начале цветения. Увеличение содержания ментола в соцветиях в фазе окончания цветения может возрастать в связи с превращением в него мажорного

монотерпеноида пулегона, содержащегося в эфирном масле в максимальном количестве на стадии цветения. В листьях этот терпеноид появляется только в фазу цветения в минорных количествах [35].

Максимальный выход эфирного масла у растений базилика душистого *Ocimum basilicum* L. наблюдается в период массового цветения побегов I порядка (0,21 % на сырую массу) и образования семян восковой зрелости в нижних мутовках центрального соцветия [36].

В Предгорной зоне Крыма содержание эфирного масла в сырье в различные фазы развития у разных образцов *O. vulgare* неодинаково. Основной фазой, в которой накапливается максимальное количество эфирного масла, является фаза цветения [10].

Наибольшее содержание эфирного масла в растениях *F. vulgare* приходится на зонтики с плодами первого порядка в фазе молочно-восковой спелости, минимальное – на боковые стебли [37]. В растениях сорта *Peren 1* эфирное масло начинает накапливаться в фазе стеблевания (0,19 %) и увеличивается до фазы молочной спелости плодов центрального зонтика (0,82 %). Далее содержание эфирного масла несколько снижается – 0,71 %. Изменения в содержании эфирного масла отмечены и по органам растения. Наибольшее его количество накапливается в плодах – 1,29–1,93 %, существенно меньшее в листьях – 0,29–0,31 %, и минимальное – в стеблях от следов до 0,24 % (на сырую массу) [38].

Данные о динамике накопления эфирного масла в онтогенезе и его компонентном составе следует учитывать при возделывании эфиромасличных культур для получения эфирного масла. Особенно эта информация необходима при наличии больших площадей, занятых под одной, конкретной культурой, когда невозможно переработать сырье в оптимальной стадии в краткие сроки. Так, качество эфирного масла укропа душистого *A. graveolens* определяется, прежде всего, содержанием карвона, которого должно быть более 30 %. Проведенные исследования показали, что уборку и переработку сырья (целые растения) следует начинать в фазе полного цветения соцветий первого порядка (формирование плодов на центральных соцветиях). В этот период в сырье содержится до 0,50 % (на сырую массу) эфирного масла, а карвона в нем – до 30–32 %. Активное накопление масла в растениях продолжается, достигая в фазе побурения центральных соцветий 0,9–1,2 %. Содержание карвона может составить 50 % и более. Таким образом, убирая большую плантацию и купажируя партии эфирного масла, можно получить максимальное его количество при высоком качестве [39].

Наибольшее количество анетола – основного компонента эфирного масла фенхеля обыкновенного сорта *Мэрцишор* накапливается в фазе молочно-восковой спелости плодов центральных зонтиков (80,0 %). Максимальное количество фенхона (14,6 %) содержится в масле в фазе начала цветения и минимальное (3,8 %) – в фазе молочной спелости плодов. Исходя из этих данных, переработку растений с целью получения качественного эфирного масла рекомендовано проводить в фазе молочно-восковой спелости плодов центральных зонтиков [40].

Murгау с соавторами показали, что при возделывании карвонных сортов мяты содержание основного компонента составляет 65–69 % при уборке в принятые сроки (50 % цветущих соцветий на растениях плантации – примечание авторов). В этом случае в эфирном масле содержание дигидрокарвона составляет 1,4–2,7 %. Высокое содержание этого компонента значительно снижает парфюмерное качество масла. В перестоявшем сырье содержание карвона снижается до 50 %, а дигидрокарвона – возрастает до 13–23 %. По мнению авторов, такое масло не будет подходящим душистым продуктом [41].

Изучение компонентного состава эфирного масла полыни Сиверса *Artemisia sieversiana* Ehrh. ex Willd., полученного из растений в разных фазах развития, дало



исследователям основание рекомендовать проводить сбор и переработку сырья в фазе начала цветения когда наиболее высокая урожайность сырья сочетается с высоким качеством эфирного масла [42].

При переработке эфиромасличного сырья следует при возможности учитывать информацию о суточной динамике накопления эфирного масла. Так, проведенные исследования на шалфее мускатном сорта С785 показали, что пик содержания в растениях эфирного масла приходится на 11 часов дня, достигая 144,2–182,4 % по отношению к среднесуточному [43].

Сбор цветков розы эфиромасличной проводится в самые ранние утренние часы. Собранные в это время цветки обеспечивают самый высокий выход эфирного масла с максимальным содержанием терпеновых спиртов. Выход эфирного масла при дневном сборе цветков снижается на 30–35 %, а содержание в нем терпеновых спиртов уменьшается в три и более раза [44].

Последним этапом селекции (но далеко не последним по значению) является первичное семеноводство. Без методически грамотного ведения семеноводства сорт может в значительной степени утратить свою ценность вследствие снижения количественных и качественных показателей. Первичное семеноводство эфиромасличных культур так же, как и весь селекционный процесс требует постоянного биохимического контроля показателей содержания в сырье эфирного масла и его компонентного состава [45]. В Северо-Кавказском регионе проанализировано качество промышленного сырья кориандра. В результате констатировано снижение продуктивности вследствие существенного (на 33–38 %) уменьшения содержания эфирного масла в плодах по сравнению с масличностью лучших сортов [46]. Авторы связывают это с отходом государства от регулирования производства кориандра и, прежде всего, с отсутствием качественного семенного материала новых сортов. Безусловно, в производство необходимо внедрять новые сорта. Но, из приведенных данных следует, что снижается массовая доля эфирного масла именно по сравнению с изначальной характеристикой возделываемых сортов. А это можно объяснить только отсутствием методически грамотного первичного семеноводства. В отсутствие оригинаторов сорта Янтарь (Институт эфиромасличных и лекарственных растений, Крым) организация, поддерживающая этот сорт, по-видимому, не проводила биохимического контроля при производстве его семян, что и послужило причиной снижения показателей продуктивности. Это подтверждает необходимость осуществления контроля процесса первичного семеноводства сортов эфиромасличных культур, которое должны вести либо оригинаторы, либо специализированные семеноводческие хозяйства, располагающие соответствующими специалистами и оборудованием для проведения всех необходимых анализов [45].

Проанализированные работы свидетельствуют о высокой значимости биохимических анализов для проведения исследований в области селекции и семеноводства эфиромасличных растений, без проведения которых невозможно как создание новых сортов, так и поддержания параметров их продуктивности в течение всего периода промышленной эксплуатации сорта.

### Литература

1. 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.
2. Назаренко Л. Г., Миньков Б. П., Мустьяцэ Г. И., Мурин А. В. Культура эфиромасличной розы // Под ред. Мустьяцэ Г. И. Кишинев: Штиинца, 1983. 186 с.
3. Хазиева Ф. М., Осипов В. И., Коротких И. Н. Исследование внутривидовой изменчивости эфирного масла у душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.) // Химия растительного сырья. 2016. № 4. С. 97–105.



4. Мяделец М. А., Васильева О. Ю., Домрачев Д. В. Исследование химического состава эфирных масел душицы обыкновенной *Origanum vulgare* с различной окраской цветков // Химия растительного сырья. 2013. № 1. С.129–136.
5. 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.
6. Коротких И. Н., Бурова А. Е. Сравнительная продуктивность морфотипов *Origanum vulgare* L. по сбору эфирного масла // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2015. № 8. С. 43–46.
7. Маланкина Е. Л., Козловская Л. Н., Солопов С. Г., Зайчик Б. Ц., Ружицкий А. О., Евграфов А. А. Особенности компонентного состава эфирного масла чабера садового (*Satureja hortensis* L.) в зависимости от сорта // Известия ТСХА. 2017. Вып. 3. С.19–29.
8. Коваленко Н. А., Супиченко Г. Н., Леонтьев В. Н., Шутова А. Г., Кулинчик А. И. Компонентный состав эфирного масла *Salvia officinalis* L. из растительного сырья Республики Беларусь // Труды БГТУ. Серия 4: «Химия, технология органических веществ и биотехнология». 2010. Т. 1. № 4. С. 34–38.
9. Ильченко Г. Н., Березкин Н. Г. Изменение количества и состава эфирного масла по мере роста и развития базилика эвгенольного // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия «Естественно-математические и технические науки». 2013. № 4 (125). С. 56–60.
10. Мягих Е. Ф. Морфо-биологические особенности и хозяйственно ценные признаки *Origanum vulgare* L. в Предгорной зоне Крыма в связи с задачами селекции. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Симферополь: ГБУ РК «НИИСХ Крыма», 2015. 223 с.
11. Никитина А. С., Попова О. И., Ушакова Л. С., Чумакова В. В., Иванова Л. И. Изучение эфирного масла змееголовника молдавского, культивируемого в условиях Ставропольского края // Химико-фармацевтический журнал. 2008. Т. 42. С. 35–39.
12. Овечко С. В. Изучение динамики накопления и состава эфирного масла змееголовника молдавского в условиях юга Украины // Вісник Запорізького державного університету. Біологічні науки. 2002. № 1. С. 1–4.
13. Петришина Н. Н. Морфо-биологические и хозяйственно ценные признаки *Artemisia dracunculus* L. в условиях Предгорной зоны Крыма. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Симферополь: Институт эфиромасличных и лекарственных растений УААН, 2010. 187 с.
14. Стоянова А., Георгиева А., Георгиев Е. Содержание эфирного масла в сырье чабера горного и тимьяна ползучего // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2000. № 5–6. С. 15–16.
15. Зыкова И. Д., Ефремов А. А. Компонентный состав эфирного масла стеблей, листьев и соцветий *Filipendula ulmafria* (L.) Maxim. // Химия растительного сырья. 2011. № 4. С. 99–102.
16. Ефремов Е. А., Зыкова И. Д., Ефремов А. А. Компонентный состав эфирного масла соцветий, семян и листьев *Syringa vulgaris* (Oleaceae) в окрестностях г. Красноярска // Растительные ресурсы. 2011. Вып. 4. С. 119–124.
17. Gkinis G., Bozin B., Mimica-Dukic N., Tzakou O. Antioxidant Activity of *Nepeta nuda* L. ssp. *nuda*. Essential Oil Rich in *Nepeta lactones* from Greece // Journal of Medicinal Food. Vol. 13 (5). P. 1176–1181.
18. Войткевич С. А. Эфирные масла для парфюмерии и ароматерапии. М.: Пищевая промышленность, 1999. С. 79–80.
19. Щипицина О. С., Ефремов А. А. Компонентный состав эфирного масла различных вегетативных частей дудника лекарственного Сибирского региона // Химия растительного сырья. 2010. № 4. С.115–119.
20. Лолойко А. А., Петришина Н. Н., Невкрытая Н. В., Марченко М. П. Особенности биосинтеза эфирного масла в семенном потомстве полыни эстрагон (*Artemisia dracunculus* L.) // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2011. Вып. 4. С. 116–122.
21. Мишнев А. В. Создание исходного материала для селекции мяты с нементольным составом эфирного масла. Автореф. дисс. ...канд. с.-х. наук. Симферополь: Институт эфиромасличных и лекарственных растений УААН, 2000. 198 с.
22. Невкрытая Н. В., Скопинцева Н. К., Черняк М. С. Сравнительная характеристика перспективных сортообразцов *Melissa officinalis* L. // Виноградарство и виноделие: сборник научных трудов НИВиВ «Магарач». 2012. № 1. С. 22–24.
23. Невкрытая Н. В., Лолойко А. А., Аметова Э. Д., Марченко М. П. Создание и анализ перспективного селекционного материала полыни таврической // Таврійський вісник аграрної науки. Збірник наукових праць Кримського науково-інноваційного центру. 2013. № 1. С. 42–47.
24. Золотилов В. А., Золотилова О. М., Скипор О. Б. Новый сорт розы эфиромасличной с высоким сбором конкрета // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2017. Вып. 3 (171). С. 36–40.

25. Меркурьев А. П. Результаты оценки перспективного сортообразца лаванды по хозяйственно ценным параметрам // Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет». Сільськогосподарські науки. Сімферополь, 2011. Вып. 137. С. 150–154.
26. Мемишева Л. С., Бабанов Н. С. Новый высокопродуктивный сорт шалфея мускатного Орфей. // Тенденции развития науки и образования. Сборник научных трудов, по материалам XXVI международной научно-практической конференции. Часть 4. Самара, 2017. С. 62–66.
27. Шульга Е. Б. Новые сорта мяты для Крыма и других регионов юга России // Таврический вестник аграрной науки. Симферополь, 2017. № 1 (9). С. 28–36.
28. Мошненко Е. В., Зеленцов С. В., Пасменко Т. В., Лунёва В. Т. Морфологические и цитологические исследования искусственных полиплоидов кориандра *Coriandrum sativum* L. // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. Вып. 2 (141). 2009. С.109–114.
29. 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. 119–126.
30. Коваленко Н. А., Супиченко Г. Н., Леонтьев В. Н., Шутова А. Г. Динамика накопления и компонентный состав эфирного масла *Agastache rugosa* L. // Труды БГТУ. Серия 4. «Химия, технология органических веществ и биотехнология». 2008. Т. 1. Вып. 4. С. 30–33.
31. Красюк Е. В., Пупыкина К. А. Сезонная динамика накопления эфирных масел в видах монарды, интродуцированных в Республике Башкортостан // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). Фармацевтические науки. 2015. № 3. С. 154–155.
32. Сидакова Т. М., Попова О. И. Сезонная динамика накопления эфирного масла в надземной части мяты длиннолистной (*Mentha longifolia* L.) // Химия растительного сырья. 2011. № 1. С. 189–190.
33. Солопов С. Г., Романова Н. Г. Динамика накопления эфирного масла в сырье двух сортов чабера садового (*Satureja hortensis* L.) в онтогенезе // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2016. № 12. С. 64–66.
34. Шутова А. Г., Спиридович Е. В., Кухарева Л. В., Кот А. А. Динамика количественных показателей накопления эфирных масел в растительном сырье семейства Lamiaceae // Теоретические и прикладные аспекты интродукции растений как перспективного направления развития науки и народного хозяйства: Материалы Международной научной конференции, посвященной 75-летию со дня образования ЦБС НАН Беларуси. Минск: НАН Беларуси, ЦБС. 2007. Т. 2 С. 182–184.
35. Шелепова О. М., Кондратьева В. В., Воронкова Т. В., Олехнович Л. С. Изменение состава эфирного масла и уровня салициловой кислоты у растений *Mentha piperita* L. в онтогенезе (вторичные метаболиты в онтогенезе мяты) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3 (5). С. 1514–1516.
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. Тимашева Л. А., Горбунова Е. В., Данилова И. Л. Изучение динамики накопления эфирного масла в процессе вегетации растений фенхеля // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет». Серия «Технические науки». 2012. № 146. С. 164–170.
38. Рошка Н., Мустяце Г., Баранова Н., Железняк Т. Морфологические компоненты фенхеля как эфиромасличное сырье // Вісник Київського національного університету імені Т. Г. Шевченка. 2009. Т. 29. С. 138–141.
39. Невкрытая Н. В., Аметова Э. Д., Марченко М. П., Данилова И. Л. Анализ динамики накопления эфирного масла в растениях укропа для уточнения оптимальной стадии переработки сырья // Сборник научных трудов Международной конференции «Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине», посвященной 85-летию ВИЛАР. М., 2016. С. 509–513.
40. Горбунова Е. В. Обоснование основных элементов технологии комплексной переработки сырья фенхеля обыкновенного (*Foeniculum vulgare* Mill.). Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Симферополь: Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Академия биоресурсов и природопользования, 2015. 248 с.
41. Murray M. J., Faas W., Marble M. Effects of plant maturity on oil composition of several spearmint grown in Indiana and Michigan // Crop Science. 1972. Vol. 12. P. 723–728.
42. Жигжитжапова С. В., Соктоева Т. Э., Раднаева Л. Д. Компонентный состав эфирного масла *Artemisia sieversiana* Ehrh ex Willd. на разных фазах развития растения // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2011. № 1 (77). Ч. 2. С. 138–141.

43. Лолойко А. А., Марченко М. П. Изучение суточной динамики накопления эфирного масла в шалфее мускатном (*Salvia sclarea* L.) в связи с задачами селекции // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2011. № 134. С. 79–86.

44. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнев А. В., Назаренко Л. Г. Эфиромасличная отрасль Крыма. Вчера, сегодня, завтра. 2-е издание, дополненное. Симферополь: ИТ «Ариал», 2018. С. 85.

45. Невкрытая Н. В. Основные методические приемы ведения первичного семеноводства сортов эфиромасличных культур в ФГБУН «НИИСХ Крыма» // Таврический вестник аграрной науки. Симферополь. 2017. № 3 (11). С. 40–46.

46. Пелипенко Т. В., Мустафаев С. К., Усов А. П., Калиенко Е. А. Качество промышленного сырья кориандра Северо-Кавказской зоны возделывания в современных экономических условиях // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2015. № 11. С. 4–11.

## References

1. Semenova E. F., Teplitskaya L. M., Presnyakova E. V., Mezhenyaya 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.

2. Nazarenko L. G., Minkov B. P., Mustyatse G. I., Murin A. V. The essential rose crop // Ed. by Mustyatse G. I. Chisinau: Shtiintsa, 1983. 186 p.

3. Hazieva F. M., Ossipov V. I., Korotkikh I. N. The study of intraspecific variation of oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil // Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material). 2016. No. 4. P. 97–105.

4. Myadelets M. A., Vasileva O. Yu., Domrachev D. V. Research of a chemical compound of essential oils *Origanum vulgare* L. with various painting flower // Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material). 2013. No. 1. P. 129–136.

5. Rabadanov G. A., 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.

6. Korotkikh I. N., Burova A. E. The comparative productivity of *Origanum vulgare* L. morphotypes to essential oil // Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry. 2015. No. 8. P. 43–46.

7. Malankina E. L., Kozlovskaya L. N., Solopov S. G., Zaitchik B. C., Ruzhitsky A. O., Evgrafov A. A. Specific features of component composition of garden savoury (*Satureja hortensis* L.) essential oil depending on the variety // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2017. Iss. 3. P. 19–29.

8. Kovalenko N. A., Supichenko G. N., Leontyev V. N., Shutova A. G., Kulinchik A. I. Component composition of the essential oil of *Salvia officinalis* L. grown in the Republic of Belarus // Proceedings of BSTU. Series 4 “Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology”. 2010. Vol. 1. No. 4. P. 34–38.

9. Ilchenko G. N., Berezkin N. G. Features of flowering and ways of hybridization of eugenol basil // The Bulletin of the Adyge State University, the series “Natural-Mathematical and Technical Sciences”. 2013. No. 4(125). P. 56–60.

10. Myagkikh E. F. Morphological and biological features and economically valuable traits of *Origanum vulgare* L. in the foothill zone of the Crimea according to the tasks of selection: Authors' abstract ... Cand. Sc. (Biol.). Simferopol: SBI of the Republic of Crimea “Research Institute of Agriculture of Crimea”, 2015. 223 p.

11. Nikitina A. S., Popova O. I., Ushakova L. S., Chumakova V. G., Ivanova L. I. Studying essential oil of *Dracocephalum moldavica* cultivated in the Stavropol Region // Khimiko-Farmatsevticheskiy Zhurnal. 2008. Vol. 42 (4). P. 35–39.

12. Ovechko S. V. Studying of the dynamics accumulation and composition of essential oil *Dracocephalum moldavica* in southern steppe of Ukraine // Visnyk of Zaporizhzhya National University. Series Biology. 2002. Iss. 1. P. 1–4.

13. Petrishina N. N. Morphological-and-biological and economically valuable traits of *Artemisia dracunculus* L. in the foothill zone of the Crimea. Authors' abstract ... Cand. Sc. (Biol.). Simferopol: Institute of essential oil and medicinal plants of UAAS, 2010. 187 p.

14. Stoyanova A., Georgieva A., Georgiev E. The content of essential oil in raw materials of mountain savory (*Satureja montana*) and creeping thyme (*Thymus serpyllum*) // News of institutes of higher education. Food technology. 2000. No. 5–6. P. 15–16.

15. Zykova I. D., Efremov A. A. Component composition of the essential oil of stems, leaves and inflorescences of *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. // Khimiia rastitel'nogo syr'ia (Chemistry of plant raw material). 2011. No. 4. P. 99–102.

16. Efremov E. A., Zykova I. D., Efremov A. A. Component composition of the essential oil of inflorescences, seeds and leaves of *Syringa vulgaris* (Oleaceae) in the suburbs of the city of Krasnoyarsk // Rastitelnye Resursy. 2011. Iss. 4. P. 119–124.

17. Gkinis G., Bozin B., Mimica-Dukic N., Tzakou O. Antioxidant Activity of *Nepeta nuda* L. ssp. *Nuda*. Essential Oil Rich in *Nepeta lactones* from Greece // Journal of Medicinal Food. Vol. 13 (5). P. 1176–1181.

18. Voytkovich S. A. Essential oils for perfumery and aromatherapy. Moscow: "Pishchevaya promyshlennost'", 1999. P. 79–80.
19. Shchipitsina O. S., Efremov A. A. Component composition of the essential oil of various vegetative parts of garden angelica (*Angelica archangelica*) from the Siberian region // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* (Chemistry of plant raw material). 2010. No. 4. P.115–119.
20. Loloyko A. A., Petrishyna N. N., Nevkrytaya N. V., Marchenko M. P. Features of biosynthesis of essential oil in seed posterity of a wormwood tarragon (*Artemisia dracunculus*) // *Ekosistemy, ikh Optimizatziya i Okhrana* [Optimization and Protection of Ecosystems]. 2011. Iss. 4. P. 116–122.
21. Mishnev A. V. Creation of initial material for the selection of mint with non-menthol composition of essential oil. Authors' abstract ... Cand. Sc. (Agr.). Institute of essential oil and medicinal plants of UAAS. Simferopol. 2000. 198 p.
22. Nevkrytaya N. V., Skopintseva N. K., Chernyak M. S. Comparative characteristics of promising varieties of *Melissa officinalis* L. // *Winemaking and Viticulture*. 2012. No. 1. P. 22–24.
23. Nevkrytaya N. V., Loloyko A. A., Ametova E. D., Marchenko M. P. Creating and analysis of prospective selection material of *Artemisia taurica* // *Taurida herald of Agrarian Sciences*. 2003. No. 1. P. 42–47.
24. Zolotilov V. A., Zolotilova O. M., Skipor O. B. New variety of rose essential oil with a high collection of concrete // *Oil crops. Scientific and Technical Bulletin VNIIMK*. 2017. Iss. 3 (171). P. 36–40.
25. Merkuryev A. P. The results of the appreciation of lavender perspective hybrid according to the complex of economical valuable indications // *Collection of scientific works of Southern branch of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine "Crimean Agrotechnological University"*. Agriculture. 2011. Iss. 137. P. 150–154.
26. Memisheva L. S., Babanov N. S. New highly productive variety of clary sage (*Salvia sclarea* L.) Orfey (Orpheus) // *Trends in the development of science and education. Collection of scientific papers, based on the materials of the XXVI International Scientific and Practical Conference. Part 4. Samara, 2017. P. 62–66.*
27. Shulga E. B. New varieties of mint for the Crimea and other southern regions of Russia // *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2017. No. 1 (9). P. 28–36.
28. Moshnenko E. V., Zelentsov S. V., Pasmenko T. V., Lunyova V. B. Morphological and cytological researches of artificial polyploids of coriander *Coriandrum sativum* L. // *Oil crops. Scientific and Technical Bulletin VNIIMK*. Iss. 2 (141). 2009. P. 109–114.
29. 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.
30. Kovalenko N. A., Supichenko G. N., Leontyev V. N., Shutova A. G. Dynamics of accumulation and component composition of the essential oil of *Agastache rugosa* L. // *Proceedings of BSTU. Series 4 "Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology"*. 2008. Vol. 1. Iss. 4. P. 30–33.
31. Krasnyuk E. V., Pupykina K. A. Seasonal dynamics of accumulation of essential oils in species of monarda introduced in the Republic of Bashkortostan // *Eurasian Union of Scientists (EUS). Pharmaceutical Sciences*. 2015. No. 3. P. 154–155.
32. Sidakova T. M., Popova O. I. Seasonal dynamics of the accumulation of essential oil in the aerial parts of the long-leaved mint (*Mentha longifolia* L.) // *Khimiia rastitel'nogo syr'ia* [Chemistry of plant raw material]. 2011. No. 1. P. 189–190.
33. Solopov S. G., Romanova N. G. Dynamics of accumulation of essential oil in the raw materials of two varieties of garden savory (*Satureja hortensis* L.) in ontogenesis // *Novye i netraditsionnye rasteniya i perspektivy ikh ispol'zovaniya*. 2016. No. 12. P. 64–66.
34. Shutova A. G., Spiridovich E. V., Kukhareva L. V., Kot A. A. Dynamics of quantitative indicators of the accumulation of essential oil in the plant material of the family Lamiaceae // *Theoretical and applied aspects of plant introduction as a promising directions of development of science and economy: Materials of the International Scientific Conference dedicated to the 75th anniversary of the formation of CBG of NAS of Belarus*. Vol. 2. Minsk: NAS of Belarus, CBG, 2007. P. 182–184.
35. Shelepova O. V., Kondrat'eva V. V., Voronkova T. V., Olekhovich L. S. Changes in the essential oil levels and salicylic acid levels in plants *Mentha piperita* L. in the ontogeny (secondary metabolites in the mint ontogeny) // *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2013. Vol. 15. No. 3 (5). P. 1514–1516.
36. Khristova Yu. P. The variability of the content and component composition of the essential oil of *Ocimum basilicum* L. // *Bulletin SNBG*. 2008. Iss. 97. P. 75–81.
37. Timasheva L. A., Danilova I. L., Gorbunova O. V. Study of dynamics of accumulation of essential oil in the process of vegetation of plant of fennel // *Collection of scientific works of Southern branch of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine "Crimean Agrotechnological University"*. Technical Sciences. 2012. No. 146. P. 164–170.



38. Roshka N., Mustyatse G., Baranova N., Zheleznyak T. Morphological components of fennel as an essential oil // Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. 2009. Vol. 29. P. 138–141.
39. Nevkrytaya N. V., Ametova E. D., Marchenko M. P., Danilova I. L. Analysis of the dynamics of accumulation of essential oil in dill plants to clarify the optimal stage of processing raw materials // Proceedings of the International Conference “Biological features of medicinal and aromatic plants and their role in medicine”, dedicated to the 85th anniversary of VILAR. Moscow, 2016. P. 509–513.
40. Gorbunova E. V. Substantiation of the main elements of the technology of complex processing of raw fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Autors’ abstract ... Cand. Sc. (Agr.). Simferopol: V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Academy of Bioresources and Environmental Management. 2015. 248 p.
41. Murray M. J., Faas W., Marble M. Effects of plant maturity on oil composition of several spearmints grown in Indiana and Michigan // Crop Science. 1972. Vol. 12. P. 723–728.
42. Zhigzhitzhapova S. V., Soktoeva T. E., Radnaeva L. D. Component composition of the essential oil of *Artemisia sieversiana* Ehrh ex Willd. at different phases of plant development // Bulletin of the East Siberian Scientific Center SB RAMS. 2011. No.1 (77). Part 2. P. 138–141.
43. Loloiko A. A., Marchenko M. P. Study of the daily dynamics of the accumulation of essential oil in *Salvia sclarea* L. concerning the tasks of selection // Transactions of Taurida Agricultural Science. 2011. No. 134. P. 79–86.
44. Pashtetskiy V. S., Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V., Nazarenko L. G. Essential oil industry in the Crimea. Yesterday, today, tomorrow. 2nd edition, supplemented. Simferopol: Publisher “Arial”, 2018. P. 77.
45. Nevkrytaya N. V. The basic methods of preliminary seed growing production of different varieties of essential oil crops in the FSBSI “Scientific Research Institute of Agriculture of Crimea”// Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2017. No. 3 (11). P. 40–46.
46. Pelipenko T. V., Mustafaev S. K., Usov A. P., Kalienko E. A. The quality of industrial raw materials of coriander from the North Caucasus area of cultivation in modern economic conditions // Scientific works of KubSTU. 2015. No. 11. P.4–11.

UDC 633.81

Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V.

**ACTUAL AND CONTEMPORARY DIRECTIONS OF BIOCHEMICAL RESEARCH OF OIL-BEARING AROMATIC PLANTS (REVIEW, PART II). ANALYSIS OF THE CONTENT AND COMPONENT COMPOSITION OF THE ESSENTIAL OIL IN PLANTS FOR THE PURPOSE OF BREEDING AND SEED GROWING**

*Summary.* In the second part of the review that concerned actual and contemporary directions of biochemical research of oil-bearing plants, we discussed the examples and justified the necessity to determine the content and component composition of essential oil in the breeding material at all stages of breeding and selection processes. Collection material, initial material and breeding samples created during experimental works were subject to analysis, as well as varietal samples at the stage of competitive variety testing until transferring them to the State Sort Commission of the Russian Federation for its registration and inclusion into the State Register of Breeding Achievements Approved for Use. In the process of selection (breeding) studies, it is necessary to study the peculiarities of the accumulation of essential oil and changes in its component composition at different stages of plant development; in the whole plant and in its organs separately; identification of the most valuable chemotypes; comparative analysis of these indicators in the studied samples. Biochemical analyses (tests) that are necessary to identify the optimal stage of raw materials processing, which in turn ensures maximum yield of high-quality essential oil, are very important for recommending the most effective methods of industrial cultivation of essential oil varieties. Control of the content and component composition of the essential oil is mandatory when maintaining the preliminary seed growing production of supported varieties of essential oil crops.

**Keywords:** aromatic plants, biochemical analysis, component 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, FSBSI “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, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: AVMishnev@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 25.12.2018.*

*Дата принятия к печати – 10.01.2019.*

DOI 10.33952/2542-0720-2019-1-17-83-92

УДК 330.4:631.86/87: 631.559

Приходько А. В., Колесникова А. В., Моляр С. А.

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ  
УДОБРЕНИЙ В КОРОТКОРОТАЦИОННОМ ПОЛЕВОМ СЕВООБОРОТЕ В  
УСЛОВИЯХ СТЕПНОГО КРЫМА**

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

**Реферат.** В условиях дефицита традиционных форм органических удобрений возникает необходимость поиска новых эффективных форм. Цель исследований – определить альтернативные навозу виды органических удобрений в условиях степной зоны Крыма. Задачи исследований – изучение эффективности и экономическая оценка применения удобрений на основе птичьего помета и сидератов при возделывании зерновых культур в короткоротационном полевом севообороте. Исследования проводили в 2013–2017 гг. По паровым предшественникам прибавка урожайности зерна озимой пшеницы от применения органических удобрений была незначительной. Большей отзывчивостью на их последствие отличался озимый ячмень, высеваемый по стерневому предшественнику. Прибавки урожая зерна составили: при внесении навоза КРС (крупного рогатого скота) (30 т/га) – 1,27 т/га или 43,6 %; куриного помета (10 т/га) – 1,16 т/га (39,9 %); куриного помета (5 т/га) – 0,90 т/га (30,9 %) и при использовании в качестве сидерата травосмеси вика + пшеница – 0,82 т/га (28,2 %). За первую ротацию севооборота наибольший сбор зерновых единиц – 3,11 и 3,05 т/га севооборотной площади получено при внесении 30 т/га навоза КРС и 10 т/га куриного помета. Превышение по отношению к контролю составили 0,62 и 0,56 т/га (24,9 и 22,5 %). Наибольшая прибавка урожая на тонну поступившего в почву органического вещества – 304 зерновых единиц получена при внесении куриного помета нормой 5 т/га. Максимальные дополнительные производственные затраты – 4,50 тыс. р. на гектар севооборотной площади (53,4 % затрат без удобрений) отмечено при внесении 30 т/га навоза КРС, минимальные – 0,18 тыс. р./га (2,2 %) при использовании горчицы сарептской в качестве сидерата. Использование альтернативных видов органических удобрений (за исключением гранулированного органического удобрения «Яркое поле») обеспечило более высокую окупаемость затрат урожая зерно относительно внесения навоза КРС на 97–320 %.

**Ключевые слова:** сидерат, птичий помет, *Triticum aestivum* L. пшеница озимая, *Hordeum vulgare* L. ячмень озимый, урожайность, окупаемость, прибыль.

**Введение**

Повышение продуктивности сельскохозяйственных угодий при рациональном использовании пахотных земель не представляется возможным без воспроизводства почвенного плодородия [1–3]. В связи с интенсификацией аграрного производства в последние десятилетия в Республике Крым значительно увеличились антропогенные нагрузки на пашню, а объемы внесения органических удобрений (из-за резкого сокращения поголовья животных) сократилось с 8,2 до 0,4 т/га посевных площадей [4]. Это привело к активизации процессов деградации почв, потере гумуса, переуплотнению пахотного и подпахотного слоев почвы и снижению их плодородия.

Основная роль в сохранении плодородия почв и повышении эффективности аграрного производства отводится органическим удобрениям [5–8]. Систематическое их использование в аграрном производстве способствует повышению урожайности и качества сельскохозяйственной продукции, оказывает благотворное влияние на агрофизические и химические свойства, улучшает водный и воздушный режимы

почвы, повышает их биологическую активность. Более высокий эффект от использования органических удобрений достигается в системе севооборотов [9].

Применение органических удобрений при выращивании сельскохозяйственных культур значительно повышает материальные и трудовые затраты, которые должны экономически окупаться прибавкой урожая [10]. Без анализа уровня затрат и структуры их составных элементов, определения окупаемости удобрений и экономической оценки их использования, в современном земледелии невозможно осуществлять и разрабатывать мероприятия, направленные на повышение эффективности ведения сельскохозяйственного производства [11].

В сложившихся в Республике Крым условиях дефицита навоза, который до недавнего времени являлся основным видом органических удобрений, важнейшее значение приобретает необходимость изучения новых местных видов удобрений и включение их в технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

**Цель исследований** – определить в условиях степной зоны Крыма альтернативные навозу крупного рогатого скота перспективные виды органических удобрений. Задачи исследований заключаются в изучении эффективности и экономической оценке применения удобрений на основе птичьего помета и сидератов при возделывании зерновых культур в короткоротационном полевом севообороте.

#### **Материалы и методы исследований**

Исследования проводили в богарных условиях стационарного трехпольного севооборота отдела полевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма», расположенного в центральной части степного Крыма (с. Клепинино Красногвардейского района). Чередование культур в севообороте: пар (черный или сидеральный) – пшеница озимая – ячмень озимый. Опыт заложен в трехкратной повторности: первая – в 2013, вторая – в 2014 и третья – в 2015 гг.

Почва опытного участка – типичный для степной части Крыма чернозем южный карбонатный слабогумусный на лессовидных глинах. Содержание гумуса в пахотном горизонте – 2,35 %, подвижных фосфатов – 4,4 мг/100 г почвы, обменного калия – 39,1 мг/100 г почвы, средневзвешенный показатель pH – 7,6 [3].

Степной Крым относится к зоне рискованного земледелия. Климат района проведения исследований – континентальный со значительными колебаниями температур в период вегетации растений. Лето – жаркое засушливое. Зима – умеренно-мягкая, снег выпадает в незначительном количестве или отсутствует. Среднегодовая температура воздуха составляет 10,2 °С. На протяжении последних лет наблюдается тенденция её повышения. Среднегодовое количество атмосферных осадков – 428 мм. Распределение осадков очень неравномерное. Годы с повышенным их количеством чередуются с периодами острого дефицита (перепады составляют от 251 до 709 мм). Гидротермический коэффициент 0,5–0,7. Ежегодно наблюдаются неблагоприятные климатические явления в виде суховеев, воздушных и почвенных засух [12].

Годы проведения исследований (за исключением 2015) характеризовались благоприятными погодными условиями для получения всходов и перезимовки растений озимых культур. В предпосевной период и на начальных этапах развития растений сумма осадков составляла: в 2013 г. – 84 мм в сентябре и 79 мм в октябре, в 2014 г. соответственно – 103 и 46 мм, в 2015 г. – 2 и 39 мм, в 2016 г. – 85 и 28 мм. На протяжении всех лет исследований в зимний период сохранялся повышенный температурный режим, обуславливающий неоднократное прекращение и возобновление вегетации озимых культур.

В 2013 г. годовое количество осадков было на уровне со среднегодовым показателем (98 %), в 2014–2016 гг. – превысило его на 32–62 %, а в 2017 г. –

составило только 67 %. При этом распределялись осадки очень неравномерно. В 2013 г. основное количество (163 мм) выпало перед посевом и во время появления всходов (сентябрь–октябрь), в 2014 г. – 167 мм в июне и 150 мм в сентябре-октябре, в 2015 и 2016 гг. соответственно 231 и 356 мм в период формирования и налива зерна (май-июнь), в 2017 г. условия влагообеспечения были недостаточными – на протяжении всего периода вегетации растений выпало только 262 мм осадков.

Объекты исследования – органические удобрения: подстилочный навоз крупного рогатого скота (КРС), подстилочный куриный помет, гранулированное органическое удобрение (ГОУ) «Яркое поле» (ферментированный, термически обработанный птичий помет, сбалансированный по содержанию азота, фосфора, калия, физиологически активных соединений и натуральных стимуляторов роста растений); сидеральные культуры – озимая вико-пшеничная (*Vicia pannonica* Crantz, *Triticum aestivum* L.), яровая горохо-овсяная (*Pisum sativum* L., *Avena sativa* L.) травосмеси, одновидовой посев горчицы сарептской (*Brassica juncea* L.); зерновые культуры – озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) и озимый ячмень (*Hordeum vulgare* L.). Контроль – вариант без внесения удобрений. В процессе проведения исследований использованы общенаучные методы – гипотезы, сравнения, индукции и синтеза; специальные методы агрономических исследований – полевой опыт, лабораторные и физико-химические методы; математически-статистический анализ.

Навоз и органические удобрения на основе птичьего помета вносили под чистый пар в середине сентября и запахивали в почву на глубину 20–22 см. Сидераты заделывались в почву дисковыми боронами БДТ-4,2 в два следа в первой-второй декадах мая при достижении растениями злаковых культур фазы «начало колошения», а зернобобовых и крестоцветных – «бутонизация – начало цветения». Площадь делянок в опыте – 1750 м<sup>2</sup>, учетная площадь – 1200 м<sup>2</sup>. Сроки посева и нормы высева, технологии выращивания сельскохозяйственных культур общепринятые для степной зоны Крыма. Исследования проводили на сортах озимой пшеницы Жайвир и озимого ячменя Онега. Уборку озимых зерновых проводили методом сплошного обмолота комбайном Сампо-500. Наблюдения и учеты проводили согласно «Методики Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» [13]. Результаты исследований обрабатывали методом дисперсионного анализа по Доспехову Б. А. [14].

При экономической оценке применения органических удобрений использовались технологические карты возделывания культур в короткоротационном севообороте, которые учитывали все фактические затраты при ценах на удобрения, горюче-смазочные материалы (ГСМ), семена и средства защиты растений (СЗР), сложившиеся на конец 2017 г. Расчет заработной платы производился на основе «Отраслевого соглашения по агропромышленному комплексу Республики Крым на 2016–2018 годы» [15].

### Результаты и их обсуждение

Существенно отличаясь по химическому составу и нормам внесения, изучаемые удобрения обеспечили различное поступление в почву питательных веществ (таблица 1).

Внесение навоза КРС нормой 30 т/га обеспечило наибольшее поступление в почву органического вещества – 6,09 т/га, а куриного помета 10 т/га – максимального количества основных элементов питания растений (NPK) – 400 кг/га. Наибольшее количество азота – 181 кг/га поступило в почву при использовании вико-пшеничной смеси в качестве сидерата, фосфора – 150 кг/га – при внесении 10 т/га куриного помета, а калия – 177 кг/га – при внесении навоза 30 т/га. Самое низкое поступление органики – 0,66 т/га, азота – 40, фосфора – 23 и калия – 25 кг/га отмечено при внесении

0,8 т/га ГОУ «Яркое поле». Данное удобрение, при рекомендуемой норме внесения, значительно уступает остальным изучаемым видам органических удобрений по содержанию основных элементов питания растений.

**Таблица 1 – Поступление в почву органических и основных минеральных веществ при использовании удобрений (среднее за 2013–2015 гг.)**

Вид удобрений	Норма внесения, т/га	Содержание в удобрении, %				Внесено в почву, кг/га			
		Органическое вещество	N	P	K	Органическое вещество	N	P	K
Навоз КРС	30	20,3	0,50	0,23	0,59	6090	150	69	177
Куриный помет	5	25,0	1,60	1,50	0,90	1250	80	75	45
Куриный помет	10	25,0	1,60	1,50	0,90	2500	160	150	90
ГОУ «Яркое поле»	0,8	82,1	5,01	2,93	3,08	657	40	23	25
Вика + пшеница (сидерат)	19,4*	21,5	0,93	0,12	0,50	4169	181	24	96
Овес + горох (сидерат)	10,4*	23,5	0,53	0,10	0,19	2440	55	10	20
Горчица (сидерат)	14,0*	15,0	0,56	0,06	0,30	2100	78	8	42

*Примечание.* \* для сидеральных культур норма внесения удобрения определяется урожайностью зеленой массы.

Сидеральные культуры обладают высокими потенциальными возможностями пополнения почвы органикой, но в условиях рискованного земледелия, к которым относится степная зона Крыма, их продуктивность нестабильна. В среднем за годы исследований большую урожайность зеленой массы – 19,4 т/га и поступление в почву органического вещества – 4,17 т/га обеспечила озимая травосмесь пшеница + вика, достоверно превысив урожайность яровых сидератов: травосмеси овес + горох и одновидового посева горчицы сарептской.

Использование органических удобрений в чистых и сидеральных парах в короткоротационном севообороте оказало положительное влияние на процессы роста, развития и в конечном результате на продуктивность растений озимых зерновых культур (таблица 2).

**Таблица 2 – Влияние применения органических удобрений в короткоротационном севообороте на урожайность озимых зерновых культур, т/га**

Вид и доза удобрений	Пшеница				Ячмень			
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	средняя	2015 г.	2016 г.	2017 г.	средняя
Контроль	3,14	5,12	5,41	4,56	2,30	3,25	3,18	2,91
Навоз КРС (30 т/га)	3,67	5,59	6,15	5,14	3,70	4,65	4,20	4,18
Куриный помет (5 т/га)	3,34	5,66	5,41	4,80	3,77	3,59	4,06	3,81
Куриный помет (10 т/га)	3,11	5,97	6,17	5,08	3,61	4,20	4,41	4,07
ГОУ «Яркое поле» (0,8 т/га)	3,43	5,16	5,42	4,67	2,54	3,86	3,52	3,31
Вика + пшеница (сидерат)	3,26	5,46	5,47	4,73	3,39	4,19	3,60	3,73
Овес + горох (сидерат)	3,21	5,13	5,61	4,65	2,96	4,17	3,65	3,59
Горчица (сидерат)	3,27	5,21	5,76	4,75	3,26	3,43	3,61	3,43
Средняя по опыту	3,30	5,41	5,68	4,80	3,19	3,92	3,78	3,63
НСР <sub>05</sub>	0,36	0,69	0,80		0,57	0,80	0,88	

Эффект от применения удобрений в значительной степени обусловливался погодными условиями и предшественником зерновых культур. Так, в 2014 г. при дефиците запасов почвенной влаги в критические фазы развития (период закладки колоса, формирования и налива зерна) и повышенном температурном режиме, растения озимой пшеницы не смогли реализовать свой генетический потенциал



продуктивности, уступив по урожайности в 1,6–1,7 раза (64 и 72 %) посевам 2015 и 2016 гг. При этом только вариант с внесением 30 т/га навоза КРС обеспечил достоверную прибавку – 0,53 т/га, или 16,9 % по отношению к контролю и 0,56 т/га, или 17,8 % относительно внесения повышенной нормы (10 т/га) птичьего помета. А при благоприятных условиях увлажнения, сложившихся в 2015 и 2016 гг., стеблестой озимой пшеницы, высеянной по чистому пару с внесением куриного помета 10 т/га, уже обеспечил наиболее высокий урожай – 5,97 и 6,17 т/га соответственно. Однако, если в 2015 г. получена достоверная прибавка по отношению к контролю – 0,85 т/га, то в 2016 г. разница в урожайности по всех вариантах опыта находилась в пределах ошибки опыта.

Среди изучаемых органических удобрений лучше зарекомендовали себя навоз КРС и куриный помет, которые обеспечили повышение продуктивности растений озимой пшеницы при благоприятных погодных условиях. Однако, в условиях острого дефицита влаги 2014 г., повышенная доза внесения куриного помета (10 т/га) оказала отрицательное влияние на растения, сформировав урожай зерна практически на одном уровне с контролем – 3,11 и 3,14 т/га соответственно.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют, что в условиях Степного Крыма по паровым предшественникам относительно стабильные урожаи озимой пшеницы можно получать без применения органических удобрений за счет естественного плодородия почвы. Несмотря на то, что при использовании удобрений прослеживается определенная тенденция повышения урожайности, эта прибавка в основном незначительная.

Значительно большей отзывчивостью на последствие применения органических удобрений отличается озимый ячмень, высеваемый по стерневому предшественнику – озимой пшенице. За годы исследований только при использовании ГОУ «Яркое поле», характеризующимся самым низким поступлением в почву питательных веществ, не получено достоверной прибавки урожая по отношению к контролю. Наибольшие прибавки урожая зерна обеспечили варианты с применением навоза КРС (30 т/га) – 1,27 т/га или 43,6 %, куриного помета (10 т/га) – 1,16 т/га (39,9 %), куриного помета (5 т/га) – 0,90 т/га (30,9 %) и вика + пшеница (сидерат) – 0,82 т/га (28,2 %).

Применение органических удобрений связано со значительными материальными и трудовыми затратами (таблица 3).

**Таблица 3 – Производственные затраты при использовании органических удобрений на чистых и сидеральных парах (среднее за 2013–2015 гг.)**

Вид удобрений	Общие затраты, р./га	Структура основных статей затрат, %		
		Зарплата с начислениями	Стоимость ГСМ	Стоимость семян, удобрений, СЗР
Контроль	2142	16,2	74,7	0,0
Навоз КРС (30 т/га)	15375	8,1	24,3	58,5
Куриный помет (5 т/га)	3880	12,8	50,4	27,7
Куриный помет (10 т/га)	5618	11,5	41,2	38,3
ГОУ «Яркое поле» (0,8 т/га)	8830	4,2	18,8	68,0
Вика + пшеница (сидерат)	5458	9,5	22,2	59,2
Овес + горох (сидерат)	4899	9,9	24,6	56,3
Горчица (сидерат)	2587	16,5	53,8	20,6

При использовании навоза КРС производственные затраты увеличиваются в 7,2 раза, удобрений на основе птичьего помета – в 1,8–4,1, а сидеральных культур – в 1,2–2,5 раза относительно варианта без внесения удобрений. Наибольшие

производственные затраты отмечаются при внесении навоза КРС – 15375 р./га. Это обусловлено высокой стоимостью удобрений, нормой внесения в физическом весе – 30 т/га и соответственно объемом работ, связанных с их применением. При использовании куриного помета общие затраты относительно внесения навоза снижаются в 2,7–4,0 раза, а ГОУ «Яркое поле» – в 1,7 раз.

Затраты на внесение навоза и органических удобрений на основе куриного помета определяются стоимостью самих удобрений, а также работ, связанных с погрузкой, транспортировкой, внесением и заделкой их в почву, а на сидераты – стоимостью семян сидеральных культур и выполнением работ по выращиванию и заделке в почву их биомассы. Если для вико-пшеничной и овсяно-гороховой смесей, при выращивании которых применяются высокие весовые нормы высева – 220 и 180 кг/га, в структуре производственных затрат стоимость семян занимает 59,2 и 56,3 %, то для сарептской горчицы (при норме высева – 6 кг/га) – только 20,6 %. Соответственно и общие затраты при использовании горчицы в качестве сидерата снижаются до минимального показателя среди всех изучаемых видов удобрений – 2587 р./га.

При расчёте экономической эффективности выращивания озимых культур учитывалось, что действие органических удобрений на рост и развитие растений проявляется на протяжении нескольких лет. Поэтому затраты на их применение соотносились в следующей пропорции: две трети части – на выращивание озимой пшеницы, и одна третья часть – озимого ячменя. Анализ экономической эффективности выращивания озимых зерновых культур свидетельствует, что внесение органических удобрений экономически не всегда оправдано, так как затраты, связанные с их применением, часто не компенсируются соответствующими прибавками урожая зерна (таблица 4).

**Таблица 4 – Экономическая эффективность выращивания озимых зерновых культур в короткоротационном севообороте при применении различных видов органических удобрений**

Вид и доза удобрений	Урожайность, т/га	Производственные затраты, тыс. р./га	Стоимость продукции, тыс. р./га	Чистая прибыль, тыс. р./га	Уровень рентабельности, %
Озимая пшеница, среднее за 2014–2016 гг.					
Контроль	4,56	13,18	27,36	14,19	107,7
Навоз КРС (30 т/га)	5,14	21,98	30,84	8,86	40,3
Куриный помет (5 т/га)	4,80	14,34	28,80	14,46	100,9
Куриный помет (10 т/га)	5,08	15,63	30,48	14,85	95,0
ГОУ «Яркое поле» (0,8 т/га)	4,67	17,77	28,02	10,25	57,7
Вика + пшеница (сидерат)	4,73	15,11	28,38	13,27	87,8
Овес + горох (сидерат)	4,65	14,99	27,90	12,91	86,1
Горчица (сидерат)	4,75	13,44	28,50	15,06	112,1
Озимый ячмень, среднее за 2015–2017 гг.					
Контроль	2,91	11,65	18,92	7,26	62,3
Навоз КРС (30 т/га)	4,18	16,36	27,18	10,83	66,2
Куриный помет (5 т/га)	3,81	13,09	24,75	11,66	89,1
Куриный помет (10 т/га)	4,07	12,48	26,49	14,00	112,2
ГОУ «Яркое поле» (0,8 т/га)	3,31	14,00	21,49	7,50	53,5
Вика + пшеница (сидерат)	3,73	13,00	24,23	11,23	86,4
Овес + горох (сидерат)	3,59	12,72	23,36	10,64	83,7
Горчица (сидерат)	3,43	11,93	22,32	10,39	87,0

В первую очередь это относится к озимой пшенице, которая по паровым предшественникам и без применения органических удобрений способна сформировать относительно высокий урожай зерна. За годы проведения

исследований более высокий уровень рентабельности – 107,7 и 112,1 % получен в контроле и при использовании горчицы сарептской в качестве сидерата, то есть в вариантах опыта с минимальными производственными затратами – 13,18 и 13,44 тыс. р./га соответственно. Самая низкая чистая прибыль – 8,86 тыс. р./га и рентабельность – 40,3 %, несмотря на более высокие показатели урожайности зерна, получены при внесении навоза (30 т/га).

В отличие от пшеницы, на посевах озимого ячменя эффект от последствия применения органических удобрений на чистых и занятых парах был более действенным. Достоверные прибавки урожая зерна, несмотря на дополнительные производственные затраты, составившие при использовании навоза КРС 8,8 тыс. р./га, куриного помета – 1,16–2,45 тыс. р./га и при использовании сидеральных культур – 0,26–1,93 тыс. р./га, обеспечили повышение чистой прибыли соответственно на 3,57; 4,40–6,74 и 3,13–3,97 тыс. р./га. Исключение составил только вариант с применением ГОУ «Яркое поле», обеспечивший чистую прибыль 7,50 тыс. р./га, что соответствует контролю. Наиболее высокие экономические показатели при выращивании озимого ячменя получены в варианте с использованием куриного помета нормой 10 т/га – чистая прибыль 14,0 тыс. р./га при уровне рентабельности 112,2 %.

За первую ротацию трехпольного полевого севооборота наибольший сбор зерновых единиц – 3,11 и 3,05 т/га севооборотной площади получен при внесении 30 т/га навоза КРС и 10 т/га куриного помета. Превышение по отношению к контролю составило 0,62 и 0,56 т/га (24,9 и 22,5 % соответственно) (таблица 5).

**Таблица 5 – Окупаемость применения органических удобрений в трехпольном полевом севообороте за первую ротацию**

Вид и норма внесения органических удобрений	Поступление органического вещества, т/га	Сбор з. е.* на га севооборотной площади, т		Производственные затраты, тыс. р./га		Окупаемость	
		всего	+ к контролю	всего	+ к контролю	з. е./т	дополнительные затраты з. е./тыс. р.
Контроль	0,0	2,49		8,28			
Навоз КРС (30 т/га)	6,09	3,11	0,62	12,78	4,50	101	137
Куриный помет (5 т/га)	1,25	2,87	0,38	8,94	0,66	304	576
Куриный помет (10 т/га)	2,50	3,05	0,56	9,57	1,29	224	433
ГОУ «Яркое поле» (0,8 т/га)	0,66	2,66	0,17	10,59	2,31	256	73
Вика + пшеница (сидерат)	4,52	2,82	0,33	9,37	1,09	73	302
Овес + горох (сидерат)	2,77	2,75	0,26	9,24	0,96	93	270
Горчица (сидерат)	1,49	2,73	0,24	8,46	0,18	159	1344

*Примечание.* \* зерновые единицы.

Изучаемые удобрения, существенно отличаясь между собой по содержанию органического вещества, обеспечивали различную продуктивность зерновых культур. За первую ротацию севооборота при применении навоза КРС на каждую тонну внесенного органического вещества получена прибавка урожая 101 зерновых единиц на гектар севооборотной площади, при использовании сидеральных культур она изменялась от 73 (для вико-пшеничной травосмеси) до 159 (для горчицы сарептской), а наибольшая прибавка (от 224 до 304 зерновых единиц на тонну) получена при применении удобрений на основе куриного помета. При этом максимальная окупаемость тонны внесенного органического вещества получена при использовании куриного помета нормой 5 т/га.

Применение органических удобрений при выращивании сельскохозяйственных культур сопровождается увеличением производственных затрат. Максимальные дополнительные затраты – 4,50 тыс. р./га севооборотной площади, что составляет 53,4 % относительно затрат на выращивание культур без удобрений – при внесении 30 т/га навоза КРС, а минимальные – 0,18 тыс. р./га, или 2,2 % – при использовании горчицы сарептской в качестве сидерата. В первой ротации севооборота на каждую тысячу рублей, затраченных на применение навоза КРС, получена прибавка урожая в количестве 137 зерновых единиц. Использование большинства других видов органических удобрений (за исключением ГОУ «Яркое поле», где прибавка была на 54 зерновые единицы ниже относительно навоза КРС) обеспечили более высокую окупаемость затрат на 133–439 зерновых единиц, или на 97–320 %. А самый высокий показатель – 1344 кг зерновых единиц на тысячу рублей дополнительных затрат получен при использовании в качестве сидератов горчицы сарептской, что в 8,8 раз превышает окупаемость затрат на внесение навоза КРС.

### Выводы

Эффект от применения органических удобрений во многом обуславливается погодными условиями и предшественником. В условиях степного Крыма стабильные урожаи зерна озимой пшеницы по парам можно получать за счет естественного плодородия почвы. Прибавка урожайности этой культуры от применения органических удобрений незначительная.

Озимый ячмень, высеваемый по стерневому предшественнику, характеризуется высокой отзывчивостью на последствие удобрений. Прибавки урожая зерна относительно контроля составили: после внесения навоза КРС (30 т/га) – 1,27 т/га или 43,6 %; куриного помета (10 т/га) – 1,16 т/га (39,9 %); куриного помета (5 т/га) – 0,90 т/га (30,9 %) и при использовании в качестве сидерата травосмеси вика + пшеница – 0,82 т/га (28,2 %).

При выращивании озимой пшеницы максимальный уровень рентабельности – 107,7 и 112,1 % получен в вариантах с минимальными производственными затратами: в контроле – 13,18 тыс. р./га и при использовании в качестве сидерата горчицы сарептской – 13,44 тыс. р./га. Наиболее высокие экономические показатели при выращивании озимого ячменя получены при использовании куриного помета нормой 10 т/га – чистая прибыль 14,0 тыс. р./га при уровне рентабельности 112,2 %.

За первую ротацию севооборота наибольший сбор зерновых единиц – 3,11 и 3,05 т/га севооборотной площади получен при внесении 30 т/га навоза КРС и 10 т/га куриного помета. Превышение по отношению к контролю составили 0,62 и 0,56 т/га (24,9 и 22,5 %). Наибольшая прибавка урожая зерна на тонну поступившего в почву органического вещества – 304 зерновые единицы получена при внесении куриного помета нормой 5 т/га.

Использование в короткоротационном полевом севообороте альтернативных навозу КРС видов органических удобрений – подстилочного птичьего помета и сидератов является экономически целесообразным, так как их применение более рентабельное и характеризуется высшей окупаемостью затрат относительно навоза КРС – на 97–320 %.

### Литература

1. Чекмарев П. А., Лукин С. В. Система удобрений в условиях биологизации земледелия // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 12. С. 10–12.
2. Кирюшин В. И. О Белгородской модели модернизации сельского хозяйства и биологизации земледелия // Земледелие. 2013. № 1. С. 3–6.
3. Паштецкий В. С., Радченко Л. А., Женченко К. Г. Сохранение гумуса в почвах Крыма – основной фактор повышения плодородия // Аграрный вестник Урала. 2015. № 5 (135). С. 24–27.

4. Научно обоснованная стратегия развития агропромышленного комплекса Крыма до 2020 года // Симферополь: ИТ «Ариал». 2016. 136 с.
5. Birkhofer K., Bezemer T. M., Bloem J., Bonkowski M., Christensen S., Dubois D., Ekelund F., Fließbach A., Gunst L., Hedlund K., Maeder P., Mikola J., Robin C., Setälä H., Tatin-Froux F., Van der Putten, W. H., Scheu S. Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: implications for soil quality, biological control and productivity // *Soil Biol. Biochem.* 2008. No. 40. P. 2297–2308.
6. Овцинов В. И., Жаманова Н. А., Штарк П. М. Оценка эффективности местных органических удобрений при возделывании яровой пшеницы и воспроизводстве плодородия почв Северного Казахстана // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета.* 2015. № 11 (133). С. 24–29.
7. Волошин Е. И. Применение удобрений и урожайность сельскохозяйственных культур в Красноярском крае // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета.* 2016. № 8. С. 150–157.
8. Окорков В. В. Об эффективности местных органических удобрений на почвах Владимирского Ополя // *Достижения науки и техники АПК.* 2015. № 11. С. 65–69.
9. Новоселов С. И. Влияние севооборота и удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур и плодородие почвы // *Вестник Марийского государственного университета серия: сельскохозяйственные науки. Экономические науки.* 2017. Т. 3. № 1 (9). С. 60–65.
10. Кузьминых А. Н., Пашкова Г. И. Экономическая эффективность возделывания озимой ржи по различным паровым предшественникам // *Вестник Марийского государственного университета серия: сельскохозяйственные науки. Экономические науки.* 2017. Т. 3. № 1 (9). С. 47–51.
11. Турин Е. Н., Женченко К. Г., Гонгало А. А. Урожайность, качество сельскохозяйственной продукции и экономическая эффективность в зависимости от систем земледелия в условиях центральной степи Крыма // *Сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции «Аграрная наука – сельскому хозяйству».* Барнаул, 2018. С. 432–434.
12. Паштецкий В. С., Женченко К. Г., Приходько А. В. Влияние неблагоприятных природных явлений на деградацию почв и агропромышленный комплекс Крыма // *Бюллетень Почвенного института.* 2015. № 77. С. 94–106.
13. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1972. 281 с.
14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агрпромиздат, 1985. 254 с.
15. Отраслевое соглашение по агропромышленному комплексу Республики Крым на 2016–2018 годы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.referent.ru/182/10679> (дата обращения 02.11.2017).

## References

1. Chekmarev P. A., Lukin S. V. Fertilizer system under condition of agriculture biologization // *Achievements of Science and Technology of AIC.* 2012. No. 12. P. 10–12.
2. Kiryushin V. I. About agriculture modernization and biologization model in Belgorod region // *Zemledelie.* 2013. No. 1. P.3–6.
3. Pastetskiy V. S., Radchenko L. A., Zhenchenko K. G. Preservation of humus in the soil of the Crimea is the main factor in increasing the fertility // *Agrarian Bulletin of the Urals.* 2015. No. 5 (135). P.24–27.
4. Science-based strategy of AIC development in the Crimea until 2020. Simferopol: PT “ARIAL”, 2016. 136 p.
5. Birkhofer K., Bezemer T. M., Bloem J., Bonkowski M., Christensen S., Dubois D., Ekelund F., Fließbach A., Gunst L., Hedlund K., Maeder P., Mikola J., Robin C., Setälä H., Tatin-Froux F., Van der Putten, W. H., Scheu S. Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: implications for soil quality, biological control and productivity // *Soil Biol. Biochem.* 2008. No. 40. P. 2297–2308.
6. Ovtsinov V. I., Zhamanova N. A., Shtark P. M. The evaluation of the local organic fertilizer effectiveness in spring wheat cultivation and soil fertility reproduction in northern Kazakhstan // *Bulletin of Altai State Agricultural University.* 2015. No. 11 (133). P. 24–29.
7. Voloshin E. I. The use of fertilizers and productivity of agricultural cultures in Krasnoyarsk region // *The Bulletin of KrasGAU.* 2016. No. 8. P. 150–157.
8. Okorkov V. V. About efficiency of local organic fertilizers on soils of the Vladimirske Opolie // *Achievements of Science and Technology of AIC.* 2015. No. 11. P. 65–69.
9. Novoselov S. I. Effect of crop rotation and fertilizers on crop yields and soil fertility // *Vestnik of Mari State University. Series “Agriculture. Economics”.* 2017. No. 1 (9). P. 60–65.
10. Kuzminykh A. N., Pashkova G. I. Economic efficiency of winter rye cultivation on various fallow predecessors // *Vestnik of Mari State University. Series “Agriculture. Economics”.* 2017. No. 1 (9). P. 47–51.
11. Turin E. N., Zhenchenko K. G., Gongalo A. A. Productivity, quality of agricultural products and economic efficiency depending on farming systems in the central steppe of the Crimea // *Materials of the XIII International Scientific and Practical Conference “From agrarian science to agriculture”* // *Altai State Agrarian University.* Barnaul, 2018. P. 432–434.
12. Pashtetskiy V. S., Zhenchenko K. G., Prikhodko A. V. The influence of natural hazards on soil degradation and agro-industrial activity in The Crimea // *Dokuchaev Soil Bulletin.* 2015. No. 77. P.94–106.
13. Methodology of State strains testing of agricultural crops. Moscow, 1972. 281 p.
14. Dospikhov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 254 p.
15. Sectoral agreement on the agro-industrial complex of the Republic of Crimea for 2016–2018. [Electronic resource]. Access point: <https://www.referent.ru/182/10679> (reference’s date 02.11.2017).



UDC 330.4: 631.86/87: 631.559

Prikhodko A. V., Kolesnikova A. V., Molyar S. A.

**ECONOMIC ASSESSMENT OF THE ORGANIC FERTILIZERS APPLICATION IN THE SHORT CROP ROTATION UNDER CONDITIONS OF STEPPE CRIMEA**

**Summary.** Today, there is an urgent need to find new effective types of organic fertilizers due to the lack of their traditional forms. The aim of the work was to determine the types of organic fertilizers that are alternative to manure and suitable for use under the conditions of the steppe zone of the Crimea. The objectives of the research were to study the effectiveness and evaluate the economic efficiency of the fertilizers application that were based on the poultry manure and green manure (cultivation of grain crops in short crop rotation). The studies were conducted from 2013 to 2017. The increase in the yield of winter wheat (fallow as a preceding crop) after the organic fertilizer application was insignificant. Winter barley, which was sown after stubble crop, was more responsive to the organic fertilizers aftereffect. Yield increase was: after cattle manure incorporation (30 t/ha) – 1.27 t/ha or 43.6 %; chicken manure (10 t/ha) – 1.16 t/ha (39.9 %); chicken manure (5 t/ha) – 0.90 t/ha (30.9 %) and after green manure incorporation (vetch and wheat mixture) – 0.82 t/ha (28.2 %). For the first rotation, the largest collection of grain units — 3.11 and 3.05 t/ha was obtained after applying 30 t/ha of cattle manure and 10 t/ha of chicken manure. Yield increase compared to control was 0.62 and 0.56 t/ha (24.9 and 22.5 %). The highest yield increase per ton of organic matter (304 grain units) was obtained when chicken manure was incorporated into the soil at a rate of 5 t/ha. Maximum additional production costs – 4.5 thousand rubles per hectare of crop rotation area (53.4 % of the cost without fertilizers) was recorded when 30 t/ha of cattle manure was applied, minimum one – 0.18 thousand rubles per ha (2.2 %) after using *Brassica juncea* as green manure. The use of alternative types of organic fertilizers (with the exception of granular organic fertilizer “Yarkoye pole”) provided a higher payback (97–320 %) compared to cattle manure application.

**Keywords:** green manure, poultry manure, winter wheat (*Triticum aestivum* L.), winter barley (*Hordeum vulgare* L.), productivity, payback, profit.

Приходько Александр Валентинович, старший научный сотрудник лаборатории земледелия, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: prihodko\_a@niishk.ru.

Колесникова Анастасия Владимировна, младший научный сотрудник лаборатории научно-экономического анализа исследований и маркетинговой работы, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: cool.nastya2401@yandex.ru.

Моляр Сергей Александрович, заведующий отделом технического обеспечения полевых опытов и производственных объектов, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: molyar\_s@niishk.ru.

Prikhodko Aleksandr Valentinovich, senior researcher of the laboratory of agriculture, FSBSI “Scientific Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: prihodko\_a@niishk.ru.

Kolesnikova Anastasiya Vladimirovna, junior researcher of the laboratory of scientific and economic analysis of research and marketing work, FSBSI “Scientific Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: cool.nastya2401@yandex.ru.

Molyar Sergey Aleksandrovich, head of the department of technical maintenance of field experiments and industrial facilities, FSBSI “Scientific Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: molyar\_s@niishk.ru.

Дата поступления в редакцию – 09.10.2018.

Дата принятия к печати – 11.11.2018.

Тевфик А. Ш., Егорова Н. А.

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ И ГОРМОНАЛЬНОГО СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ *IN VITRO* ТИМЬЯНА ОБЫКНОВЕННОГО**

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

**Реферат.** Тимьян обыкновенный (*Thymus vulgaris* L.) – многолетний полукустарник, одно из древнейших пряно ароматических и лекарственных растений. В сырье содержится до 0,75 % эфирного масла, наиболее ценные компоненты которого – тимол и линалоол. Тимьян широко применяется в медицинской практике, кулинарии и парфюмерной промышленности. Для повышения эффективности селекционной и семеноводческой работы с тимьяном необходимо внедрение биотехнологических приемов. В этом плане актуальна разработка методов клонального микроразмножения, которые позволяют не только быстро размножать ценные генотипы, но и получать генетически однородный оздоровленный посадочный материал. Цель исследования – изучение влияния условий культивирования и состава питательной среды на развитие эксплантов на втором этапе клонального микроразмножения *Thymus vulgaris* L. *in vitro*. В статье представлены результаты исследований морфометрических показателей эксплантов при культивировании на семи вариантах питательной среды Мурасиге и Скуга в банках или пробирках с циклом выращивания 30, 40, 50, 60 и 70 сут. При более длительном цикле выращивания (70 сут) коэффициент размножения был в 4,4 раза выше, чем при стандартной продолжительности культивирования (30 сут). Анализ влияния типа культурального сосуда показал, что в банках развивалось в 2,9–3,3 раза больше побегов на эксплант по сравнению с культивированием в пробирках. Сравнение двух цитокининов выявило, что лучшее развитие эксплантов было при культивировании на средах, содержащих кинетин. На средах с БАП наблюдали высокую степень витрификации микропобегов и образование мелких побегов, неспособных к дальнейшей регенерации. Установлено, что наиболее эффективной питательной средой на этапе собственно размножения тимьяна обыкновенного является МС с 1,0 мг/л кинетина. При оптимальном сочетании изученных факторов коэффициент размножения достигал 12,8. Выявлено, что на средах с кинетином происходит индукция ризогенеза с частотой 57,7–98,0 %. Результаты исследований являются основой для разработки методики клонального микроразмножения *Thymus vulgaris* L.

**Ключевые слова:** *Thymus vulgaris* L., клональное микроразмножение, регуляторы роста, продолжительность цикла выращивания, культуральный сосуд, питательная среда.

**Введение**

В последнее время во всем мире эфиромасличные растения имеют широкий спектр использования, благодаря высокому содержанию биологически активных веществ. Одним из таких ценных растений является тимьян (*Thymus*) – многолетний полукустарник из семейства Яснотковые (Lamiaceae). Эфирное масло и растительное сырье тимьяна входят в состав большого количества комбинированных лекарственных препаратов и оказывают благотворное влияние на организм: укрепляют иммунитет, положительно влияют на нервную систему, деятельность ЖКТ, а также обладают анальгетическим, отхаркивающим, спазмолитическим, антигельминтным, противозудным и антиоксидантным действием [1, 2]. Наиболее важными компонентами эфирного масла тимьяна являются тимол и линалоол. При этом особую ценность имеет тимол, благодаря антисептическим, бактерицидным и дезинфицирующим свойствам, что позволяет

использовать его против патогенной микрофлоры организма, в том числе и устойчивой к антибиотикам [3].

В ФГБУН «НИИСХ Крыма» проводится комплекс исследований, связанных с созданием новых сортов, разработкой приемов выращивания и переработки эфиромасличных культур [2]. С целью повышения эффективности селекции и семеноводства необходимо применение биотехнологических методик для ускоренного размножения разных видов ценных эфиромасличных растений, которые позволят значительно увеличить коэффициент размножения культур, снизить энергоемкость, преодолеть сезонность производства, а также ускорить селекционный процесс [4]. Процесс клонального микроразмножения состоит из четырех этапов: введение в культуру *in vitro*, собственно микроразмножение, ризогенез, адаптация *in vivo*. Одним из важных этапов является второй, который может повторяться несколько раз до получения необходимого числа микрорастений. Основной задачей на этом этапе является получение высокого коэффициента размножения. Однако для большинства эфиромасличных культур отсутствуют четкие и воспроизводимые системы клонального микроразмножения. При анализе зарубежных публикаций по изучению тимьяна в культуре *in vitro* следует отметить, что все они касаются видов, которые не встречаются в РФ [5, 6]. Изучению особенностей морфогенетического потенциала тимьяна обыкновенного в культуре *in vitro* были посвящены лишь единичные научные работы [7, 8].

**Цель исследований** – изучение влияния гормонального состава питательной среды, типа культурального сосуда и продолжительности цикла выращивания на развитие эксплантов на втором этапе клонального микроразмножения *Thymus vulgaris in vitro*.

#### **Материалы и методы исследований**

Материал для исследований – ткани и органы растений тимьяна обыкновенного (*Thymus vulgaris* L.) образца № 20841 из коллекции ФГБУН «НИИСХ Крыма». В работе использовали общепринятые методы культуры органов и тканей растений [9, 10]. В качестве эксплантов использовали сегменты стебля с одним узлом (8–10 мм), полученные при микрочеренковании побегов, развившихся при введении почек в культуру *in vitro*. Экспланты культивировали на различных модификациях питательной среды Мурасиге и Скуга (МС) [11] с добавлением гибберелловой кислоты (ГК<sub>3</sub>), кинетина (Кин.), БАП (бензиламинопурина) и ИУК (Sigma, США) в пробирках (16 × 150 мм) или в стеклянных банках (250 мл), закрытых фольгой. В пробирки с 10 мл питательной среды помещали один эксплант, а в банки с 30 мл среды – три–четыре экспланта. Культивирование проводили при температуре 24–26 °С, относительной влажности воздуха – 70 % и освещенности – 2–3 тысячи люкс с фотопериодом 16 часов. Анализ морфометрических параметров развивающихся эксплантов проводили на 30, 40, 50, 60 и 70-е сутки культивирования. При этом определяли количество и длину побегов, количество узлов на побег, количество витрифицированных побегов, частоту ризогенеза, длину корней. Коэффициент размножения рассчитывали как количество микрочеренков, которое можно получить за одно субкультивирование, для этого количество образующихся на экспланте побегов умножали на число узлов на побеге. В каждом варианте опыта анализировали не менее 20 эксплантов, повторность опыта – двух–трехкратная. Статистическую обработку данных проводили согласно стандартным методам [12], с использованием пакета программ Microsoft Office (Excel 2010). Достоверность различий между вариантами рассчитывали по t-критерию Стьюдента при  $P \leq 0,05$ . В таблицах представлены средние значения и их стандартные ошибки, а на графиках – средние значения и доверительные интервалы.

#### **Результаты и их обсуждение**

На морфогенетический потенциал эксплантов *in vitro* влияют многие факторы: генотип, физиологическое состояние донорного растения, тип экспланта, условия

культивирования (тип пробки, тип культурального сосуда, освещенность, продолжительность цикла выращивания), состав питательной среды.

Одним из важных вопросов, практически не освещенным отечественными и зарубежными учеными, является влияние типа культурального сосуда на микроразмножение *in vitro*. В наших исследованиях экспланты помещали в пробирки или банки с питательной средой, закрытые фольгой. При изучении зависимости морфометрических показателей эксплантов от разных типов культуральных сосудов на 40-е сут не выявлено существенных различий на всех питательных средах с кинетином (таблица 1). При культивировании в банках на питательной среде МС с 0,5 мг/л БАП и 2,0 мг/л ГК<sub>3</sub> был получен более высокий коэффициент размножения ( $6,7 \pm 0,3$ ) по сравнению с пробирками ( $5,0 \pm 0,2$ ).

**Таблица 1 – Влияние состава питательной среды и типа культурального сосуда на развитие эксплантов на втором этапе клонального микроразмножения тимьяна (40-е сут)**

Регуляторы роста в питательной среде МС, мг/л	Количество побегов на эксплант, шт.		Длина побега, см		Коэффициент размножения	
	пробирки	банки	пробирки	банки	пробирки	банки
Кин. – 1,0	$1,3 \pm 0,2$	$1,5 \pm 0,1$	$2,0 \pm 0,2$	$2,3 \pm 0,2$	$4,0 \pm 0,2$	$3,8 \pm 0,4$
Кин. – 1,0; ГК <sub>3</sub> – 1,0	$1,1 \pm 0,1$	$1,2 \pm 0,1$	$2,1 \pm 0,2$	$2,0 \pm 0,2$	$3,0 \pm 0,2$	$3,2 \pm 0,3$
Кин. – 1,0; ГК <sub>3</sub> –1,0; ИУК – 0,5	$1,4 \pm 0,1$	$1,3 \pm 0,1$	$1,8 \pm 0,1$	$1,5 \pm 0,1$	$3,4 \pm 0,2$	$2,9 \pm 0,3$
Кин. – 1,0; ИУК – 0,5	$1,2 \pm 0,1$	$1,3 \pm 0,1$	$2,2 \pm 0,2$	$2,4 \pm 0,3$	$3,3 \pm 0,3$	$3,7 \pm 0,3$
Кин. – 1,0; ГК <sub>3</sub> – 1,0; БАП – 0,2	$2,7 \pm 0,3$	$2,5 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,1$	$3,9 \pm 0,4^*$	$4,1 \pm 0,3^*$
БАП – 0,5	$1,7 \pm 0,2$	$1,1 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,1$	$0,7 \pm 0,2$	$2,4 \pm 0,3$	$1,2 \pm 0,1$
БАП – 0,5; ГК <sub>3</sub> –2,0	$4,1 \pm 0,4$	$5,8 \pm 0,5$	$0,6 \pm 0,1$	$0,7 \pm 0,1$	$5,0 \pm 0,2^*$	$6,7 \pm 0,3^*$

*Примечание.* \* с учетом витрифицированных побегов.

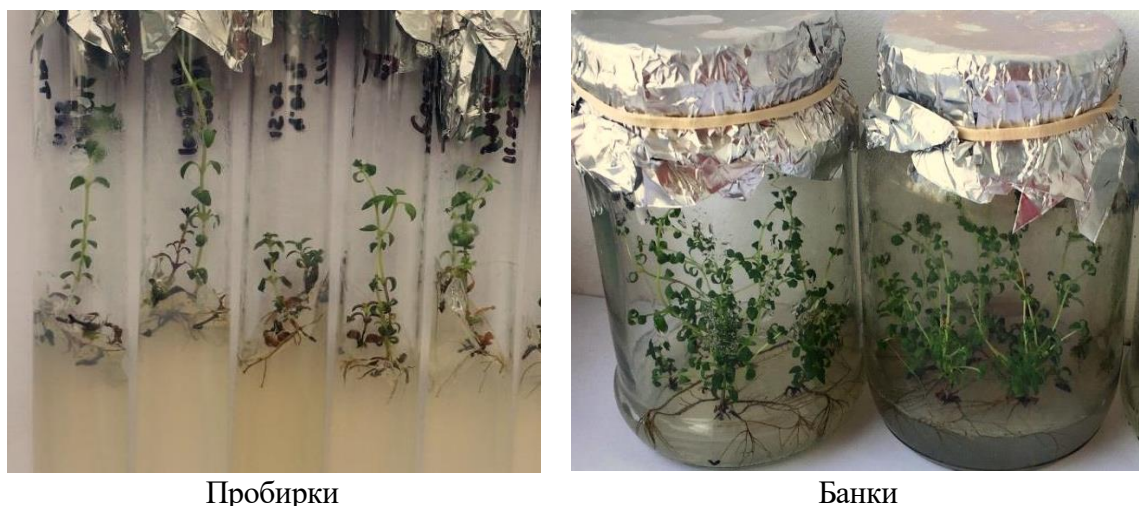
Таким образом, при продолжительности цикла выращивания 40 сут во всех вариантах опыта коэффициент размножения не превышал 6,7. Поэтому в дальнейшем с целью повышения данного показателя мы проанализировали развитие эксплантов в разных культуральных сосудах при более длительном цикле выращивания (50, 60, 70 сут) без пересадки на свежую среду.

Анализ влияния типа культурального сосуда на количество побегов на 70 сут показал, что при культивировании в банках на питательных средах МС с кинетином образуется в 2,9–3,3 раза больше побегов на эксплант, чем в пробирках (таблица 2; рисунок 1). А при культивировании эксплантов в пробирках на питательной среде с БАП и ГК<sub>3</sub> было получено больше побегов, чем в банках, хотя эти различия были недостоверны. При сравнении длины эксплантов и количества узлов на побеге достоверных различий не было выявлено практически во всех вариантах опыта.

**Таблица 2 – Влияние состава питательной среды и типа культурального сосуда на развитие эксплантов на втором этапе клонального микроразмножения тимьяна (70-е сут)**

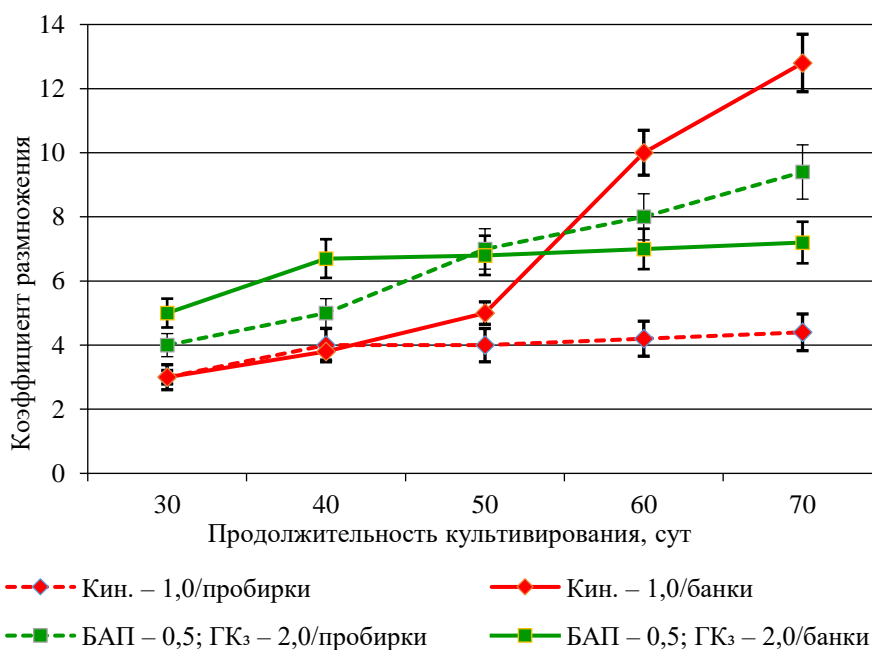
Регуляторы роста в питательной среде МС, мг/л	Количество побегов на эксплант, шт.		Длина побега, см		Количество узлов на побег, шт.	
	пробирки	банки	пробирки	банки	пробирки	банки
Кин.–1,0	$1,6 \pm 0,3$	$4,6 \pm 0,8$	$2,3 \pm 0,3$	$2,8 \pm 0,2$	$2,9 \pm 0,3$	$2,8 \pm 0,1$
Кин.–1,0; ГК <sub>3</sub> –1,0	$1,1 \pm 0,1$	$3,5 \pm 0,5$	$2,3 \pm 0,2$	$1,9 \pm 0,3$	$2,8 \pm 0,2$	$2,7 \pm 0,2$
Кин.–1,0; ГК <sub>3</sub> –1,0; ИУК–0,5	$1,1 \pm 0,1$	$3,5 \pm 0,4$	$1,8 \pm 0,2$	$1,5 \pm 0,2$	$2,7 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,2$
Кин.–1,0; ИУК – 0,5	$1,3 \pm 0,3$	$4,5 \pm 0,7$	$2,2 \pm 0,3$	$2,8 \pm 0,2$	$2,4 \pm 0,3$	$2,4 \pm 0,2$
Кин.–1,0; ГК <sub>3</sub> –1,0; БАП–0,2	$5,5 \pm 0,4$	$6,7 \pm 0,1$	$1,3 \pm 0,1$	$0,7 \pm 0,1$	$1,7 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,1$
БАП – 0,5	$1,3 \pm 0,2$	$1,1 \pm 0,1$	$1,2 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,1$	$1,8 \pm 0,2$	$2,6 \pm 0,2$
БАП – 0,5; ГК <sub>3</sub> –2,0	$8,3 \pm 0,7$	$6,5 \pm 0,5$	$0,8 \pm 0,1$	$0,9 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,1$





**Рисунок 1 – Развитие микробогов тимьяна при культивировании в разных культуральных сосудах (питательная среда МС с 1,0 мг/л Кин.)**

Еще одним фактором, который имеет особое значение для максимальной реализации морфогенетического потенциала эксплантов, является длительность цикла выращивания. Для многих видов растений продолжительность цикла выращивания при микроразмножении обычно составляет 30–40 сут [10, 13]. В наших исследованиях при такой продолжительности были получены низкие морфометрические показатели эксплантов. При культивировании без пересадок более 50 сут в банках на среде МС с 1,0 мг/л кинетина отметили увеличение коэффициента размножения в 3,5 (60 сут) и 4,4 (70 сут) раза по сравнению с 30 сут (рисунок 2).

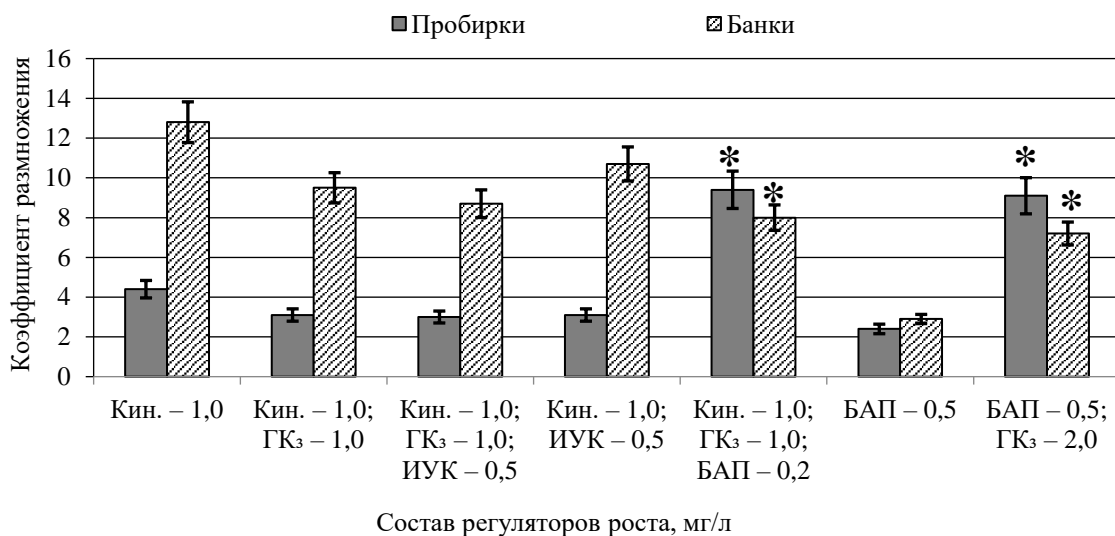


**Рисунок 2 – Влияние длительности цикла выращивания, типа культурального сосуда и питательной среды на коэффициент размножения тимьяна**



В результате коэффициент размножения на этой среде достиг максимального значения – 12,8. В то же время в пробирках этот показатель на среде МС с 1,0 мг/л кинетина с 30 до 70 сут увеличился незначительно. При использовании в составе питательной среды другого цитокинина – БАП (совместно с ГК<sub>3</sub>), коэффициент размножения на 70 сут культивирования, наоборот, был выше в пробирках (9,4), чем в банках (7,2). Это происходило за счет увеличения количества образовавшихся побегов на эксплант.

На других питательных средах, содержащих кинетин, отметили аналогичное увеличение коэффициента размножения при культивировании эксплантов в банках по сравнению с пробирками (рисунок 3). Выявлено, что повышение коэффициента размножения при использовании в качестве культурального сосуда банок происходило в первую очередь за счет множественного побегообразования и значительного повышения количества образовавшихся микропобегов. Как видно из представленных данных, при культивировании эксплантов в пробирках коэффициент размножения на средах с кинетином не превышал 4,2.



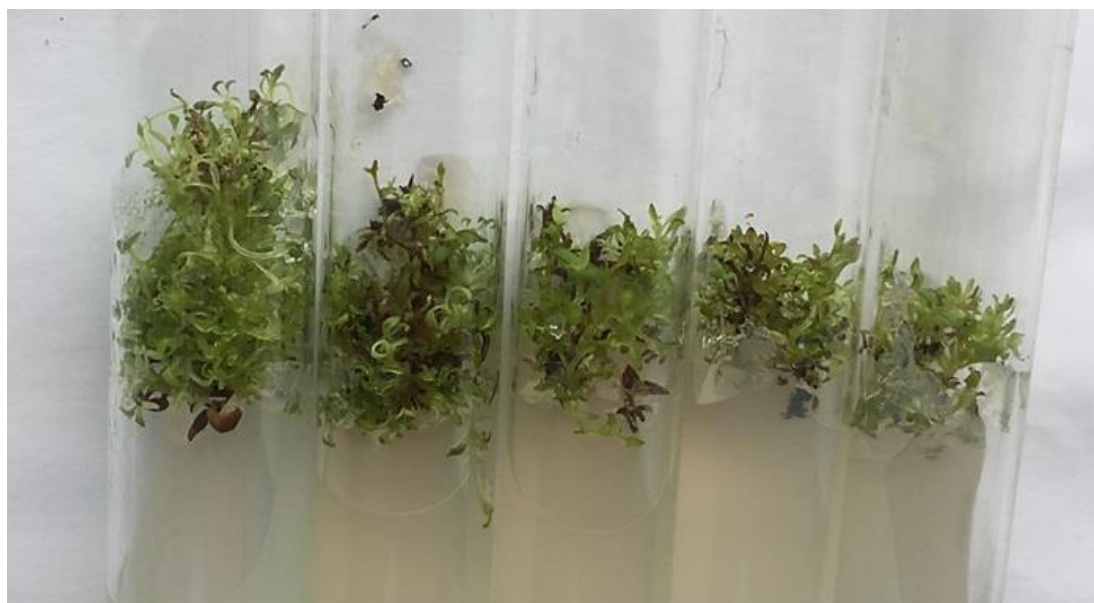
**Рисунок 3 – Влияние типа культурального сосуда и питательной среды на коэффициент размножения тимьяна (70 сут).**

**Примечание.** \* с учетом витрифицированных побегов.

Известно, что гормоны играют важную роль в осуществлении взаимодействия клеток, тканей и органов растений и регуляции морфогенетического потенциала в культуре *in vitro*. При анализе литературных источников выявлено, что данные по оптимальным питательным средам для эксплантов различных видов тимьяна довольно противоречивы. Так, для активного побегообразования *T. persicus* необходима питательная среда МС с 2,0 мг/л БАП и 0,5 мг/л ИУК [5], для *T. broussonetii* – с 1,0 мг/л БАП и 0,2 мг/л ИУК [14], для *T. huemalis* – с 1,5 мг/л кинетина [15]. В наших исследованиях при изучении влияния питательной среды на развитие эксплантов на втором этапе микроразмножения использовали преимущественно среды с кинетином, так как на этапе введения *in vitro* был выявлен высокий морфогенетический потенциал эксплантов тимьяна на средах, содержащих этот цитокинин [16].

Результаты изучения влияния регуляторов роста в питательной среде на микроразмножение *T. vulgaris* показали, что существенное влияние на втором этапе

размножения оказывал тип цитокинина. Выявлено, что применение различных цитокининов (БАП или кинетина) вызывало разные морфогенетические реакции эксплантов тимьяна. Так, БАП (совместно с ГК<sub>3</sub>) стимулировал адвентивное побегообразование у основания эксплантов. Однако образовавшиеся микропобеги (6,5–8,3 шт./эксплант) даже на 70-е сут культивирования были укороченными (длиной 0,5–0,7 см). Такие побеги невозможно черенковать, а при последующих субкультивированиях они не регенерировали в полноценные побеги (таблица 2, рисунок 4). Необходимо отметить, что часть образовавшихся побегов на средах с БАП и ГК<sub>3</sub> была оводненной, что в свою очередь значительно снижало количество побегов для микроразмножения. Упоминания о витрификации побегов при размножении *in vitro* встречаются в публикациях некоторых ученых [17–19]. Это явление обычно связывают с высокой влажностью и избытком сахаров и минеральных веществ у растений при культивировании *in vitro*, в результате чего нередко возникают физиологические, морфологические и анатомические изменения из-за низкой эффективности фотосинтеза и нарушения работы устьичного аппарата.



**Рисунок 4 – Культивирование эксплантов тимьяна на питательной среде МС, содержащей 0,5 мг/л БАП и 2,0 мг/л ГК<sub>3</sub>**

Следует отметить, что питательная среда, содержащая в качестве гормонов один БАП, не способствовала образованию большого количества побегов на эксплант. Это свидетельствует о том, что данный цитокинин вызывал множественное побегообразование только при совместном применении с ГК<sub>3</sub>. Совместное применение БАП и кинетина также индуцировало образование множества мелких побегов у основания эксплантов.

Использование в качестве цитокинина одного кинетина способствовало значительному увеличению длины эксплантов (2,0–2,8 см). При более длительном цикле выращивания на среде с этим регулятором роста происходило образование побегов первого и второго порядка, что позволило значительно повысить коэффициент размножения за счет сочетания двух методов размножения: множественного побегообразования и микрочеренкования. При этом добавление к данному цитокинину ИУК и ГК<sub>3</sub> вызывало снижение коэффициента размножения. Поэтому для лучшего развития эксплантов и последующего размножения на втором этапе необходимо использовать питательную среду МС, содержащую 1,0 мг/л кинетина.

Установлено, что более длительный цикл выращивания на питательных средах, содержащих кинетин, вызывал не только значительное повышение коэффициента размножения, но и активное корнеобразование (таблица 3). Так на 70-е сут культивирования получено в среднем 4,5–4,9 корней на эксплант. При сравнении влияния типа культурального сосуда на этот показатель существенных различий не выявлено. Однако при анализе зависимости длины корней от условий культивирования установлено, что культивирование в банках (на 70-е сут) позволило получить корни длиной до 2,6–3,5 см, тогда как в пробирках их длина составила 1,1–1,3 см.

**Таблица 3 – Влияние состава питательной среды, типа культурального сосуда и длительности цикла выращивания на укоренение микропобегов тимьяна *in vitro***

Регуляторы роста в питательной среде МС, мг/л	Длительность цикла выращивания, сут	Частота ризогенеза, %		Количество корней на побег, шт.		Длина корня, см	
		пробирки	банки	пробирки	банки	пробирки	банки
Кин. – 1,0	30	10,8 ± 1,3	10,1 ± 1,8	0	0	0	0
	50	40,0 ± 4,7	36,2 ± 4,1	3,8 ± 0,3	3,9 ± 0,4	0,9 ± 0,1	1,2 ± 0,2
	70	57,7 ± 6,5	67,2 ± 7,5	4,5 ± 0,6	4,9 ± 0,3	1,2 ± 0,1	2,6 ± 0,2
Кин. – 1,0; ГК <sub>3</sub> – 1,0	30	6,3 ± 0,1	1,1 ± 0,1	0	0	0	0
	50	22,9 ± 3,4	50,2 ± 5,5	3,1 ± 0,4	2,9 ± 0,3	0,8 ± 0,1	1,1 ± 0,2
	70	51,0 ± 5,6	98,0 ± 9,5	3,7 ± 0,5	4,4 ± 0,6	1,1 ± 0,1	3,5 ± 0,3
Кин. – 1,0; ГК <sub>3</sub> –1,0; ИУК – 0,5	30	1,1 ± 0,1	3,2 ± 0,4	0	0	0	0
	50	20,3 ± 2,3	28,0 ± 3,3	2,4 ± 0,3	2,0 ± 0,3	1,0 ± 0,1	1,3 ± 0,1
	70	48,4 ± 4,9	93,3 ± 8,7	4,0 ± 0,3	4,3 ± 0,4	1,3 ± 0,1	2,6 ± 0,4
Кин. – 1,0; ИУК – 0,5	30	10,4 ± 0,3	10,2 ± 0,7	0	0	0	0
	50	19,4 ± 3,4	36,3 ± 4,7	1,4 ± 0,2	2,0 ± 0,4	0,9 ± 0,3	2,3 ± 0,1
	70	40,0 ± 3,4	71,4 ± 8,4	3,5 ± 0,4	4,1 ± 0,5	1,1 ± 0,1	2,8 ± 0,3
Кин. – 1,0; ГК <sub>3</sub> – 1,0; БАП – 0,2	30	0	0	0	0	0	0
	50	2,2 ± 0,2	4,1 ± 0,4	0	0	0	0
	70	0	7,1 ± 0,1	0	2,0 ± 0,1	0	1,3 ± 0,1
БАП – 0,5	70	0	0	0	0	0	0
БАП – 0,5; ГК <sub>3</sub> – 2,0	70	0	19,4 ± 2,7	0	0	0	0

Изучение влияния регуляторов роста на ризогенез *in vitro* показало, что максимальная частота корнеобразования получена на питательных средах МС с 1,0 мг/л Кин. и 1,0 мг/л ГК<sub>3</sub>; и МС с 1,0 мг/л Кин., 1,0 мг/л ГК<sub>3</sub> и 0,5 мг/л ИУК; максимальная средняя длина корней – на МС с 1,0 мг/л Кин. и 1,0 мг/л ГК<sub>3</sub>. Следует отметить, что применение даже невысокой концентрации БАП (0,2 мг/л), ингибировало процесс ризогенеза и образование корней отметили лишь у единичных микропобегов.

Таким образом, выявлена эффективность использования для второго этапа микроразмножения тимьяна питательных сред МС с добавлением кинетина и культивирования в банках с более продолжительным циклом выращивания (70 сут). Установлено, что при таких условиях у микропобегов происходит активный ризогенез. Это свидетельствует о возможности исключения специального этапа укоренения микропобегов и объединения второго и третьего этапов размножения *in vitro*.

### Выводы

В результате исследований выявлены особенности морфогенеза эксплантов тимьяна обыкновенного на втором этапе клонального микроразмножения *in vitro* в зависимости от состава регуляторов роста в питательной среде и условий культивирования.

Установлено преимущество использования в качестве культуральных сосудов банок, что позволило повысить коэффициент размножения в 2,8–3,3 раза по сравнению с пробирками. Выявлено, что при более длительном цикле выращивания (70 сут) коэффициент размножения был в 4,4 раза выше, чем при стандартной

продолжительности культивирования (30 сут). Показана эффективность использования для второго этапа клонального микроразмножения питательных сред МС с 1,0 мг/л кинетина. При оптимальном сочетании изученных факторов коэффициент размножения достигал 12,8.

Выявлено, что при культивировании более 50-ти сут на питательных средах с кинетином происходила индукция ризогенеза с частотой до 57,7–98,0 %. Максимальная частота корнеобразования и длина корней были отмечены при культивировании в банках на среде МС с 1,0 мг/л кин. и 1,0 мг/л ГК<sub>3</sub>.

*Работа выполнена в рамках государственного задания № 0834-2015-0006 и при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Республики Крым, грант № 18-416-910008\_п.*

### Литература

1. Алинкина Е. С., Мишарина Т. А., Фаткуллина Л. Д. Антирадикальные свойства эфирных масел орегано, тимьяна и чабера // Прикладная биохимия и микробиология. 2013. Т. 49. № 1. С. 82–87.
2. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнев А. В., Назаренко Л. Г. Эфиромасличная отрасль Крыма. Вчера, сегодня, завтра. Симферополь: ИТ «Ариал», 2018. 320 с.
3. Popov P. L. Plant species, using against virus infections of man and animals: regularities of the distribution in the phylogenetic classification system // J. of Stress Physiology & Biochemistry. 2008. Vol. 4. No. 3. P. 17–64.
4. Калашникова Е. А. Клеточная инженерия растений: Учебное пособие. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. 318 с.
5. Bakhtiar Z., Mirjalili M. H., Sonboli A. *In vitro* callus induction and micropropagation of *Thymus persicus* (Lamiaceae), an endangered medicinal plant // Crop Breeding and Applied Biotechnology. 2016. Vol. 16. P. 48–54.
6. Leal F., Taghouti M., Nunes F., Silva A., Coelho A.C., Matos M. Thymus plants: a review micropropagation, molecular and antifungal activity // Active ingredients from aromatic and medicinal plants. Chapter 7 // Ed. by Hany A. El-Shemy. 2017. P. 107–126. DOI: 10.5772/66623.
7. Ozudogru E. A., Kaya E., Kirdok E., Issever-Ozturk S. *In vitro* propagation from young and mature explants of thyme (*Thymus vulgaris* L. and *T. longicaulis*) resulting in genetically stable shoots // In Vitro Cell & Dev. Biol – Plant. 2011. Vol. 47. P. 309–320.
8. Kulpa D., Wesołowska A., Jadczyk P. Micropropagation and composition of essential oils in garden Thyme (*Thymus vulgaris* L.) // Not Bot Horti Agrobo. 2018. No. 46 (2). P. 525–532.
9. Калинин Ф. Л., Кушнир Г. П., Сарнацкая В. В. Технология микроразмножения растений. К.: Наукова думка. 1992. 232 с.
10. Калашникова Е. А., Кочиева Е. З., Миронова О. Ю. Практикум по сельскохозяйственной биотехнологии. М.: Колос, 2006. 144 с.
11. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiol. Plant. 1962. Vol. 15. No. 3. P. 473–497.
12. Лакин Г. Ф. Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. вузов. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
13. Егорова Н. А., Кривохатко А. Г., Ставцева И. В., Каменек Л. И. Микроразмножение эфиромасличных растений с использованием культуры изолированных тканей и органов *in vitro* // Таврійський вісник аграрної науки. 2013. № 1. С. 9–14.
14. Nordine A., Bousta D., Khanchoufi A., Meskaoui A. An efficient and rapid *in vitro* propagation system of *Thymus hyemalis* Lange, a wild medicinal and aromatic plant of Mediterranean region // Int. J. Pharm. Biosci. Technol. 2013. Vol. 1. No. 3. P. 118–129.
15. Nordine A., Mohammed H., Meskaoui A. *In vitro* clonal propagation through direct shoot organogenesis of *Thymus broussonetii* – a vulnerable aromatic and medicinal plant species // IJPRBS. 2014. Vol. 3. No. 1. P. 425–439.
16. Тевфик А. Ш., Егорова Н. А., Загорская М. С. Особенности морфогенеза эксплантов тимьяна обыкновенного на первом этапе клонального микроразмножения // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 2 (14). С. 118–127.
17. Hazarika B. N. Morpho-physiological disorders in *in vitro* culture of plants // Scientia Horticulturae. 2006. Vol. 108 (2). P. 105–120.
18. Поливанова О. Б., Чередниченко М. Ю. Пути преодоления витрификации многоколосника фенхельного *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze (Lamiaceae) в культуре *in vitro* // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2017. Вып. 5. С. 17–28.
19. Ziv M. Quality of micropropagated plants – vitrification // In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant. 1991. Vol. 27 (2). P. 64–69.



## References

1. Alinkina E. S., Misharina T. A., Fatkullina L. D. Antiradical properties of oregano, thyme, and savory essential oils // *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2013. Vol. 49. No. 1. P. 82–87.
2. 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. 244 p.
3. Popov P. L. Plant species, using against virous infections of man and animals: regularities of the distribution in the phylogenetic classification system // *J. of Stress Physiology & Biochemistry*. 2008. Vol. 4. No. 3. P. 17–64.
4. Kalashnikova E. A. Cell engineering of plants: Textbook. Moscow: Publishing house of Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy (RSAU – MAA), 2012. 318 p.
5. Bakhtiar Z., Mirjalili M. H., Sonboli A. *In vitro* callus induction and micropropagation of *Thymus persicus* (Lamiaceae), an endangered medicinal plant // *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 2016. Vol. 16. P. 48–54.
6. Leal F., Taghouti M., Nunes F., Silva A., Coelho A.C., Matos M. Thymus plants: a review micropropagation, molecular and antifungal activity // *Active ingredients from aromatic and medicinal plants*. Chapter 7 // Ed. by Hany A. El-Shemy. 2017. P. 107–126. DOI: 10.5772/66623.
7. Ozudogru E. A., Kaya E., Kirdok E., Issever-Ozturk S. *In vitro* propagation from young and mature explants of thyme (*Thymus vulgaris* L. and *T. longicaulis*) resulting in genetically stable shoots // *In Vitro Cell & Dev. Biol – Plant*. 2011. Vol. 47. P. 309–320.
8. Kulpa D., Wesolowska A., Jadcak P. Micropropagation and composition of essentials oils in garden Thyme (*Thymus vulgaris* L.) // *Not Bot Horti Agrobo*. 2018. No. 46(2). P. 525–532.
9. Kalinin F. L., Kushnir G. P., Sarnatskaya V. V. Technology of microclonal propagation of plants. Kiev: Naukova dumka, 1992. 232 p.
10. Kalashnikova E. A., Kochieva E. Z., Mironova O. Yu. Workshop on agricultural biotechnology. Moscow: Kolos, 2006. 144 p.
11. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // *Physiol. Plant*. 1962. Vol. 15. No. 3. P. 473–497.
12. Lakin G. F. Biometrics: Textbook for biologists. Moscow: Vysshaya shkola, 1990. 352 p.
13. Yegorova N. A., Kryvokhatko A. G., Stavtseva I. V., Kamenyok L. I. Essential oil plants micropropagation with the use of tissue and organ culture *in vitro* // *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2013. No. 1. P. 9–14.
14. Nordine A., Bousta D., Khanchoufi A., Meskaoui A. An efficient and rapid *in vitro* propagation system of *Thymus hyemalis* Lange, a wild medicinal and aromatic plant of Mediterranean region // *Int. J. Pharm. Biosci. Technol*. 2013. Vol. 1. No. 3. P. 118–129.
15. Nordine A., Mohammed H., Meskaoui A. *In vitro* clonal propagation through direct shoot organogenesis of *Thymus broussonetii* – a vulnerable aromatic and medicinal plant species // *IJPRBS*. 2014. Vol. 3. No. 1. P. 425–439.
16. Tevfik A. Sh., Yegorova N. A., Zagorskaya M. S. Peculiarities of *Thymus vulgaris* L. explants morphogenesis at the first stage of clonal micropropagation // *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2018. No. 2 (14). P. 118–127.
17. Hazarika B. N. Morpho-physiological disorders in *in vitro* culture of plants // *Scientia Horticulturae*. 2006. Vol. 108 (2). P. 105–120.
18. Polivanova O. B., Cherednichenko M. Yu. Ways of vitrification overcoming of *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze (Lamiaceae) in *in vitro* culture // *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2017. No. 5. P. 17–28.
19. Ziv M. Quality of micropropagated plants – vitrification // *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*. 1991. Vol. 27 (2). P. 64–69.

UDC 633.81:57.085.2

Tevfik A. Sh., Yegorova N. A.

### INFLUENCE OF CULTIVATION CONDITIONS AND CULTURE MEDIUM GORMONAL COMPOSITION ON THE MICROPROPAGATION OF *THYMUS VULGARIS* L. *IN VITRO*

**Summary.** *Thyme (Thymus vulgaris L.) is a perennial subshrub, one of the oldest spicy aromatic and medicinal plants. Its raw material contains up to 0.75 % of essential oil, the main valuable components of which are thymol and linalool. Thyme is widely known in medical practice as a disinfectant, expectorant, analgesic, and sedative. It is also used as an ingredient in cooking and perfumery. To improve the efficiency of thyme breeding and seed production, it is necessary to introduce biotechnological techniques. In this regard, the development of clonal micropropagation methods, which allow both quickly multiply*



*valuable genotypes and obtain genetically stable disease-free planting material, is of current interest. The aim of the investigation was to study the influence of cultivation conditions and culture medium composition on the explants development at the second stage of *Thymus vulgaris* L. clonal micropropagation in vitro. The results of studies the morphometric explant parameters when cultured on 7 variants of the Murashige and Skoog culture medium in glass jars or test tube with a growing cycle of 30, 40, 50, 60, and 70 days were presented. With a longer growing cycle (70 days), the multiplication index was 4.4 times higher than under the standard cultivation duration (30 days). Analyses of the effect of culture vessel type showed that a greater number of shoots per explant developed in glass jars (2.9–3.3 times more) compared to cultivation in test tubes. When comparing two cytokinins, the best explants development was revealed on culture media containing kinetin. On the culture media with BAP, a high degree of vitrification of microshoots and the formation of small shoots unable to further regeneration were observed. The most effective culture medium at the stage of micropropagation is MS with 1.0 mg/l of kinetin. At the optimum combination of the studied factors the multiplication index reached 12.8. The induction of rhizogenesis (with the frequency of 57.7–98.0 %) on the culture media with kinetin was revealed. The results of the studies are the basis for development *T. vulgaris* clonal micropropagation methods.*

**Keywords:** *Thymus vulgaris* L., clonal micropropagation, growth regulators, duration of the cultivation cycle in vitro, culture vessel, culture medium.

Тевфик Арзы Шевкиевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биотехнологии ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: tevfik.arzy@yandex.ua.

Егорова Наталья Алексеевна, доктор биологических наук, заведующая лабораторией биотехнологии ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: yegorova.na@mail.ru.

Tevfik Arzy Shevkievna, Cand. Sc. (Biol.), researcher of the Laboratory of biotechnology, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia; e-mail: tevfik.arzy@yandex.ua.

Yegorova Natalia Alekseevna, Dr. Sc. (Biol.), head of the Laboratory of biotechnology, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia; e-mail: yegorova.na@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 15.12.2018.*

*Дата принятия к печати – 15.01.2019.*

Шабанова И. В., Нецадим Н. Н.

**ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНОЛОГИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ**  
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

**Реферат.** *Выращивание озимого ячменя становится все более актуальным в связи с увеличением его потребности в РФ и роста цен на экспорт, поэтому цель исследования – оценка оптимальных агротехнологий получения высоких урожаев экологически чистого зерна. Цель исследований – разработка оптимальной агротехнологии возделывания нового сорта озимого ячменя Гордей на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья, позволяющей получать высокие урожаи экологически чистого зерна высокого качества. Исследования проводили в 2013–2015 гг. на опытной станции Кубанского ГАУ в условиях мониторинга полевых опытов, изучающих влияние уровня плодородия, дозы минеральных удобрений и систему защиты растений на качество зерна ячменя и накопление тяжелых металлов в почве и растениях. Содержание тяжелых металлов определяли в вытяжках атомно-абсорбционным методом, качество зерна – инфракрасной спектрометрией. Применение химических средства защиты растений, на фоне средних ( $N_{40}P_{60}$ ) и высоких ( $N_{80}P_{120}$ ) доз удобрений и регулирования уровня плодородия навозом в дозах 400 т/га за 11-польную ротацию, позволили получить зерно озимого ячменя, пригодное для детского и диетического питания. Содержание в зерне озимого ячменя кадмия составило менее 0,06 мг/кг, протеина (на уровне I класса зерна) – 13–14 %, урожайность – 6–7 т/га. Натура зерна возросла с 560 до 600 г/л в варианте с максимальными дозами удобрений, однако не достигла уровня 630 г/л, соответствующего продовольственному зерну. Результат множественной регрессии показал, что лимитирующим фактором (от 40 до 55 %), влияющим на урожайность, качество зерна и накопление микроэлементов в почве и растениях, является уровень вносимых минеральных удобрений. Содержание кислоторастворимых тяжелых металлов в почве не превышает ПДК за исключением цинка (1,2 ПДК) и составляет в среднем: Mn – 400, Cu – 28, Zn – 63, Pb – 13, Cd – 0,15, Co – 9,5 мг/кг.*

**Ключевые слова:** мониторинг, озимый ячмень, агротехнологии, протеин, натура, тяжелые металлы, урожай.

**Введение**

Площади возделываемого в РФ ячменя озимого составляют 83 млн га, урожайность зерна по регионам варьирует от 20 до 80 ц/га. В Краснодарском крае средняя урожайность составляет 45–60 ц/га, что связано с засушливым климатом [5–7]. Для увеличения урожайности зерна ячменя исследователи в северо-западной Италии предлагают продление сроков сохранения «зеленого полога» за счет обработок азотными и серосодержащими удобрениями с применением фунгицидов [9]. Наиболее эффективным при возделывании озимого ячменя по предшественнику пшеница на черноземе южном малогумусном оказалось применение удобрений в дозе  $N_{40}P_{60}$  осенью и  $N_{20}$  сеялкой после возобновления вегетации – в этом случае урожайность достигала 3,13 т/га [2].

Превышение доз минеральных удобрений не всегда сказывается положительно на урожайности зерновых культур: например, при дозах фосфора до 50 кг/га наблюдался прирост урожая на 2–3 т/га, увеличение дозы до 100 кг/га способствовало снижению клейковины и протеина в зерне и уменьшению биодоступности эссенциально важных элементов, таких как цинк [12–13]. Анализ 248

сортов ячменя, проводимый Европейскими исследователями показал, что накопление микроэлементов в зерне ячменя определяется генотипом и существенно влияет на качество урожая и биологическую устойчивость к болезням [10–11].

Растения ячменя при выращивании на серых лесных почвах накапливают в зеленой массе в фазе колошения микроэлементы: марганец – 125, цинк – 80, медь – 28, кобальт – 1,1 мг/кг, и следовые количества кадмия [8]. Коэффициенты биологического поглощения зерном ячменя в центральной черноземной зоне (отношение содержания тяжелых металлов в золе растений к валовому содержанию в почве) для цинка – 23, меди – 8, кобальта – 1,7, свинца – 0,9, кадмия – 4 [3]. На поступление тяжелых металлов в зерно ячменя, урожайность и качество продукции оказывают существенное влияние как погодные факторы, так и применяемые удобрения [1, 4]. Нарушения в поглощении микроэлементного питания из почвы, повышенный вынос кадмия с зерном, и низкая урожайность делает выращивание озимого ячменя непривлекательным, что негативно сказывается на импорте и экспорте. Работ, посвященных технологиям выращивания озимого ячменя и регулированию микроэлементного питания растений, недостаточно.

**Цель исследований** – разработка оптимальной агротехнологии возделывания нового сорта озимого ячменя Гордей на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья, позволяющей получать высокие урожаи экологически чистого зерна высокого качества.

#### **Материалы и методы исследований**

Полевые исследования проводили на опытной станции учебного хозяйства «Кубань» в рамках многолетнего стационарного опыта, заложенного в 1991 г. В период с 2013 по 2015 гг. проведен анализ влияния применения различных доз минеральных удобрений на содержание тяжелых металлов в почве, качество зерна озимого ячменя и накопление в нем микроэлементов и токсичных металлов.

Почвы представлены черноземом выщелоченным сверхмощным легкоглинистым со средней мощностью гумусового горизонта 147 см. Содержание гумуса в пахотном слое невысокое – 2,5–2,9 %, но из-за большей мощности гумусового горизонта валовые запасы его составляют 407 т/га. Содержание в пахотном слое подвижных форм азота – 8 %, фосфора – 6,5–7,8 %, обменного калия – 50 т/га, реакция водной среды – 6,5–8.

Центральная зона Краснодарского края характеризуется умеренно-континентальным, умеренно-влажным и теплым климатом. Среднегодовая температура воздуха составляет 10,0–10,8 °С. Сумма осадков в среднем за год – 643 мм.

Сорт озимого ячменя Гордей (*Hordeum vulgare* L.) передан на государственное испытание в 2007 г. (авторы Н. В. Серкин, Т. Е. Кузнецова, В. М. Щевцов, Ю. А. Грунцев, О. М. Кремзина, С. А. Левштанов, Т. В. Останина, В. М. Чумак, Г. В. Пищулин).

Изучено влияние внесения полуперепревшего навоза крупного рогатого скота в начале ротации (А), минеральных удобрений (В) и системы защиты растений (С) на качество и урожайность зерна озимого ячменя (таблица 1). При обозначении варианта использовали последовательность факторов АВС (0 – контроль). Обработка почвы рекомендована для данного региона и включает вспашку на глубину 20–22 см и лущения на 10–12 см.

Зерно озимого ячменя озоляли в муфельной печи при 450 °С с последующим растворением золы в 5 % растворе азотной кислоты; содержание кислоторастворимых форм определяли в азотнокислой вытяжке (1:1), подвижных – в ацетатно-аммонийном буферном растворе (рН = 4,8) атомно-абсорбционным методом на спектрометре МГА 915 [1, 4]. Качество зерна определяли методом инфракрасного анализа на приборе Инфралюм-ФТ [5, 6]. Обработка результатов анализа проводилась с использованием программы Statistica 6.1.

**Таблица 1 – Схема опыта**

Вариант опыта	Фактор		
	навоз, т/га (фактор А)	минеральные удобрения, кг/га (фактор В)	система защиты растений (фактор С)*
000 (контроль)	–	–	–
002	–	–	химическая
020	–	N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> + N <sub>60</sub>	–
200	400	–	–
022	–	N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> + N <sub>60</sub>	химическая
202	400	–	химическая
220	400	N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> + N <sub>60</sub>	–
111	200	N <sub>20</sub> P <sub>30</sub> + N <sub>30</sub>	биологическая
222	400	–	химическая
333	600	N <sub>80</sub> P <sub>120</sub> + N <sub>120</sub>	интенсивная

**Примечание.** \* Системы защиты: биологическая – обработка препаратами на основе штамма гриба-антагониста *Xk-1-4 Chaetomium olivaceum* из расчёта 2 л/га; химическая – прополка гербицидом «Секатор Турбо» в дозе 0,075 кг/га, с расходом рабочего раствора 300 л/га; интенсивная – химическая + фунгицид «Альто Супер», КЭ – пропиконазол + ципроконазол, 250 + 80 г/л, из расчета 0,5 л/га, расход рабочей жидкости составил 250 л/га).

### Результаты и их обсуждение

Применяемые агротехнологии не способствуют накоплению кислоторастворимых форм тяжелых металлов в пахотном слое почвы (таблица 2).

**Таблица 2 – Влияние агротехнологий на содержание кислоторастворимых форм тяжелых металлов в почве, мг/кг (2013–2015 гг.)**

Вариант опыта	Металл					
	Mn	Cu	Zn	Pb	Cd	Co
000	418	29,5	68,8	13,1	0,17	9,5
002	440	28,5	66,1	13,2	0,15	10,1
020	384	27,6	59,2	12,2	0,14	9,4
200	416	29,7	68,5	12,9	0,16	9,9
022	436	28,5	62,6	13,4	0,16	10,8
202	426	29,6	62,0	13,2	0,16	10,9
220	402	28,9	61,3	12,9	0,16	9,8
111	408	29,6	58,2	12,8	0,16	10,4
222	386	27,7	60,2	11,8	0,15	8,9
333	380	29,4	68,2	13,1	0,15	9,4
НСР <sub>05</sub>	17	2,1	3,7	0,5	0,03	0,2
ПДК	1000	50	50	20	2,0	30

Содержание кислоторастворимых форм Mn, Cu, Pb, Cd, Co в почве не превышает ПДК. Во всех вариантах опыта, включая контроль, наблюдается накопление цинка в пахотном слое выше предельно допустимой концентрации на 20–30 %, что связано с его высоким фоновым содержанием в черноземе Западного Предкавказья. На трансформацию в кислоторастворимые формы марганца, меди, цинка, свинца и кобальта в почве существенное влияние (до 50 %) оказывает применение азотного и фосфорного питания (фактор В), а система защиты растений (фактор С) воздействует в меньшей степени. Внесение навоза (фактор А) не влияет на содержание металлов в почве. Результаты множественной регрессии показали следующее влияние факторов агротехнологий на содержание микроэлементов (формулы 1–4):

$$C(Mn_{КФ}) = 253 - A \times 0,06 + B \times 7,5 - C \times 5,8 \quad (1)$$

$$C(Cu_{КФ}) = -16,5 + B \times 0,35 - C \times 0,09 \quad (2)$$

$$C(Zn_{КФ}) = -220 + B \times 2 + C \times 0,75 \quad (3)$$

$$C(Co_{КФ}) = 18,69 - B \times 0,11 - C \times 0,19; \quad (4)$$

где А – навоз;  
В – минеральные удобрения;  
С – система защиты растений.

На содержание токсичных свинца и кадмия в почве влияние антропогенного воздействия приближается к нулю (формулы 5, 6):

$$C(\text{Pb}_{\text{КФ}}) = -2,39 + B \times 0,18 - C \times 0,03 \quad (5)$$

$$C(\text{Cd}_{\text{КФ}}) = 0,01 \times B^{0,56} \quad (6)$$

Зависимость накопления в почве тяжелых металлов от средств защиты растений объясняется увеличением выноса металлов со здоровыми сильными растениями с высоким урожаем. Кадмий и свинец не являются эссенциально важными для растений ячменя, поэтому их вынос связан с изменениями степени подвижности за счет погодных факторов.

Согласно данным множественной регрессии подвижные формы тяжелых металлов в почве практически не имеют линейной зависимости от применения удобрений и средств защиты растений (таблица 3).

**Таблица 3 – Влияние агротехнологий на содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве, мг/кг (2013–2015 гг.)**

Вариант опыта	Mn	Cu	Zn	Pb	Cd	Co
000	92,6	0,14	1,13	1,78	0,043	0,34
002	99,2	0,14	0,84	1,70	0,043	0,41
020	94,9	0,13	0,97	2,24	0,044	0,41
200	97,2	0,12	0,97	2,09	0,043	0,41
022	98,6	0,13	0,85	2,09	0,045	0,35
202	93,8	0,13	0,88	1,79	0,043	0,42
220	99,1	0,13	0,90	2,32	0,042	0,41
111	94,3	0,14	0,90	2,05	0,044	0,33
222	98,4	0,11	1,15	1,65	0,041	0,40
333	95,1	0,13	1,05	2,14	0,045	0,38
НСР <sub>05</sub>	3,2	0,05	0,17	0,2	0,009	0,05
ПДК	140	3	23	6	0,1	5

Накопление в почве подвижных форм тяжелых металлов гораздо ниже ПДК. Таким образом, из-за высокой буферной способности чернозема выщелоченного по отношению к тяжелым металлам, доступность растениям эссенциально важных элементов снижется.

По условной степени подвижности в почве металлы располагаются в ряду (формула 7):

$$\text{Cd (30 \%)} > \text{Mn (15 \%)} > \text{Cu} \approx \text{Zn} \approx \text{Co} \approx \text{Pb (менее 1 \%)} \quad (7)$$

Высокая степень подвижности марганца позволяет предположить, что растения ячменя будут обеспечены этим микроэлементом, который, по мнению европейских исследователей, способствует улучшению качества урожая [10]. В то же время очень высокая по сравнению с другими металлами степень подвижности кадмия, вызывает опасения, что этот элемент накопится в выращенной продукции. Анализ зерна озимого ячменя показал, что содержание меди, свинца и цинка не превышает ПДК, марганца и кобальта не нормируется, поскольку эти элементы не относятся к I и II классу опасности (таблица 4). Накопление кадмия выше ПДК для детского и диетического питания наблюдается в вариантах: 000 – без удобрений, 002 – только средства химической защиты, 111 – биологическая защита растений и минимальные дозы удобрений N<sub>20</sub>P<sub>30</sub> + N<sub>30</sub>. Таким образом, применение интегрированной защиты растений и высоких доз удобрений N<sub>80</sub>P<sub>120</sub> + N<sub>120</sub> позволяет



снизить загрязнение ячменя кадмием, в основном за счет повышения урожайности и нормализации питания здоровых растений.

Следует также отметить антагонизм Cd и Zn: коэффициент корреляции содержания подвижных форм цинка в почве и кадмия в зерне равен  $-0,64$ , т. е. чем меньше доступность цинка из почвы для растений, тем больше они накапливают легкодоступный кадмий.

**Таблица 4 – Влияние агротехнологий на содержание тяжелых металлов в зерне озимого ячменя, мг/кг (2013–2015 гг.)**

Вариант опыта	Mn	Cu	Zn	Pb	Cd	Co	Натура, г/л	Протеин, %	Урожайность, т/га
000	8,5	3,11	24,8	0,076	0,066	0,028	564	12,3	5,67
002	7,9	3,42	23,8	0,056	0,065	0,025	576	12,8	5,95
020	9,9	2,53	28,0	0,050	0,053	0,044	586	13,9	6,44
200	10,6	2,52	23,2	0,078	0,046	0,032	578	12,9	6,03
022	12,0	2,60	22,3	0,053	0,046	0,029	592	14,9	6,75
202	7,8	3,04	23,3	0,077	0,046	0,032	580	13,4	6,48
220	12,1	2,81	26,7	0,094	0,051	0,028	597	14,0	6,74
111	8,2	2,60	21,4	0,063	0,060	0,027	584	14,2	6,18
222	9,5	2,56	21,8	0,050	0,041	0,036	597	14,8	6,78
333	10,9	2,53	24,0	0,046	0,054	0,023	604	14,9	7,11
НСР	0,2	0,17	0,23	0,017	0,011	0,009	11	0,9	1,15
ПДК/ГОСТ	–	10	50	0,5/ 0,3*	0,1/ 0,06*	–	630** 570***	13**	–

**Примечание.** \* ПДК для питания детей [1]; \*\* II класс (продовольственное зерно) [14]; \*\*\* II класс (фуражное зерно, производство спирта) [15].

Множественный регрессионный анализ влияния доз вносимых удобрений и средств защиты растений на содержание тяжелых металлов в зерне показал, что на содержание марганца, меди и цинка лимитирующее влияние оказывают дозы вносимых удобрений (фактор В) и средства защиты растений (фактор С), применение навоза не оказывает влияния (фактор А) (формулы 8–10):

$$C(\text{Mn}_{\text{зерно}}) = 39 - A \times 0,03 + B \times 0,67 - C \times 0,38 \quad (8)$$

$$C(\text{Cu}_{\text{зерно}}) = -5,7 + A \times 0,01 + B \times 0,14 - C \times 0,05 \quad (9)$$

$$C(\text{Zn}_{\text{зерно}}) = 914 + A \times 0,05 + B \times 4,8 + C \times 3,6 \quad (10)$$

По результатам нелинейного анализа методом наименьших квадратов на содержание кобальта и кадмия в зерне оказывает существенное влияние только доза минерального удобрения. Для свинца зависимость выявить не удалось, что согласуется с данными об атмосферных источниках Pb в растениях (формулы 11–13):

$$C(\text{Pb}_{\text{зерно}}) = 0,001 \times B^{-0,9} \quad (11)$$

$$C(\text{Cd}_{\text{зерно}}) = 3,0 \times B^{-0,88} \quad (12)$$

$$C(\text{Co}_{\text{зерно}}) = 31,6 \times B^{-1,5} \quad (13)$$

Полученное зерно по натуре соответствует фуражному и применяемому на солод и производство спирта зерну (ГОСТ 28672-90, ГОСТ Р 53900-2010). Согласно множественному регрессионному анализу натура зерна, содержание протеина и урожайность зависят от накопления тяжелых металлов в зерне (формулы 14–16):

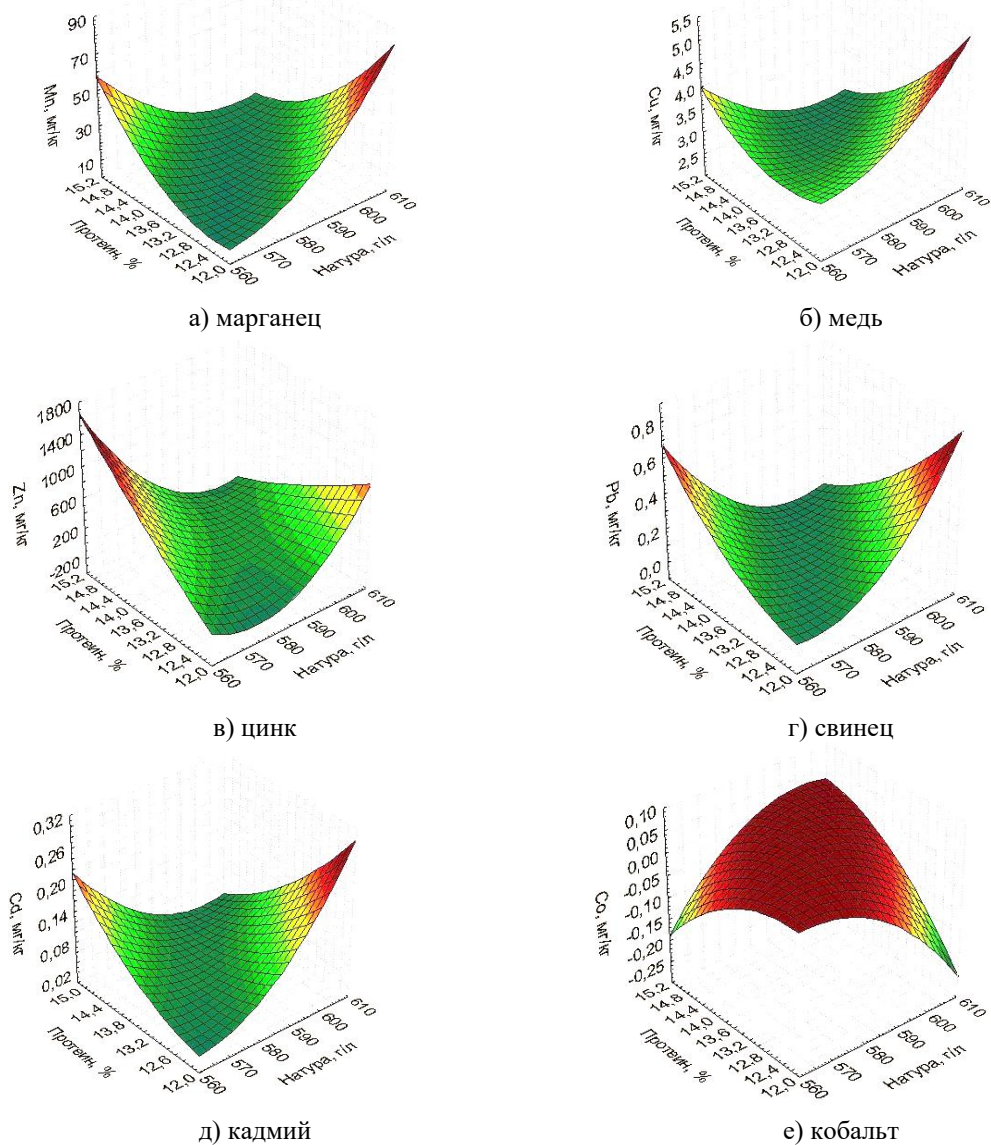
$$\text{Натура (г/л)} = 660 + C(\text{Mn}) \times 0,6 - C(\text{Cu}) \times 29 - C(\text{Zn}) \times 0,01 - C(\text{Pb}) \times 125 + C(\text{Cd}) \times 576 - C(\text{Co}) \times 524 \quad (14)$$

$$\text{Протеин (\%)} = 15,69 + C(\text{Mn}) \times 0,24 - C(\text{Cu}) \times 0,91 + C(\text{Zn}) \times 0,01 - C(\text{Pb}) \times 27,05 + C(\text{Cd}) \times 5,76 - C(\text{Co}) \times 13,01 \quad (15)$$

$$\text{Урожайность (т/га)} = 9,48 + C(\text{Mn}) \times 0,01 - C(\text{Cu}) \times 1,04 + C(\text{Zn}) \times 0,01 - C(\text{Pb}) \times 4,8 + C(\text{Cd}) \times 15,7 - C(\text{Co}) \times 19,2; \quad (16)$$

где  $C(Mn)$  – содержание марганца в зерне озимого ячменя, мг/кг;  
 $C(Cu)$  – содержание меди в зерне озимого ячменя, мг/кг;  
 $C(Zn)$  – содержание цинка в зерне озимого ячменя, мг/кг;  
 $C(Pb)$  – содержание свинца в зерне озимого ячменя, мг/кг;  
 $C(Cd)$  – содержание кадмия в зерне озимого ячменя, мг/кг;  
 $C(Co)$  – содержание кобальта в зерне озимого ячменя, мг/кг.

Зависимость содержания тяжелых металлов от качества зерна ячменя, обработанная квадратичным методом, представлена на рисунке 1 (а–е).



**Рисунок 1 – Взаимосвязь содержания природы (x) и протеина (y) с тяжелыми металлами в зерне озимого ячменя**

**Примечание.**

- а)  $C(Mn \text{ в зерне}) = 3,8 \times 10^3 - 19,3 \times x + 268,2 \times y + 0,03 \times x^2 - 0,2 \times x \times y + 6,1 \times y^2$ ;  
 б)  $C(Cu \text{ в зерне}) = 146,1 - 0,6 \times x + 7,2 \times y - 0,02 \times x \times y + 0,2 \times y^2$ ;  
 в)  $C(Zn \text{ в зерне}) = 1,7 \times 10^5 - 799,5 \times x + 8926,6 \times y + 0,8 \times x^2 - 16,3 \times x \times y + 26,9 \times y^2$ ;  
 г)  $C(Pb \text{ в зерне}) = 67,5 - 0,3 \times x + 3,8 \times y + 0,04 \times y^2$ ;  
 д)  $C(Cd \text{ в зерне}) = 13,6 - 0,08 \times x + 1,2 \times y + 9,7 \times 10^{-3} \times x^2 + 0,01 \times y^2$ ;  
 е)  $C(Co \text{ в зерне}) = -22,4 + 0,1 \times x - 1,1 \times y - 0,02 \times y^2$ .

Вместе с повышением урожайности, природы и содержания протеина в зерне возрастет накопление в нем кадмия, кобальта, свинца, в меньшей степени меди. Ряд европейских ученых выделяют для ячменя в качестве эссенциальных элементов марганец [10] и цинк [13], однако по результатам наших исследований, накопление их в зерне с качеством и урожайностью не связано.

Взаимосвязь накопления металлов в зерне и его качество имеет сходную закономерность для Mn, Cu, Zn, Cd, Pb, для Co показатели содержания элемента имеют отрицательную зависимость. Исследования в области влияния кобальта на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции крайне малочисленны и затрудняют оценку его роли в системе почва-растение.

Также следует отметить, что качество и урожайность зерна озимого ячменя не зависит от влияния факторов ABC, по результатам множественной регрессии влияние фактора A (навоз) близко к нулю, фактора C (система защиты растений) незначительно, основополагающим является применение минеральных удобрений (фактор B) (формулы 17–19):

$$\text{Натура (г/л)} = 1321 + A \times 0,04 - B \times 5,91 - C \times 1,40 \quad (17)$$

$$\text{Протеин (\%)} = 87 + A \times 0,01 - B \times 0,51 - C \times 0,22 \quad (18)$$

$$\text{Урожайность (т/га)} = 34 - A \times 0,01 - B \times 0,21 - C \times 0,08 \quad (19)$$

### Выводы

Содержание кислотрастворимых форм тяжелых металлов в пахотном слое чернозема выщелоченного не превышает предельно допустимых концентраций (мг/кг): для марганца (380–440), меди (27–29), свинца (0,11–0,13), кадмия (0,14–0,17) и кобальта (9,4–10,8); накопление цинка на уровне 1,2 ПДК (58–68) наблюдается во всех вариантах, включая контроль. Степень подвижности в почве Cu, Zn, Pb, Co не превышает 1 %, кадмия – достигает 30 %.

Результаты анализа множественной регрессии показали, что лимитирующими факторами, влияющими на накопление кислотрастворимых форм тяжелых металлов в почве, являются доза вносимых минеральных удобрений (50–70 %), и система защиты растений (10–18 %). На содержание подвижных форм тяжелых металлов в пахотном слое почвы применяемые удобрения и средства защиты растений не влияют, коэффициенты регрессии близки к нулю.

Натура и содержание протеина в зерне возрастает с увеличением накопления в нем кадмия, свинца и кобальта, согласно данным регрессионного анализа доля влияния Cd и Pb достигает 30 %, Co – 15 %, для марганца и цинка, несмотря на эссенциальность для ячменя, коэффициенты регрессии близки к нулю.

Наибольшая урожайность озимого ячменя сорта Гордей – 6–7 т/га с содержанием протеина на уровне 13–14 % и натурой зерна – 590–604 г/л наблюдались на фоне средних – N<sub>40</sub>P<sub>60</sub> и высоких – N<sub>80</sub>P<sub>120</sub> доз удобрений вместе с химической системой защитой растений.

### Литература

1. Гайдукова Н. Г., Сидорова И. И., Шабанова И. В., Федачук Е. Д. Взаимосвязь различных форм соединений тяжелых металлов в пахотном слое почвы и накопления их в зерне озимых культур // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 111. С. 737–757.
2. Демчук А. В., Черкашина А. В. Влияние различных способов внесения азотных удобрений на урожайность ячменя озимого по предшественнику пшеница озимая // Таврический вестник аграрной науки. 2015. № 1(3). С. 34–38.
3. Лукин С. В. Мониторинг содержания микроэлементов Zn, Cu, Mo, Co, Pb, Cd, As, Hg в пахотных черноземах юго-запада центрально-черноземной зоны // Агрохимия. 2012. № 11. С. 52–59.

4. Малюга Н. Г., Букреев П. Т., Гайдукова Н. Г., Шабанова И. В. Последствие навоза на содержание микроэлементов в черноземе выщелоченном Кубани // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 36. С. 87–91.
5. Нешчадим Н. Н., Пацка О. Е. Урожайность зерна озимого ячменя с применением различных технологий выращивания // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 133. С. 1126–1143.
6. Нешчадим Н. Н., Пацка О. Е., Калашников В. А. Урожайность зерна озимого ячменя с применением различных технологий выращивания // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 137. С. 106–122.
7. Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Донцов Д. П. Перспективные направления в селекции ячменя // Таврический вестник аграрной науки. 2016. № 2 (6). С. 129–137.
8. Шабаяев В. П. Почвенные механизмы уменьшения поглощения кадмия растениями ячменя при применении ризосферных бактерий, стимулирующих рост растений // Агрохимия. 2017. № 7. С. 71–77.
9. Federico M., Amedeo R., Massimo B. Enhancing grain yield and quality of winter barley through agronomic strategies to prolong canopy greenness // Field Crops Research. 2015. Vol. 170. P. 109–118. DOI: 10.1016/j.fcr.2014.10.002/.
10. Leplat F., Pedaş P. P., Rasmussen K. S., Husted S. Identification of manganese efficiency candidate genes in winter barley (*Hordeum vulgare*) using genome wide association mapping // BMC Genomics. 2016. 17:775. DOI: //doi.org/10.1186/s12864-016-3129-9.
11. Linkmeyer A., Hofer K., Rychli M., Herz M., Hausladen H., Hückelhoven R., Hess M. Influence of inoculum and climatic factors on the severity of *Fusarium* head blight in German spring and winter barley // Food Additives & Contaminants. 2016. P. A 33:3. P. 489–499. DOI:10.1080/19440049.2015.1133932.
12. Tucher S., Hörndl D., Schmidhalter U. Interaction of soil pH and phosphorus efficacy: Long-term effects of P fertilizer and lime applications on wheat, barley, and sugar beet // Ambio. 2018. 47 (Supple 1): 41. DOI:10.1007/s13280-017-0970-2.
13. Zhang W., Liu D., Liu Y., Chen X., Zou C. Overuse of phosphorus fertilizer reduces the grain and flour protein contents and zinc bioavailability of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2017. No. 65 (8). P. 1473–1482. DOI: 10.1021/acs.jafc.6b04778.
14. ГОСТ 28672-90. Ячмень. Требования при заготовках и поставках. М.: Стандартинформ, 2010. С. 86.
15. ГОСТ Р 53900-2010. Ячмень кормовой. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2011. С. 6.

## References

1. Gaydukova N. G., Sidorova I. I., Shabanova I. V., Fedexuk E. D. Interrelation of various forms of compounds heavy metals in an arable layer of earth and their accumulation in grain of winter crops // Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2015. No. 111. P. 737–757.
2. Demchuk A.V., Cherkashin A.V. Influence of different methods fertilizers application on winter barley yield under the forecrop of winter wheat // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2015. No. 1 (3). P. 34–38.
3. Lukin S. V. Monitoring of trace elements Zn, Cu, Mo, Co, Pb, Cd, As, Hg in arable chernozems of the southwestern regions of the central chernozemic zone // Agrochemistry. 2012. No. 11. P. 52–59.
4. Malyuga N. G., Bukreyev P. T., Hajdukova N. G., Shabanova V. I. Manure post action on the microelements content in Kuban leached chernozem // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2012. No. 36. P. 87–91.
5. Neshchadim N. N., Patseka O. E. Crop yield of winter barley grain with the application of various growing technologies // Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2017. No. 133. P. 1126–1143.
6. Neshchadim N. N., Patseka O. E., Kalashnikov, V. A. Crop yield of winter barley grain with the application of various growing technologies // Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2018. No. 137. P. 106–122.
7. Filippov E. G., Dontsova A. A., Dontsov D. P. Perspective directions in barley breeding // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2016. No. 2 (6). P. 129–137.
8. Shabaev V. P. Soil mechanisms of reducing the uptake of cadmium by barley plants with application of rhizosphere bacteria stimulating plant growth // Agrochemistry. 2017. No. 7. P. 71–77.
9. Federico M., Amedeo R., Massimo B. Enhancing grain yield and quality of winter barley through agronomic strategies to prolong canopy greenness // Field Crops Research. 2015. Vol. 170. P. 109–118. DOI: 10.1016/j.fcr.2014.10.002/.
10. Leplat F., Pedaş P. P., Rasmussen K. S., Husted S. Identification of manganese efficiency candidate genes in winter barley (*Hordeum vulgare*) using genome wide association mapping // BMC Genomics. 2016. 17:775. DOI: 10.1186/s12864-016-3129-9.
11. Linkmeyer A., Hofer K., Rychli M., Herz M., Hausladen H., Hückelhoven R., Hess M. Influence of inoculum and climatic factors on the severity of *Fusarium* head blight in German spring and winter barley // Food Additives & Contaminants. 2016. P. A33:3. P. 489–499. DOI: 10.1080/19440049.2015.1133932.
12. Tucher S., Hörndl D., Schmidhalter U. Interaction of soil pH and phosphorus efficacy: Long-term effects of P fertilizer and lime applications on wheat, barley, and sugar beet // Ambio. 2018. 47 (Supple 1): 41. DOI:10.1007/s13280-017-0970-2.



13. Zhang W., Liu D., Liu Y., Chen X., Zou C. Overuse of phosphorus fertilizer reduces the grain and flour protein contents and zinc bioavailability of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2017. No. 65 (8). P. 1473–1482. DOI: 10.1021/acs.jafc.6b04778.
14. GOST 28672-90. Barley. Requirements for state purchases and deliveries. Moscow: Standartinform, 2010. P. 86.
15. GOST R 53900-201. Feed barley. Specifications. Moscow: Standartinform, 2011. P. 6.

UDC 631.81.033:95

Shabanova I. V., Neshchadim N. N.

### INFLUENCE OF AGROTECHNOLOGIES ON THE CONTENT OF HEAVY METALS IN SOIL AND GRAIN QUALITY OF WINTER BARLEY

**Summary.** *In the view of both extensive demand for winter barley in the Russian Federation and increase in the export price, there is a great growing need for this crop cultivation. Based on this, one of the goals of the study was to evaluate the optimal agricultural technologies for obtaining high yields of environmentally friendly grain. Based on this, one of the goals of the study was to evaluate the optimal agrotechnologies for obtaining high yields of environmentally friendly (organic) grain. The studies were carried out in 2013–2015 at the experimental station of the Kuban State Agrarian University under conditions of monitoring field experiments. We studied the influence of fertility level, doses of mineral fertilizers, plant protection system and accumulation of heavy metals in soil and plants on the quality of barley. The content of heavy metals in the extracts was determined by the atomic absorption method, grain quality – by infrared spectrometry. The use of chemical plant protection products both with the application of medium N<sub>40</sub>P<sub>60</sub> and high N<sub>80</sub>P<sub>120</sub> doses of fertilizers and regulation of fertility with manure in doses of 400 t/ha for eleven-course rotation made it possible to obtain winter barley grain suitable for baby food and dietetic nutrition. The content of cadmium in winter barley was less than 0.06 mg/kg, protein content (first-class grain) reached 13–14 %, yield – 6–7 t/ha. The hectolitre weight of the grain increased from 560 to 600 g/l in the variant with the maximum doses of fertilizers (N<sub>80</sub>P<sub>120</sub>) but did not reach the level of 630 g/l, which corresponds to food grain. The result of multiple regression showed that the limiting factor (from 40 to 55 %) affecting yield, grain quality and accumulation of trace elements in soil and plants was the level of applied mineral fertilizers; the level of fertility had no effect. The content of acid-soluble heavy metals in soil did not exceed threshold limit value except for zinc (1,2 TLV) and was on average: Mn – 400, Cu – 28, Zn – 63, Pb – 13, Cd – 0.15 and Co – 9.5 mg/kg.*

**Keywords:** *monitoring, winter barley, agricultural technologies, protein, nature, heavy metals, yield.*

Шабанова Ирина Вячеславовна, кандидат химических наук, доцент кафедры химии, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»; 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: Shabanova\_I\_V@mail.ru.

Нешчадим Николай Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»; 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: neshhadim@mail.ru.

Shabanova Irina Vyacheslavovna, Cand. Sc. (Chem.), associate professor of chemistry department, FSBEI HE “Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin”; 13, Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russia; e-mail: Shabanova\_I\_V@mail.ru.

Neshchadim Nikolay Nikolaevich, Dr. Sc. (Agr.), professor of plant growing department, FSBEI HE “Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin”; 13, Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russia; e-mail: neshhadim@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 09.01.2019.

Дата принятия к печати – 20.01.2019.



