



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

# ТАВРИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК АГРАРНОЙ НАУКИ

*научный журнал*

ISSN 2542-0720



№ 4 (20)  
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

№ 4 (20)

DOI:10.33952/2542-0720-2019-4-20

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 - Мягих Е.Ф.  
Выпускающий редактор - Овчаренко Н.С.  
Технический редактор - Козак И.Е.  
Ответственный секретарь - Дунаева Е.А.

**Адрес редакции:**

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

**Издатели:**

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

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

Формат 60x84/8, усл. печ. л. 10.00  
Заказ № 12А/24.  
Тираж 500 экз.

Подписано к печати 20.11.2019.

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

Дата выхода: 27.12.2019 г.  
Дизайн и верстка - Н.С. Овчаренко,  
Е.А. Дунаева  
© ФГБУН «НИИСХ Крыма», 2019.  
© Авторы статей, 2019.  
© Авторы иллюстраций, 2019.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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»; Бабина Р.Д., к.с.-х.н., ФГБУН «НБС-ННЦ»; Бабицкий Л.Ф., д.т.н., профессор АБиП ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»; Баденко В.Л., д.т.н., профессор СПбПУ; Барталев С.А., д.т.н., проф., ИКИ РАН; Бастаубаева Ш.О., к.с.-х.н. Казахский НИИ земледелия и растениеводства, Боровой Е.П., д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ»; Гербер Ю.Б., д.т.н., профессор АБиП ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»; Егорова Н.А., д.б.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Завалий А.А., д.т.н., профессор ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»; Клименко Н.П., к.т.н., ФГБОУ ВО «КГМТУ»; Козырев А.Х., д.с.-х.н., профессор ФГБОУ ВО «Горский ГАУ»; Кудзаев А.Б., д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «Горский ГАУ»; Ларина Г.Е., д.б.н., проф., ФГБНУ «ВНИИФ»; Лупян Е.А., д.т.н., ФГБНУ «ИКИ РАН»; Мельничук Т.Н., д.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Митрофанова И.В., д.б.н., ФГБУН «НБС-ННЦ», профессор ФГБОУ ВПО «Уральский ГАУ»; Мишнёв А.В., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Моисеев К.Г., к.т.н., ФГБНУ АФИ; Надыкта В.Д., д.т.н., профессор, академик РАН, вице-президент ВПРС МОББ, чл.-корр. Академии технологических наук, директор ФГБНУ ВНИИБЗР; Невкрытая Н.В., к.б.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Немтинов В.И., д.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Остапчук П.С., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Паштецкий В.С., д.с.-х.н., директор ФГБНУ «НИИСХ Крыма»; Плугатарь Ю.В., д.с.-х.н., директор ФГБНУ «НБС-ННЦ»; Просьянникова И.Б., к.б.н., Таврическая академия ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»; 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; Soytong K., Dr.Ph., president of Association of Agricultural Technology in Southeast Asia, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang; Соколенко О.Н., к.т.н., ФГБОУ ВО «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»; 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; Чайковская Л.А., д.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Чеходариди Ф.Н., д.в.н, профессор ФГБОУ ВО «Горский ГАУ»; Шхагапсоев С.Х., д.б.н., профессор «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова».

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

СОДЕРЖАНИЕ

Бражников В. Н., Бражникова О. Ф., Бражников Д. В. ВЛИЯНИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МАСЛА ЛЬНА МАСЛИЧНОГО	6
Гасич Е. Л., Берестецкий А. О., Дидович С. В. МАТЕРИАЛЫ К МИКОБИОТЕ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ КРЫМА	16
Дунаева Е. А., Плотников Д. Е., Хвостиков С. А., Ёлкина Е. С., Барботкина Е. С., Вечерков В. В., Барталев С. А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ НАСТУПЛЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЙ	28
Измаилова Д. С. ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ	46
Костанчук Ю. Н. ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ПЕРЦА СЛАДКОГО В ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЕ КРЫМА	54
Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С., Шевченко Н. А. ПРОДУКТИВНОСТЬ, КОРМОВАЯ ЦЕННОСТЬ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ НА ЗЕЛЕНЬ КОРМ И СИЛОС	63
Марченко Д. М., Иванисов М. М., Рыбась И. А., Некрасов Е. И., ИONOва Е. В., Гричаникова Т. А., Романюкина И. В., Дерова Т. Г. ЛИДИЯ – УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СОРТ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ	70
Некрасов Е. И., Марченко Д. М., Иванисов М. М., Рыбась И. А., Гричаникова Т. А., Романюкина И. В., Копусь М. М. ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ	79
Ратников А. Н., Петров К. В., Иванкин Н. Г., Суслов А. А., Свириденко Д. Г., Яценко В. В. ВЛИЯНИЕ НОВОГО ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА «ГУМИТОН» НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ	86
Рябова О. В. RGPR-СВОЙСТВА РИЗОСФЕРНОГО ИЗОЛЯТА <i>STREPTOMYCES SP. A-4</i>	96
Соколенко Н. И., Комаров Н. М. АДАПТИВНЫЕ ПРИЗНАКИ СОРТООБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ	111
Фокина Н. А., Урядова Г. Т., Карпунина Л. В. ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОГО ЭКЗОПОЛИСАХАРИДА НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У ПТИЦЫ	117
Чайковская Л. А., Баранская М. И., Овсиенко О. Л., Клименко Н. Н. ВЛИЯНИЕ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ	123
Черкашина А. В., Сотченко Е. Ф. ВЛИЯНИЕ СРОКОВ И ГУСТОТЫ ПОСЕВА НА УРОЖАЙНОСТЬ И УБОРОЧНУЮ ВЛАЖНОСТЬ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ В НЕОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ КРЫМА	133

CONTENTS

Brazhnikov V. N., Brazhnikova O. F., Brazhnikov D. V. INFLUENCE OF AGROCLIMATIC CONDITIONS ON YIELD AND FATTY ACID COMPOSITION OF OIL FLAX	6
Gasich E. L., Berestetskiy A. O., Didovich S. V. MATERIALS TO MYCOBIOTA OF WEEDS IN THE CRIMEA	16
Dunaieva Ie. A., Plotnikov D. E., Khvostikov S. A., Elkina E. S., Barbotkina E. S., Vecherkov V. V., Bartalev S. A. USE OF REMOTE SENSING DATA FOR EARLY DIAGNOSTICS OF THE DRY CONDITIONS ACTION	28
Izmailova D. S. INFLUENCE OF NITROGEN FERTILIZER ON THE YIELD OF WINTER DURUM WHEAT IN THE REPUBLIC OF CRIMEA	46
Kostanchuk Yu. N. ASSESSMENT OF COLLECTION SAMPLES OF SWEET PEPPER IN THE FOOTHILL ZONE OF THE CRIMEA	54
Krivosheev G. Ya., Ignatiev A. S., Shevchenko N. A. PRODUCTIVITY, FORAGE VALUE AND BIOENERGETIC EFFICIENCY OF MAIZE HYBRIDS CULTIVATION FOR GREEN FODDER AND SILAGE	63
Marchenko D. M., Ivanisov M. M., Rybas I. A., Nekrasov E. I., Ionova E. V., Grichanikova T. A., Romanyukina I. V., Derova T. G. 'LIDIYA' – THE UNIVERSAL WINTER SOFT WHEAT VARIETY	70
Nekrasov E. I., Marchenko D. M., Ivanisov M. M., Rybas I. A., Grichanikova T. A., Romanyukina I. V., Kopus M. M. ESTIMATION OF PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY OF WINTER SOFT WHEAT VARIETIES IN THE ROSTOV REGION	79
Ratnikov A. N., Petrov K. V., Ivankin N. G., Suslov A. A., Sviridenko D. G., Yatsenko V. V. EFFECT OF NEW ORGANIC AND MINERAL PREPARATION 'GUMITON' ON PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY OF WINTER WHEAT	86
Ryabova O. V. PGPR-PROPERTIES OF THE RHIZOSPHERE ISOLATE <i>STREPTOMYCES SP. A-4</i>	96
Sokolenko N. I., Komarov N. M. ADAPTIVE FEATURES OF WINTER WHEAT VARIETIES OF THE WORLD COLLECTION	111
Fokina N. A., Uryadova G. T., Karpunina L. V. EFFECT OF BACTERIAL EXOPOYSACCHARIDE ON MORPHOLOGICAL AND MICROBIOLOGICAL INDICES OF BIRDS	117
Chaikovskaya L. A., Baranskaya M. I., Ovsienko O. L., Klimenko N. N. EFFECT OF MICROBIAL PREPARATIONS ON THE ADAPTIVE POTENTIAL OF WINTER WHEAT UNDER THE INFLUENCE OF HEAVY METALS	123
Cherkashyna A. V., Sotchenko E. F. INFLUENCE OF PLANTING DATES AND PLANT DENSITY ON YIELD AND MOISTURE CONTENT OF THE KERNEL OF MAIZE AT THE HARVEST TIME UNDER NON-IRRIGATED CONDITIONS IN THE STEPPE ZONE OF THE CRIMEA	133



DOI 10.33952/2542-0720-2019-4-20-6-15

УДК 633.854.54:631.526.32:001.53

Бражников В. Н.<sup>1</sup>, Бражникова О. Ф.<sup>1</sup>, Бражников Д. В.<sup>2</sup>

## ВЛИЯНИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МАСЛА ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

<sup>1</sup>ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»;

<sup>2</sup>ФГОУ ВО «Пензенский аграрный университет»

**Реферат.** Лён – одна из наиболее востребованных масличных культур в мире. По биологической ценности льняное масло занимает первое место среди других пищевых растительных масел. Цель исследований – изучить влияние гидротермических условий на урожайность, содержание и жирнокислотный состав масла семян льна масличного сорта Исток, а также проанализировать корреляционную зависимость биохимического состава масла с продолжительностью вегетационного периода и основных фаз органогенеза. Различное соотношение жирных кислот позволяет использовать его на пищевые и технические цели. Эксперименты выполняли в ФГБНУ «Пензенский НИИСХ» в 2013–2017 гг. Материалом для исследования служил сорт Исток с измененным ЖКС (жирнокислотный состав) масла. Работу выполняли согласно «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур». Идентификацию и определение содержания высокомолекулярных жирных кислот выполняли методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Кристалл 5000.1». Коэффициенты корреляции между урожайностью, масличностью семян, содержанием сырого протеина и гидротермическими условиями в отдельные межфазные периоды роста и развития льна, а также структурой вегетационного периода варьировали в пределах  $r = -0,92-0,87$ . Выявлена сильная обратная зависимость между масличностью и содержанием протеина ( $r = -0,95$ ). Определены жирные кислоты, содержание которых слабо варьировало в зависимости от метеоусловий: линолевая кислота – 68,696 % ( $C_V = 1,8$  %), миристиновая – 0,043 % ( $C_V = 2,68$  %), пальмитиновая – 5,862 % ( $C_V = 4,9$  %), маргариновая – 0,066 % ( $C_V = 7,8$  %) и маргаринолеиновая – 0,042 % ( $C_V = 9,1$  %). Установлена зависимость содержания жирных кислот как между собой ( $r = -0,78-0,94$ ), так и их сопряжение с гидротермическими условиями ( $r = -0,95-0,87$ ). Наибольшее влияние на ЖКС масла оказали гидротермические условия периодов всходы–созревание и цветение–созревание (количество осадков и ГТК). Требуемый ЖКС масла получен во все годы исследований. Наибольшее влияние на содержание основных жирных кислот оказывали условия как вегетационного периода в целом, так и отдельных его межфазных периодов: бутонизация–цветение (средняя температура, сумма активных температур) и цветение – созревание (количество осадков, ГТК). Установленные зависимости следует учитывать в селекционной работе, направленной на создание новых сортов льна масличного, а также в производстве для прогнозирования не только урожайности, но масличности семян и ЖКС масла.

**Ключевые слова:** лён масличный (*Linum usitatissimum* L.), сорт Исток, урожайность, масличность, корреляция, жирнокислотный состав масла, ГТК.

### Введение

Лён – одна из наиболее востребованных масличных культур в мире. Современная селекция направлена на создание высокопродуктивных сортов с оптимальными биохимическими характеристиками семян, необходимыми для пищевого и промышленного производства. Важнейший показатель в селекции масличных культур

– содержание масла в семенах – основного продукта, ради которого их возделывают [1]. По биологической ценности льняное занимает первое место среди других пищевых растительных масел [2, 3]. В последние годы научные организации России, Австралии и Канады начали работы по созданию сортов с изменённым жирнокислотным составом масла [4]. В Пензенском НИИСХ создан сорт Исток, значительно превосходящий по продуктивности районированные сорта. В 2008 г. он внесен в Государственный Реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Площадь посевов, занимаемая этим сортом в Пензенской области, варьирует от 100 до 500 га, в Кустанае – до 1000 га, Алтайском крае – до 200 га. Есть посевы Истока в Ставропольском крае, Саратовской, Волгоградской, Рязанской, Воронежской и других областях, Республике Татарстан, Дагестане, Прибалтийских странах. Особенностью сорта является изменённый жирнокислотный состав масла: содержание линолевой кислоты составляет 70,41 %, линоленовой – 5,71 %. Такое соотношение жирных кислот позволяет использовать масло для технических и пищевых продуктов с длительным сроком хранения: маргаринов, майонезов, а также пищевых биодобавок.

Содержание и состав масла – генетически закреплённые признаки. Однако метеоусловия региона выращивания могут оказывать влияние на накопление масла и его состав. Связь масличности с продолжительностью вегетационного периода более или менее постоянна [4]. Связь урожайности семян с их масличностью, а также продолжительностью вегетационного периода модификационная (временная) [1]. Установлена положительная корреляция между продолжительностью всего периода вегетации и межфазного периода всходы – цветение и содержанием насыщенных кислот (пальмитиновой, стеариновой). Больше накопление линолевой кислоты отмечено у образцов с более продолжительным вегетационным периодом ( $r = 0,583$ ) [5]. Увеличению содержания линолевой и линоленовой кислот способствуют обильные осадки при температуре ниже 20 °С. Сухая и жаркая погода способствует увеличению доли олеиновой кислоты [6]. Ее содержание отрицательно коррелирует с общей продолжительностью вегетационного периода ( $r = -0,622$ ), продолжительностью периода всходы – цветение ( $r = -0,517$ ) и цветение – созревание ( $r = -0,403$ ) [5]. На проявление масличности семян у сортов и гибридов льна большое влияние оказывают внешние условия, складывающиеся в период маслообразовательного процесса [7].

В ранее проведенных исследованиях использовали в качестве объектов сорта с традиционным ЖКС масла в совершенно иных почвенно-климатических условиях. Лен масличный сорта Исток имеет измененный ЖКС масла, что делает исследования по установлению влияния агроклиматических условий на продуктивность и ЖКС масла подобных сортов актуальными.

**Цель исследований** – изучить влияние гидротермических условий на урожайность, содержание и жирнокислотный состав масла семян льна масличного сорта Исток.

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

Работу выполняли в ФГБНУ «Пензенский НИИСХ» в 2013–2017 гг. Почва опытного участка – чернозём выщелоченный мощный тяжелосуглинистый со следующими агрохимическими характеристиками: содержание гумуса – 4,63 %, легкогидролизуемых форм азота – среднее, подвижного фосфора – высокое, обменного калия – повышенное,  $pH_{вод}$  – слабокислая,  $pH_{сол}$  – среднекислая.

Метеорологические условия в годы исследований были разнообразны и достаточно полно отражали особенности лесостепной зоны Среднего Поволжья (таблица 1). Посев льна осуществляли в 2013 г. – 14 мая, 2014 г. – 4 мая, 2015 г. – 13 мая. В целом, вегетация растений в 2013 г. проходила в условиях обеспеченного увлажнения (ГТК – 1,26); в 2014 г. условия характеризовались как засушливые (ГТК –



0,95); в 2015 г. отмечали избыточное увлажнение (ГТК – 1,43); в 2016 г. – обеспеченное увлажнение (ГТК – 1,19); в 2017 г. наблюдали недостаток осадков (ГТК – 0,63). Продолжительность вегетационного периода варьировала от 91 в 2016 г. до 102 дней в 2017 г. Наименьшая сумма активных температур отмечена в 2014 г. (1864,3 °С), наибольшая – в 2015 и 2017 гг. (1911,0 °С). Самым сухим выдался 2014 г. – всего за вегетацию выпало 91,9 мм осадков, наибольшее их количество было в 2015 г. – 273,0 мм. Все это оказало значительное влияние на рост, развитие и продуктивность льна.

Материалом для исследования служил лён масличный сорта Исток. При выполнении работы руководствовались методиками [8–11].

**Таблица 1 – Гидротермические условия в межфазные периоды роста и развития льна**

Показатель	Год	Межфазный период					Вегетационный период
		посев – всходы	всходы – ёлочка	ёлочка – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – созревание	
Продолжительность, сут	2013	8	6	33	8	53	100
	2014	11	9	23	9	54	95
	2015	5	8	22	8	54	92
	2016	10	5	34	8	44	91
	2017	9	7	30	5	60	102
Среднесуточная температура воздуха, °С	2013	18,5	16,3	18,7	22,5	18,6	18,8
	2014	13,7	20,3	19,6	14,7	20,4	19,6
	2015	13,1	18,0	21,4	23,4	20,6	20,8
	2016	16,5	13,7	19,0	20,9	22,9	20,8
	2017	13,2	12,3	17,4	16,6	20,3	18,7
Сумма активных температур, °С	2013	148,1	98,0	617,6	179,7	986,4	1881,7
	2014	151,1	183,1	449,9	132,2	1099,0	1864,3
	2015	65,7	143,6	470,4	187,4	1110,0	1911,0
	2016	164,8	68,5	645,7	167,0	1009,5	1890,7
	2017	118,8	86,2	522,7	82,8	1219,0	1911,0
Количество осадков, мм	2013	1,0	35,3	69,6	2,6	128,8	236,3
	2014	8,3	1,7	13,2	15,1	61,9	91,9
	2015	0,0	3,0	17,5	48,4	204,1	273,0
	2016	15,3	4,2	93,2	22,1	105,2	224,7
	2017	35,7	27,5	10,2	5,5	77,7	120,9
ГТК (по Селянинову)	2013	0,07	3,60	1,13	0,14	1,31	1,26
	2014	0,55	0,09	0,29	1,14	0,56	0,95
	2015	0,00	0,21	0,37	2,58	1,84	1,43
	2016	0,93	0,61	1,44	1,32	1,04	1,19
	2017	3,01	3,19	0,20	0,66	0,64	0,63

Идентификацию и определение содержания высокомолекулярных жирных кислот (ВЖК) триацилглицеролов масла выполняли методом газожидкостной хроматографии по ГОСТ Р 51483–99 [12]. Разделение метиловых эфиров выполняли на хроматографе «Кристалл 5000.1». Содержание масла в семенах льна определяли по методу Лебеяднцава – Раушковского [13].

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [14].

#### Результаты и их обсуждение

В результате исследований установлено, что сбор семян зависел от гидротермических условий. Средним он был 1,78 т/га, при величине коэффициента

вариации ( $C_v = 19,1 \%$ ), что говорит о средней стабильности признака. Максимальная в опыте урожайность семян (2,22 т/га) определена в условиях избыточного увлажнения 2015 г., наименьшая величина этого показателя (1,40 т/га) отмечена в более засушливом 2016 г. (таблица 2).

**Таблица 2 – Содержание основных жирных кислот в семенах льна  
масличного сорта Исток**

Кислота/Показатель	Содержание, %						$C_v$ , %
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	среднее	
Миристиновая (C 14:0)	0,041	0,044	0,042	0,043	0,043	0,043	2,7
Пентодекановая (C 15:0)	0,015	0,015	0,012	0,016	0,017	0,015	12,5
Пальмитиновая (C 16:0)	5,841	5,953	5,463	6,265	5,790	5,862	4,9
Пальмитолеиновая (C 16:1)	0,070	0,079	0,057	0,103	0,089	0,080	22,1
Маргариновая (C 17:0)	0,066	0,068	0,058	0,068	0,072	0,066	7,8
Маргаринолеиновая (C 17:1)	0,035	0,044	0,042	0,043	0,044	0,042	9,1
Стеариновая к (C 18:0)	3,630	4,715	3,789	4,326	4,274	4,147	10,6
Олеиновая (C 18:1)	13,889	17,955	14,733	15,475	16,704	15,751	10,2
Линолевая (C 18:2)	69,803	67,869	68,835	69,867	67,104	68,696	1,8
$\gamma$ -линоленовая (C 18:3)	0,017	0,009	0,025	0,027	0,017	0,019	38,0
$\alpha$ -линоленовая (C 18:3)	5,962	2,504	6,251	3,009	4,945	4,534	37,6
Арахидиновая (C 20:0)	0,088	0,132	0,108	0,117	0,118	0,113	14,4
Эйкозеновая (Гондоиновая) (C 20:1)	0,122	0,153	0,147	0,138	0,150	0,142	8,8
Эйкозодиеновая (C 20:2)	0,141	0,044	0,076	0,063	0,066	0,078	47,5
Эйкозапентаеновая (C 20:5)	-	-	-	-	-	-	-
Арахидоновая (C 20:4)	-	-	-	-	-	-	-
Бегеновая (C 22:0)	-	0,171	0,132	0,160	0,155	0,124	57,1
Эруковая (C 22:1)	-	-	-	-	-	-	-
Докозагексаеновая (C 22:6)	-	-	-	-	-	-	-
Лигноцериновая (C 24:0)	0,163	0,198	0,167	0,211	0,300	0,208	26,7
Нервоновая (Селахолевая) (C 24:1)	0,052	0,047	0,054	0,072	0,112	0,067	39,6
*Масличность семян, %	44,60	44,46	43,88	44,44	43,40	44,15	1,1
*Содержание протеина, %	24,17	22,61	27,38	24,34	29,15	25,53	10,4
*Урожайность семян, т/га	1,58	2,05	2,22	1,40	1,67	1,78	19,1

**Примечание.** \* –  $HCp_{05}$  для: масличности семян – 0,94; содержания протеина – 1,08; урожайности семян – 0,14.

Урожайность семян зависела от суммы активных температур в период от посева до созревания ( $r = -0,72$ ), среднесуточной температуры воздуха в периоды всходы–елочка, елочка–бутонизация ( $r = 0,74; 0,73$ ), сумма активных температур в период всходы–елочка ( $r = 0,87; -0,92$ ), количества осадков в период елочка–бутонизация ( $r = -0,77$ ); ГТК в период елочка–бутонизация ( $r = -0,74$ ) (таблица 3). С урожайностью семян также сильно отрицательно сопряжено содержание пальмитиновой кислоты ( $r = -0,74$ ) (таблица 4).

Масличность семян сорта Исток в среднем за годы исследования составила 44,15 %, при коэффициенте вариации  $C_v = 1,1 \%$ , что свидетельствует о стабильности признака. Наибольшая масличность (44,60 %) формировалась в 2013 г., наименьшая (43,88 %) – в более влажном 2015 г. (см. таблицу 2).

Погодные условия оказали значительное влияние на масличность. Определена сильная отрицательная корреляция величины этого показателя с суммой активных температур периодов всходы–созревание и цветение–созревание ( $r = -0,82; -0,91$ ) и ГТК периода посев–всходы ( $r = -0,73$ ) (см. таблицу 3). Установлена сильная отрицательная корреляционная зависимость между масличностью и содержанием протеина ( $r = -0,95$ ).

Таблица 3 – Коэффициенты корреляции основных показателей сорта льна масличного Исток с гидротермическими условиями вегетационного периода

Показатель	Жирная кислота, %					Масличность, %	Содержание протеина в семенах, %	Сбор семян, т/га
	пальмитиновая	стеариновая	олеиновая	линолевая	$\alpha$ -линоленовая			
Вегетационный период (всходы–созревание)								
Продолжительность, сут	0,18	0,20	0,32	-0,48	-0,08	-0,16	0,08	-0,39
Температура воздуха, °С	0,07	0,05	-0,14	0,43	-0,18	0,15	-0,13	0,23
Сумма активных температур, °С	-0,51	-0,43	-0,33	-0,18	0,62	-0,82*	0,94*	0,05
Количество осадков, мм	-0,26	-0,81*	-0,92*	0,78*	0,61	0,19	0,10	-0,04
ГТК (по Селянинову)	-0,22	-0,61	-0,72*	0,80*	0,36	0,50	-0,30	0,21
Вегетационный период (посев–созревание)								
Продолжительность, сут	0,18	0,20	0,32	-0,48	-0,08	-0,16	0,08	-0,39
Температура воздуха, °С	0,04	-0,47	-0,67	0,87*	0,18	0,48	-0,28	-0,01
Сумма активных температур, °С	0,40	-0,39	-0,48	0,53	0,13	0,54	-0,36	-0,72*
Количество осадков, мм	-0,24	-0,81*	-0,91*	0,73*	0,63	0,07	0,23	-0,13
ГТК (по Селянинову)	-0,28	-0,78*	-0,87*	0,68	0,62	0,02	0,26	-0,06
Межфазный период (посев–всходы)								
Среднесуточная температура воздуха, °С	0,47	-0,44	-0,62	0,80*	0,08	0,72	-0,50	-0,69
Сумма активных температур, °С	0,92*	0,44	0,23	0,27	-0,69	0,64	-0,68	-0,71
Количество осадков, мм	0,25	0,45	0,49	-0,63	-0,24	-0,67	0,55	-0,40
ГТК (по Селянинову)	0,14	0,38	0,47	-0,69	-0,14	-0,73*	0,62	-0,34
Межфазный период (всходы–елочка)								
Среднесуточная температура воздуха, °С	-0,29	0,12	0,19	0,02	-0,13	0,47	-0,58	0,74*
Сумма активных температур, °С	-0,40	0,31	0,46	-0,35	-0,17	0,15	-0,35	0,87*
Количество осадков, мм	-0,11	-0,51	-0,39	-0,01	0,53	-0,13	0,28	-0,47
ГТК (по Селянинову)	-0,07	-0,46	-0,35	-0,05	0,49	-0,19	0,33	-0,52
Межфазный период (елочка–бутонизация)								
Среднесуточная температура воздуха, °С	-0,46	-0,22	-0,22	0,29	0,18	0,20	-0,17	0,73*
Сумма активных температур, °С	0,61	-0,33	-0,57	0,72	0,01	0,39	-0,17	-0,92*
Количество осадков, мм	0,67	-0,25	-0,55	0,88*	-0,14	0,63	-0,43	-0,77*
ГТК (по Селянинову)	0,65	-0,27	-0,57	0,90*	-0,12	0,66	-0,45	-0,74*
Межфазный период (бутонизация–цветение)								
Среднесуточная температура воздуха, °С	-0,29	-0,87*	-0,95*	0,77*	0,67	0,18	0,12	-0,08
Сумма активных температур, °С	-0,11	-0,59	-0,73*	0,86*	0,30	0,61	-0,40	0,11
Количество осадков, мм	-0,45	-0,17	-0,18	0,16	0,20	-0,15	0,18	0,62
ГТК (по Селянинову)	-0,42	-0,02	-0,02	0,02	0,09	-0,24	0,21	0,66
Межфазный период цветение–созревание								
Среднесуточная температура воздуха, °С	0,55	0,48	0,24	0,15	-0,58	-0,03	-0,03	-0,24
Сумма активных температур, °С	-0,44	0,33	0,57	-0,94*	0,07	-0,91*	0,73*	0,39
Количество осадков, мм	-0,65	-0,78*	-0,74*	0,44	0,74*	-0,08	0,30	0,39
ГТК (по Селянинову)	-0,56	-0,82*	-0,82*	0,57	0,72*	0,05	0,19	0,30

Примечание. \* – коэффициенты корреляции достоверны на уровне значимости  $p < 0,05$ .

Таблица 4 – Корреляционная матрица основных показателей сорта льна масличного Исток

Кислота/ Показатель	Жирная кислота, %					Масличность, %	Содержание протеина в семенах, %	Сбор семян, т/га
	пальмитиновая	стеариновая	олеиновая	линолевая	$\alpha$ -линоленовая			
Пальмитиновая	1,00	-	-	-	-	-	-	-
Стеариновая	0,53	1,00	-	-	-	-	-	-
Олеиновая	0,25	0,94*	1,00	-	-	-	-	-
Линолевая	0,31	-0,51	-0,76*	1,00	-	-	-	-
$\alpha$ -линоленовая	-0,78*	-0,91*	-0,74*	-0,60	1,00	-	-	-
Масличность, %	0,51	0,00	-0,21	0,71	-0,35	1,00	-	-
Содержание протеина в семенах, %	-0,56	-0,29	-0,12	-0,47	0,58	-0,95*	1,00	-
Сбор семян, т/га	-0,74*	0,03	0,24	-0,40	0,20	-0,22	0,10	1,00

*Примечание.* \* – коэффициенты корреляции достоверны на уровне значимости  $p < 0,05$ .

Гидротермические условия периода вегетации и отдельных фаз органогенеза также оказывали влияние на содержание протеина в семенах льна, которое составило 25,53 % при коэффициенте вариации  $C_v = 10,4$  %. Большая величина этого признака определена в сухом 2017 г. – 29,15 %, меньшая – в засушливом 2014 г. – 22,61 %. Зафиксировано сильное сопряжение между содержанием протеина и суммой активных температур за вегетационный период и период цветения–созревание ( $r = 0,94; 0,73$ ).

В состав льняного масла входят насыщенные кислоты (пальмитиновая, стеариновая) и ненасыщенные (линолевая, линоленовая и олеиновая). Полезные свойства масла обусловлены его жирнокислотным составом. Более стабильным ( $C_v = 1,8-9,1$  %) оказалось содержание линолевой, миристиновой, пальмитиновой, маргариновой и маргаринолеиновой кислот и составило 68,696; 0,043; 5,862; 0,066 и 0,042 % соответственно (см. таблицу 2).

В зависимости от условий года ( $C_v = 37,6-57,1$  %) значительно варьировало содержание  $\alpha$ - и  $\gamma$ -линоленовой, нервоновой эйкозодиеновой и бегеновой жирных кислот, показатели которых составили 4,534; 0,019; 0,067; 0,078 и 0,124 % соответственно.

Лён масличный сорта Исток имеет измененный ЖКС масла, основную часть которого составляет линолевая кислота – 67,104–69,867 %, что и определяет его основные свойства. Массовая доля линолевой кислоты сильно положительно сопряжена с количеством осадков в межфазные периоды посев–созревание, всходы–созревание и елочка–бутонизация ( $r = 0,73; 0,78; 0,88$ ); с ГТК периода всходы–созревание и елочка–бутонизация ( $r = 0,80; 0,90$ ), а также со среднесуточной температурой, суммой активных температур в период елочка–бутонизация ( $r = 0,77; 0,86$ ). Определена сильная отрицательная корреляция величины этого показателя с суммой активных температур периода цветения–созревание ( $r = -0,94$ ). Таким образом, более оптимальные гидротермические условия для синтеза линолевой кислоты сложились в обеспеченном по увлажнению 2016 г.

Олеиновая кислота является второй по процентному содержанию в масле изучаемого сорта – 13,889–17,955 %. Установлена сильная отрицательная корреляционная зависимость между содержанием олеиновой, линолевой и  $\alpha$ -линоленовой кислотами ( $r = -0,76; -0,74$ ) и положительная зависимость с пальмитиновой кислотой ( $r = 0,94$ ) (см. таблицу 4). Сильное отрицательное сопряжение величины этого показателя

определено с количеством осадков и ГТК как вегетационного периода ( $r = -0,92$ ;  $-0,72$ ) так и периодов посев–созревание ( $r = -0,91$ ;  $-0,87$ ), цветение–созревание ( $r = -0,74$ ;  $-0,82$ ), а также со среднесуточной температурой воздуха и суммой активных температур периода бутонизация–цветение ( $r = -0,95$ ;  $-0,73$ ). Больше содержание олеиновой кислоты (17,955 %) определено в засушливом 2014 г., что в 1,3 раза превышало ее содержание в условиях обеспеченного увлажнения 2013 г.

Пальмитиновая кислота – предшественник других длинноцепочечных жирных кислот, таких как стеариновая, олеиновая, эйкозатриеновая и архидоновая. Это единственная основная жирная кислота, содержание которой сильно отрицательно коррелирует с величиной сбора семян с гектара ( $r = -0,74$ ). Ее массовая доля сильно положительно сопряжена с суммой активных температур периода посев–всходы ( $r = 0,92$ ). Максимальное содержание пальмитиновой кислоты (6,265 %) определено в 2016 г. при сумме активных температур в период посев–всходы 164,8 °С, что в 1,15 раза превышает показатели 2015 г. (65,7 °С).

Содержание стеариновой кислоты (3,630–4,715 %) средне стабильно по годам ( $C_v = 10,6$  %). Определена сильная отрицательная корреляционная зависимость ее содержания с количеством осадков периодов посев–созревание, всходы–созревание, цветение–созревание ( $r = -0,81$ ;  $-0,81$ ;  $-0,78$ ) и ГТК периодов посев–созревание, цветение–созревание ( $r = -0,78$ ;  $-0,82$ ), а также со среднесуточной температурой воздуха периода бутонизация–цветение ( $r = -0,87$ ). В засушливых условиях вегетационного периода 2014 г. содержание стеариновой кислоты в 1,3 раза превышало величину этого показателя в благоприятном по режиму увлажнения 2013 г.

Также важна для свойств масла (несмотря на низкое ее содержание – 2,504–6,251 %) ненасыщенная  $\alpha$ -линоленовая кислота. Ее содержание – одна из основных особенностей сорта Исток. Установлена сильная положительная корреляционная зависимость величины этого показателя с количеством осадков и ГТК периода цветение–созревание ( $r = 0,74$ ;  $0,72$ ). Более оптимальное ее содержание для свойств масла сорта Исток определено в сухих условиях 2014 г.

### Выводы

В результате проведенных исследований впервые в условиях Средневолжского региона определена зависимость урожайности, масличности семян и содержания сырого протеина для модельного сорта Исток с измененным ЖКС масла от гидротермических условий всех межфазных периодов роста и развития льна ( $r = -0,92$ – $0,87$ ). Большой сбор семян с гектара (2,22 т/га) зафиксирован в условиях избыточного увлажнения 2015 г. (ГТК – 1,43), а масличность (44,60 %) – в условиях 2013 г. (ГТК периода всходы–созревание – 1,43, цветение–созревание – 1,84).

Между масличностью и содержанием протеина выявлено сильное обратное сопряжение ( $r = -0,95$ ). Определен жирнокислотный состав масла в отдельные годы исследований, что позволило выявить более стабильные жирные кислоты: линолевая кислота – 68,696 % ( $C_v = 1,8$  %), миристиновая – 0,043 % ( $C_v = 2,68$  %), пальмитиновая – 5,862 % ( $C_v = 4,9$  %), маргариновая – 0,066 % ( $C_v = 7,8$  %) и маргаринолеиновая – 0,042 % ( $C_v = 9,1$  %). Выявлена зависимость содержания жирных кислот как между собой ( $r = -0,78$ – $0,94$ ), так и их сопряжение с гидротермическими условиями ( $r = -0,95$ – $0,87$ ).

Требуемый ЖКС масла получен во все годы исследований, что обусловлено геномом сорта Исток. Тем не менее, наиболее оптимальное содержание основных жирных кислот получено в засушливых условиях 2014 г. (ГТК периодов всходы–созревание, цветение–созревание – 0,95; 0,56 соответственно). Значительнее всего от оптимального ЖКС масла отклонялся в условиях достаточного и избыточного увлажнения 2013 и 2015 гг. (ГТК периодов всходы–созревание, цветение–созревание



– 1,26; 1,31 и 1,43; 1,84 соответственно), то есть наибольшее влияние на ЖКС масла оказали гидротермические условия периодов всходы–созревание и цветение–созревание (количество осадков и ГТК).

Таким образом, оптимальными для льна масличного сорта Исток являются следующие гидротермические условия: низкое значение показателя суммы активных температур за периоды посев–созревание, всходы–созревание (урожайность семян, масличность), высокая среднесуточная температура периодов всходы–елочка, елочка–бутонизация, высокое значение показателя суммы активных температур за период всходы–елочка и его низкое значение в период елочка–бутонизация, при малом количестве осадков и низком значении ГТК (урожайность семян), высокая среднесуточная температура и сумма активных температур периода бутонизация–цветение (линолевая кислота) и низкое значение суммы активных температур (масличность), малое количество осадков и значения ГТК периода цветение–созревание ( $\alpha$ -линоленовая кислота).

Установленные зависимости следует учитывать в селекционной работе, направленной на создание новых сортов льна масличного, а также в производстве для прогнозирования урожайности и масличности семян, а также ЖКС масла.

### Литература

1. Руководство по семеноводству масличных культур // под общ. ред. Пустовойта В. С. М.: Колос, 1967. 351 с.
2. Бражников В. Н., Бражникова О. Ф., Прахова Т. Я., Прахов В. А. Результаты селекции и жирно-кислотный состав масла льна масличного // Международный сельскохозяйственный журнал. 2015. № 6. С. 23–27.
3. Бражников В. Н., Бражникова О. Ф. Результаты селекции льна масличного // Материалы научно-практической конференции «Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработки масличных культур». Рязань: ФГБОУ «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева», 2013. С. 50–53.
4. Скляр С. В. Жирно-кислотный профиль и оксистерильность масла низколиноленовых сортотбразцов льна масличного // Масличные культуры. 2012. № 2 (151–152). С. 91–95.
5. Маслинская М. Е., Андроник Е. В., Иванова Е. В. Оценка селекционных сортотбразцов льна масличного по продолжительности основных фаз вегетации и жирнокислотному составу масла // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 4. С. 66–72.
6. Носевич М. А., Айссотде Й. З., Рощин В. И., Ведерников Д. Н. Оценка качества масла и волокна льна масличного в зависимости от генетических особенностей и условий его произрастания // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (46). С. 15–20.
7. Галкин Ф. М., Хатнянский В. И., Тишков Н. М., Пивень Т. В., Шафоростов В. Д. Лён масличный: селекция, семеноводство, технология возделывания и уборки. Краснодар: РАСХН, ГНУ ВНИИМК, 2008. 191 с.
8. Методические указания по изучению мировой коллекции масличных культур // под ред. Давидян Г. Г. Л.: ВИР, 1976. 21 с.
9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур // под общ. ред. Федина М. А. М.: Сельхозиздат, 1983. 183 с.
10. Павлова Л. Н., Александрова Т. А., Марченков А. Н., Рожмина Т. А., Лошакова Н. И., Кудрявцева Л. П., Крылова Т. В., Герасимова Е. Г. Методические указания по селекции льна-долгунца. М.: Россельхозакадемия, 2004. 43 с.
11. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов // под ред. Скурихина И. М., Тутельяна В. А. М.: «Брадент–Медицина», 1998. С. 84–93.
12. ГОСТ Р 51483–99. Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров индивидуальных жирных кислот к их сумме. М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. 7 с.
13. Раушковский С. С. Методы исследований при селекции масличных растений по содержанию масла. М.: Пищепромиздат, 1959. 46 с.
14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.



## References

1. Guide to seed production of oilseeds // ed. by Pustovoit V. S. Moscow: Kolos, 1967. 351 p.
2. Brazhnikov V. N., Brazhnikova O. F., Prakhova T. Ya., Prakhov V. A. Results of selection and fatty acid composition of flax oil // International agricultural journal. 2015. No. 6. P. 23–27.
3. Brazhnikov V. N., Brazhnikova O. F. Results of cultivation of flax // Materials of Scientific-Practical Conference “Scientific and practical aspects of technologies of cultivation and processing of oilseeds”. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University, 2013. P. 50–53.
4. Sklyarov S. V. Fatty acid profile and oil oxidizing stability of low-linolenic oil flax // Oil Crops. Scientific and technical bulletin of All-Russia Research Institute of Oil Crops. 2012. No. 2 (151–152). P. 91–95.
5. Maslinskaia M. E., Andronik E. L., Ivanova E. V. Estimation of selection variety samples of oilseed flax according to the duration of the main phases of vegetation and fatty acid content of oil // Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. 2016. No. 4. P. 66–72.
6. Nosevich M. A., Ayissotode Y. Z., Roshchin V. I., Vedernikov D. N. Quality assessment of oil and fiber flax depending on genetic characteristics and the conditions for its growth // Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University. 2017. No. 1(46). P. 15–20.
7. Galkin F. M., Khatnyanskiy V. I., Tishkov N. M., Piven T. V., Shaforostov V. D. Oilseed flax: breeding, seed production, cultivation and harvesting technology. Krasnodar: Russian Academy of Agricultural Sciences, State Scientific Institution All-Russia Research Institute of Oil Crops named after V. S. Pustovoit (VNIIMK), 2008. 191 p.
8. Guidelines for the study of the world collection of oilseeds // ed. by Davidyan G. G. Leningrad: VIR, 1976. 21 p.
9. Methods of State variety testing of agricultural crops // ed. by Fedin M. A. Moscow: Selkhozizdat, 1983. 183 p.
10. Pavlova L. N., Aleksandrova T. A., Marchenkov A. N., Rozhmina T. A., Loshakova N. I., Kudryavtseva L. P., Krylova T. V., Gerasimova E. G. Methodical instructions on flax selection. Moscow: Rosselkhozakademia, 2004. 43 p.
11. Guidance on food quality and safety analysis methods // ed. by Skurikhin I. M., Tutelyan V. A. Moscow: “Bradens-Medicine”, 1998. P. 84–93.
12. GOST R 51483-99. Vegetable oils and animal fats. Determination by gas chromatography of constituent contents of methyl esters of total fatty acid content. Moscow: Publishing and printing center Izdatelstvo standartov, 2000. 7 p.
13. Raushkovskiy S. S. Research methods in breeding oilseeds on the oil content. Moscow: Pishchepromizdat, 1959. 46 p.
14. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results) Moscow: “Kniga po trebovaniyu”, 2012. 352 p.

UDC 633.854.54:631.526.32:001.53

Brazhnikov V. N., Brazhnikova O. F., Brazhnikov, D. V.

### **INFLUENCE OF AGROCLIMATIC CONDITIONS ON YIELD AND FATTY ACID COMPOSITION OF OIL FLAX**

**Summary.** *The biological value of linseed oil ranks first among other edible vegetable oils. The purpose of the research was to study the influence of hydrothermal conditions on the yield, content and fatty acid composition of the linseed oil extracted from the seeds of oilseed flax ‘Istok’, as well as to analyze the correlation between the biochemical composition of oil and the duration of the growing season and the main phases of organogenesis. This crop is one of the most valuable agricultural plants. Different ratio of fatty acids allows using this oil both for technical and food purposes. The research work was carried out in the Penza Research Institute of Agriculture from 2013 to 2017. The object of study – variety ‘Istok’ with changed FAC (fatty acid composition). The “Methodology of state variety testing of agricultural crops” was used in the research. Identification and determination of the content of high-molecular fatty acids were performed by standard methods of gas-liquid chromatography (GLC) on the “Crystal 5000.1” chromatograph. The correlation coefficients between yield, oil content of seeds, crude protein content and hydrothermal conditions in separate interphase periods of flax growth and development, as*

well as the structure of the growing season, varied within  $r = -0.92-0.87$ . A strong inverse correlation was found between oil and protein content ( $r = -0.95$ ). Fatty acids, the content of which slightly changed depending on weather conditions, were determined. They are linoleic – 68.696 % ( $C_V = 1.8$  %), myristic – 0.043 % ( $C_V = 2.68$  %), palmitic – 5.862 % ( $C_V = 4.9$  %), heptadecanoic or margaric – 0.066 % ( $C_V = 7.8$  %) and margaric-oleic acid – 0.042 % ( $C_V = 9.1$  %). The dependence of the content of fatty acids both among themselves ( $r = -0.78-0.94$ ) and their conjugation with hydrothermal conditions ( $r = -0.95-0.87$ ) was established. The hydrothermal conditions of germination-ripening and flowering-ripening periods (amount of precipitation and HTC) had the greatest influence on the content of the fatty acid composition. The required FAC of oil was obtained in all years of research. The greatest influence on the content of basic fatty acids had both the hydrothermal conditions of the vegetation period (amount of precipitation, HTC) in general and some interphase periods such as budding-flowering (average temperature, sum of active temperatures) and flowering-ripening (amount of precipitation, HTC) in particular. The established dependencies should be taken into account in breeding work aimed at creating new varieties of oil flax, as well as in production for predicting not only yield but oil content of seeds and FAC.

**Keywords:** oil flax (*Linum usitatissimum* L.), variety 'Istok', yield, oil content, correlation, fatty acid composition of oil, Selyaninov hydrothermal coefficient (HTC).

Бразнников Владимир Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела масличных культур, ФГБНУ «Пензенский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»; 442731, Россия, Пензенская область, п. Лунино, ул. Мичурина, 1б; e-mail: brazhnikov\_brazhnikov-5@mail.ru.

Бразникова Ольга Федоровна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела масличных культур, ФГБНУ «Пензенский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»; 442731, Россия, Пензенская область, п. Лунино, ул. Мичурина, 1б; e-mail: brazhnikov\_brazhnikov-5@mail.ru.

Бразнников Дмитрий Владимирович, аспирант ФГБОУ ВО «Пензенский аграрный университет»; 440014, Россия, Пензенская область, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30; e-mail: brazhnikov\_brazhnikov-5@mail.ru.

Brazhnikov Vladimir Nikolaevich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the Department of oilseeds, FSBSI "Penza Research Institute of Agriculture"; 1B, Michurina str., vill. Lunino, Penza region, 442731, Russia; e-mail: brazhnikov\_brazhnikov-5@mail.ru.

Brazhnikova Olga Fedorovna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher of the Department of oilseeds, FSBSI "Penza Research Institute of Agriculture"; 1B, Michurina str., vill. Lunino, Penza region, 442731, Russia; e-mail: brazhnikov\_brazhnikov-5@mail.ru.

Brazhnikov Dmitry Vladimirovich, postgraduate student, FSBEI of Higher Education "Penza Agrarian University"; 30, Botanicheskaya str., Penza, Penza region, 440014, Russia; e-mail: brazhnikov\_brazhnikov-5@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 06.08.2019.

Дата принятия к печати – 12.11.2019.

DOI 10.33952/2542-0720-2019-4-20-16-27

УДК 632.51/632.4 (477.75)

Гасич Е. Л.<sup>1</sup>, Берестецкий А. О.<sup>1</sup>, Дидович С. В.<sup>2</sup>

## МАТЕРИАЛЫ К МИКОБИОТЕ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ КРЫМА

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

<sup>2</sup> ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

**Реферат.** Фитопатогенные грибы можно использовать для биологического метода контроля сорных растений. Проведение микофлористических исследований – первый этап данного метода, который позволяет выявить перспективные микромицеты для дальнейшего изучения. Изучению микобиоты Крыма уделяли большое внимание, но специальные исследования, посвященные микобиоте сорных растений, не проводили. Цель исследований – определение видового состава фитопатогенных грибов на сорных растениях, собранных в трех климатических зонах Республики Крым, выделение штаммов, перспективных для биологического метода борьбы с сорной растительностью, пополнение УНУ ФГБНУ ВИЗР «Государственная коллекция микроорганизмов, патогенных для растений и их вредителей». Сбор пораженных грибами сорных растений осуществляли в мае 2019 г. в сеgetальных и рудеральных местообитаниях в степной (Красногвардейский район), предгорной (г. Симферополь, Симферопольский, Бахчисарайский и Белогорский районы) и южнобережной (г. Ялта, с. Щebetовка, с. Насыпное, городской округ г. Феодосия) зонах Крыма. Образцы загербаризированы и помещены на хранение в микологический гербарий (LEP) лаборатории микологии и фитопатологии ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений». Выделение микромицетов в чистую культуру и хранение чистых культур осуществляли по общепринятым методикам. Идентифицировано 27 видов грибов из 13 родов двух отделов, а также шесть видов грибоподобных организмов из четырех родов царства Chromista. Микромицеты и грибоподобные организмы зарегистрированы на 27 родах сорных растений из 16 семейств. Мучнистая роса осота полевого и эгилопса цилиндрического, ржавчина резака обыкновенного и эгилопса цилиндрического, листовые пятнистости вьюнка полевого и бодяка полевого обнаружены в большинстве обследованных местообитаний, где произрастали их растения-хозяева. Из пораженных органов сорных растений выделено 14 изолятов микромицетов, которые включены в УНУ ФГБНУ ВИЗР «Государственная коллекция микроорганизмов, патогенных для растений и их вредителей». На основе данных литературы среди выявленных микромицетов в качестве перспективных для биоконтроля сорных растений можно рассматривать следующие виды: *Phaeoseptoria longispora*, *Septoria convolvuli*, *Stagonospora calystegiae* – для вьюнка полевого, *Septoria cirsii* – для бодяка полевого, *Alternaria sonchi* – для видов осота, *Fusarium oxysporum* – для амброзии полыннолистной.

**Ключевые слова:** фитопатогенные грибы, биологический метод контроля сорняков, *Convolvulus arvensis*, *Cirsium arvense*, *Sonchus arvensis*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Septoria*, *Stagonospora*, *Alternaria sonchi*, *Fusarium oxysporum*.

### Введение

Основные методы контроля сорных растений – агротехнический и химический. Проблема пестицидных остатков в почве и грунтовых водах, повышение внимания к охране окружающей среды и качеству продуктов питания актуализируют поиск экологических методов контроля за распространением сорных растений. В качестве альтернативы химическим гербицидам для контроля сорняков

можно применять препараты на основе фитопатогенных грибов [1–3]. Первый этап разработки биологического метода борьбы с сорняками при помощи грибов – микофлористическое исследование.

Изучению грибов Крымского полуострова уделяли определенное внимание, особенно фитопатогенным микромицетам – возбудителям заболеваний культурных растений. Первые сведения о микобиоте Крыма датируют второй половиной XIX в.; подробный обзор фитопатологических и микологических исследований, проведенных на Крымском полуострове до 50-х гг. XX века, приведен в статье С. А. Гуцевич [4]. Также она опубликовала серию работ по грибам Крыма, наиболее крупной из которых является монография «Ржавчинные грибы Крыма» [5]. Довольно интенсивные исследования микобиоты Крыма проводили сотрудники Института ботаники имени Н. Г. Холодного НАН Украины, в том числе посвященные мучнисторосяным грибам [6], грибоподобным организмам из порядков *Peronosporales* и *Albuginales* [7, 8] и другим фитопатогенным грибам [9, 10]. Материалы по Крыму обобщены в монографиях [11–14] и приведены на электронном ресурсе «Грибы Украины» [15]. В последнее время сотрудники ФГАОУ ВО «Таврический национальный университет имени В. И. Вернадского» опубликовали несколько списков фитопатогенных грибов из различных регионов Крыма [16–18].

В работах вышеприведенных авторов, наряду с микромицетами, выявленными на культурных и дикорастущих растениях, можно встретить сведения о микромицетах, вызывающих заболевания сорных растений. Специальных исследований, посвященных микобиоте сорных растений, ранее не проводили.

**Цель исследований** – определение видового состава фитопатогенных грибов на сорных растениях, собранных в трех климатических зонах Республики Крым, выделение штаммов перспективных для биологического метода борьбы с сорной растительностью, пополнение УНУ ФГБНУ ВИЗР «Государственная коллекция микроорганизмов, патогенных для растений и их вредителей».

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

Сбор пораженных грибами сорных растений осуществляли в мае 2019 г. в сеgetальных и рудеральных местообитаниях в трех географических зонах Республики Крым: степной (Красногвардейский район), предгорной (г. Симферополь, Симферопольский, Бахчисарайский и Белогорский районы), где сосредоточены основные площади посевов сельскохозяйственных культур, и южнобережной (г. Ялта, ГБУ РК «Ордена трудового красного знамени Никитский ботанический сад – национальный научный центр»; с. Щебетовка, с. Насыпное, городской округ г. Феодосия), где выращивают виноград и другие многолетники. Климат данных зон разнообразен: степной континентальный – жаркий и засушливый в степной зоне; более влажный, характерный для широколиственных лесов – в горной зоне; субсредиземноморский климат сухих лесов и кустарниковых зарослей – в южнобережной зоне. По данным ФГБУ «Крымское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» [19] апрель 2019 г. был умеренно-теплым во всех зонах благодаря влиянию средиземноморских воздушных масс и воздуха умеренных широт. Средняя за месяц температура воздуха составила 10 °С (норма), осадков выпало 34 мм (110 % нормы). Три декады мая в Крыму были теплыми и умеренно-влажными. Средняя температура воздуха составила 17,5 °С, что на 2,0 °С выше нормы, осадков выпало 27,7 мм (71 % нормы). В целом данный климатический режим способствовал росту, развитию сорных растений и формированию их микобиоты.

Образцы сорных растений загербаризированы и помещены на хранение в микологический гербарий лаборатории микологии и фитопатологии ФГБНУ

«Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ЛЕР). Выделение микромицетов в чистую культуру и хранение чистых культур микромицетов осуществляли по общепринятым методикам [20]. Латинские названия грибов и их авторы приведены в соответствии с базой данных Index Fungorum [21]. Латинские названия питающих растений указаны по С. К. Черепанову [22]. Развитие болезни определяли глазомерно, как степень поражения растений в обследованном местообитании (низкая – до 10 %, средняя – 10–50 %, высокая – >50 %).

### Результаты и их обсуждение

Идентифицировано 27 видов грибов из 13 родов, семи семейств, шести порядков, двух отделов, а также шесть видов грибоподобных организмов из четырех родов, двух семейств, двух порядков царства Chromista. Микромицеты и грибоподобные организмы зарегистрированы на сорных растениях 27 родов из 16 семейств.

В таблице приведен аннотированный список выявленных видов микромицетов и грибоподобных организмов с указанием вида микроорганизма, питающего растения, места сбора образца (населенный пункт, GPS координаты точки отбора в радиусе 5–10 м, номер в Микологическом гербарии лаборатории микологии и фитопатологии ФГБНУ ВИЗР (ЛЕР)). В большинстве случаев фитопатогенные организмы обнаружены на живых листьях растений (исключение *Fusarium oxysporum* Schltdl. LEP 106301, выделенный из корня).

**Таблица – Аннотированный список выявленных видов микромицетов и грибоподобных организмов**

Систематическая принадлежность микроорганизма	Питающее растение	Климатическая зона */ Место сбора образца / GPS точка	Номер в ЛЕР
1	2	3	4
Царство Chromista Порядок Peronosporales Семейство Peronosporaceae			
<i>Bremia lactucae</i> Regel	<i>Crepis</i> sp.	ПГ / окрестности г. Симферополь / N 45°2'22', E 34°2.7'5'	106114
<i>Peronospora arborescens</i> (Berk.) de Bary	<i>Papaver rhoeas</i> L.	ПГ / заброшенное поле, с. Красная Зорька / N 45°7.675', E 34°2.211'	106072
<i>Peronospora farinosa</i> (Fr.) Fr.	<i>Chenopodium album</i> L.	ПГ / заброшенный персиковый сад, Симферопольский район / N 45°9.313', E 34°3.1'0'	106073
		ЮБЗ / окрестности с. Щебетовка / N 44°92.595'; E 35°17.39'0'	106074
		СЗ / агроценоз, с. Клепинино / N 45°32'82', E 34°1'722'	106075
<i>Peronospora sisymbrii-officinalis</i> Gäum.	<i>Sisymbrium</i> sp.	ПГ / окраина г. Симферополь / N 45°2.'22', E 34°2.7'5'	106124
Порядок Albuginales Семейство Albuginaceae			
<i>Albugo candida</i> (Pers. ex J.F. Gmel.) Roussel	<i>Rapistrum rugosum</i> (L.) All.	ПГ / заброшенное поле, с. Крымская роза / N 45°6.235', E 34°35.663'	106090
<i>Pustula tragopogonis</i> (Pers.) Thines	<i>Senecio</i> sp.	ПГ / окрестности с. Насыпное / N 45°3.827', E 35°28.'87'	106082
Царство Fungi Отдел Ascomycota Порядок Erysiphales Семейство Erysiphaceae			
Анаморфная стадия мучнисторосяного гриба	<i>Sonchus arvensis</i> L.	ЮБЗ / г. Ялта, НБС–НЦН / N 44°51.18', E 34°23.1'0'	106121



Продолжение таблицы

1	2	3	4
		ПГ / заброшенное поле, с. Крымская роза / N 45°6.533', E 34°35.592'	106070
		ПГ / заброшенное поле, с. Красная Зорька / N 45°7.675', E 34°2.211'	106061
		ПГ / окрестности г. Симферополь / N 44°98.264', E 34°8.417'	106083
		ПГ / окрестности г. Симферополь / N 45°2.°22', E 34°2.7°5'	106111 106112
		ПГ / заброшенное поле, с. Крымская роза / N 45°6.235', E 34°35.663'	106092
	<i>Lactuca sp.</i>	ПГ / окрестности г. Симферополь / N 45°2.°22', E 34°2.7°5'	106113
<i>Blumeria graminis</i> (DC.) Speer	<i>Bromopsis sp.</i>	ПГ / заброшенное поле, с. Крымская роза / N 45°6.533', E 34°35.592'	106079
	<i>Aegilops cylindrica</i> Host.	ЮБЗ / Ялта, НБС—НЦН / N 44°51.18°, E 34°23.1°'	106119
		СЗ / агроценоз, с. Клепинино / N 45°32.°82', E 34°1°722'	106100
		ЮБЗ / окрестности с. Щебетовка / N 44°92.595'; E 35°17.39°'	106095
	<i>Hordeum leporinum</i> Link	ПГ / с. Солнечная долина со стороны г. Парсул-Кая / N 44°89.52°, E 35°9.868'	106131
<i>Golovinomyces cynoglossi</i> (Wallr.) V. P. Heluta	<i>Nonnea pulla</i> (L.) DC.	СЗ / агроценоз, с. Клепинино / N 45°3°845', E 34°9.652'	106099
<i>Neovrysiptera galeopsidis</i> (DC.) U. Braun	<i>Lamium spp.</i>	ПГ / окрестности г. Симферополь / N 44°98.264', E 34°8.417'	106108
		ЮБЗ / окрестности п. Коктебель / N 44°97.°3°, E 35°25.741'	106128
		ПГ / окрестности г. Бахчисарай / N 44°75.591', E 33°83.337'	106068
		ПГ / заброшенное поле, с. Крымская роза / N 45°6.235', E 34°35.663'	106076
	растение семейства Lamiaceae	ПГ / окрестности г. Симферополь / N 44°98.264', E 34°8.417'	106110
<i>Neovrysiptera galii</i> (S. Blumer) U. Braun	<i>Galium aparine</i> L.	ПГ / окрестности г. Симферополь / N 44°98.264', E 34°8.417'	106062
<i>Podosphaera aphanis</i> (Wallr.) U. Braun & S. Takam	<i>Geum urbanum</i> L.	ПГ / заброшенное поле, с. Крымская роза / N 45°6.236', E 34°35.664'	106077
Порядок Taphrinales Семейство Taphrinaceae			
<i>Protomyces macrosporus</i> Unger	растение семейства Ариaceae	ПГ / окрестности г. Симферополь / N 44°98.264', E 34°8.417'	106109
		ПГ / окрестности г. Бахчисарай / N 44°75.591', E 33°83.337'	106065
Порядок Pleosporales Семейство Pleosporaceae			
<i>Alternaria sonchi</i> Davis	<i>Sonchus arvensis</i> L.	ПГ / заброшенное поле, с. Крымская роза / N 45°6.235', E 34°35.663'	106078 106081
Семейство Phaeosphaeriaceae			
<i>Phaeoseptoria longispora</i> (Bondartsev) Vasyag.	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	ПГ / окрестности г. Симферополь / N 45°2.°22', E 34°2.7°5'	106126 (9.383)
		ПГ / агроценоз с. Опытное / N 45°2.69', E 34°89.788'	106088 (9.386)



Продолжение таблицы

1	2	3	4
<i>Phaeoseptoria longispora</i> (Bondartsev) Vasyag.	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	ПГ / агроценоз, Белогорский район / N 45°4'86', E34°56.19°'	106101 (9.379)
		ПГ / заброшенное поле, с. Крымская роза / N 45°6.235', E 34°35.663'	106071 (9.384)
<i>Stagonospora calystegiae</i> (Westend.) Bubák	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	СЗ / агроценоз, с. Клепинино / N 45°32.465', E34°12.3°2'	106117 (9.387)
		ПГ / заброшенное поле, с. Крымская роза / N 45°6.235', E 34 °35.663'	106084 (9.382)
Порядок Capnodiales Семейство Mucosphaerellaceae			
<i>Ramularia chaerophylli</i> Ferraris	<i>Anthriscus</i> sp.	ПГ / окрестности г. Бахчисарай / N 44°75.591', E33°83.337'	106059
<i>Ramularia cynarae</i> Sacc.	<i>Cirsium arvense</i> L.	ПГ / окрестности г. Симферополь / N 45°2.°22', E 34°2.7°5'	106130
		СЗ / агроценоз рядом с Государственным природным заказником «Участок степи у с. Клепинино» / N 45°32.43°', E 34°11.95°'	106118
	<i>Cirsium</i> sp.	ПГ / окрестности г. Симферополь / N 45°2.°22', E34°2.7°5'	106127
		ПГ / заброшенное поле, с. Красная Зорька / N 45°7.675', E34°2.211'	106106
<i>Ramularia inaequalis</i> (Preuss) U. Braun	<i>Taraxacum officinale</i> (L.) Webb ex F. H. Wigg.	ПГ / окрестности г. Бахчисарай / N 44°75.591', E 33°83.337'	106063
<i>Ramularia lamii</i> Fuckel	Растение семейства Lamiaceae	ПГ / окрестности г. Бахчисарай / N 44°75.591', E 33°83.337'	106066
<i>Ramularia lapsanae</i> (Desm.) Sacc.	<i>Lapsana intermedia</i> M. Bieb.	ПГ / окрестности г. Бахчисарай / N 44°75.591', E 33°83.337'	106069
<i>Ramularia rubella</i> (Bonord.) Nannf.	<i>Rumex confertus</i> Willd.	ЮБЗ / окрестности с. Щебетовка / N 44°92.595'; E 35°17.39°'	106095
	<i>Rumex crispus</i> L.	ЮБЗ / Ялта, НБС—НЦН / N44°51.18°', E34°23.1°'	106105
<i>Ramularia variabilis</i> Fuckel	<i>Verbascum</i> sp.	СЗ / агроценоз, с. Клепинино / N45°32.°82', E34°1°722'	106116
<i>Septoria cirsii</i> Niessl	<i>Cirsium arvense</i> L.	СЗ / агроценоз, с. Клепинино / N45°32.°82', E 34°1°722'	106089 (9.388)
		ПГ / окрестности г. Симферополь / N45°2.°22', E34°2.7°5'	106130
		ПГ / окрестности г. Симферополь / N 44°98.264', E 34°8.417	106085 (9.378)
<i>Septoria convolvuli</i> Desm.	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	ЮБЗ / Ялта, НБС—НЦН / N 44°51.18°', E34°23.1°'	106125 (9.377)
		ПГ / заброшенный персиковый сад, Симферопольский район / N 45°9.313', E 34°3.1°', совместно с <i>Phaeoseptoria longispora</i> Shear.	106060 (9.389)
		СЗ / агроценоз, с. Клепинино / N 45°32.465', E34°12.3°2', совместно с <i>P. longispora</i> Shear.	106102 (9.385)
		ПГ / окрестности г. Симферополь / N 45°2.°22', E34°2.7°5' / N 44°98.264', E34°8.417	106126 / 106107 (9.380)
<i>Septoria melandrii-albi</i> Bäumler	<i>Melandrium album</i> Mill.	ЮБЗ / окрестности с. Щебетовка / N 44°92.595'; E 35°17.39°'	106094 (9.381)

Продолжение таблицы

1	2	3	4
Порядок Hymenocerales Семейство Nectriaceae			
<i>Fusarium oxysporum</i> Schltdl.	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	ПГ / окрестности г. Симферополь / N 45°2.1'8", E 34°2.8'5"	106301 (4.65)
Отдел Basidiomycota Порядок Pucciniales Семейство Pucciniaceae			
<i>Puccinia chaerophylli</i> Purton	<i>Anthriscus</i> sp. (II)	ПГ / окрестности г. Бахчисарай / N 44°75.591', E 33°83.337'	106059
<i>Puccinia falcariae</i> Fuckel	<i>Falcaria vulgaris</i> Bernh. (0, I)	ПГ / окраина п. Гвардейское / N 45°13.217', E 34°36.7'	106122
		ПГ / окрестности с. Насыпное / N 45°3.827', E 35°28.°87'	106098
		СЗ / агроценоз, с. Клепинино / N 45°31.987', E 34°12.862'	106103
		СЗ / Государственный природный заказник «Участок степи у с. Клепинино» / N 45°32.43°, E 34°11.95°'	106104
<i>Puccinia lapsanae</i> Fuckel	<i>Lapsana intermedia</i> M. Bieb. (II, III)	ПГ / окрестности г. Бахчисарай / N 44°75.591', E 33°83.337'	106069
<i>Puccinia malvacearum</i> Bertero ex Mont.	<i>Malva sylvestris</i> L. (III)	ПГ / окрестности г. Бахчисарай / N 44°75.591', E 33°83.337'	106067
	<i>Malva</i> sp. (III)	ПГ / окрестности с. Насыпное / N 45°3.827', E 35°28.°87'	106087
<i>Puccinia recondita</i> Roberge ex Desm.	<i>Aegilops cylindrica</i> L. (II, III)	ПГ / окраина г. Симферополя / N 45°2.°22', E 34°2.7°5'	106123
		ПГ / заброшенный персиковый сад, Симферопольский район / N 45°9.313', E 34°3.1°0°'	106056
		ПГ / заброшенное поле, с. Красная Зорька / N 45°7.675', E 34°2.211'	106058
		ПГ / окрестности с. Насыпное / N 45°3.827', E 35°28.°87'	106064
		ПГ / заброшенное поле, с. Крымская роза / N 45°6.235', E 34°35.663'	106080 106091
		ЮБЗ / окрестности с. Щебетовка / N 44°92.595'; E 35°17.39°'	106095
		СЗ / агроценоз, с. Клепинино / N 45°32.465', E 34°12.3°2'	106100
	СЗ / агроценоз рядом с Государственным природным заказником «Участок степи у с. Клепинино» / N 45°32.43°, E 34°11.95°'	106115	
	<i>Bromopsis</i> sp. (II)	ПГ / заброшенное поле, с. Красная Зорька / N 45°7.675', E 34°2.211'	106057
<i>Puccinia suaveolens</i> (Pers.) Rost.	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop. (0)	ПГ / заброшенное поле, с. Крымская роза / N 45°2.915', E 34°21.32°'	106086
<i>Uromyces trifolii-repentis</i> Liro	<i>Trifolium</i> sp. (0, I)	ПГ / окраина п. Гвардейское / N 45°13.217', E 34°36.7'	106120

Примечание. \* – СЗ – степная, ПЗ – предгорная и ЮБЗ – южнобережная зоны Крыма.

Грибоподобные организмы представлены двумя семействами (Peronosporaceae и Albuginaceae) отдела Oomycota и составили 18,2 % от общего числа выявленных видов. Семейство Peronosporaceae (12,1 %) включало возбудителей ложной мучнистой росы скерды, мака самосейки, мари белой, гулявника. Из представителей семейства Albuginaceae (6,1 %) выявлены возбудители белой ржавчины репника морщинистого и крестовника. Как ложная мучнистая роса, так и белая ржавчина на указанных видах растений имели слабое развитие (<10 %).

На отдел Ascomycota приходилось 60,6 % от общего числа выявленных видов. Аскомицеты включали пять порядков: Erysiphales (15,2 %), Taphrinales (3,0 %), Pleosporales (9,1 %), Capnodiales (30,3 %) и Nurocreales (3,0 %) с одним семейством в каждом (кроме порядка Pleosporales). Грибы семейства Erysiphaceae зарегистрированы на видах осота, яснотки, ноннее темно-бурой, подмареннике цепком, гравилате городском, эгилопсе цилиндрическом, ячмене заячем, костреце и латуке. Мучнисторосяные заболевания имели большей частью слабое развитие (<10 %), на осоте полевом и эгилопсе цилиндрическом – среднее (10–50 %). Семейство Taphrinaceae включало один вид *Protomyces macrosporus*, вызывающий развитие галлов на листьях растений семейства Apiaceae. Представители порядков Pleosporales (семейства Pleosporaceae и Phaeosphaeriaceae) и Capnodiales (семейство Mucosphaerellaceae) – возбудители листовых пятнистостей, зарегистрированы на видах осота, щавеля, коровяке, купыре, костреце, дреме белой, бородавнике обыкновенном, одуванчике лекарственном, бодяке полевом, вьюнке полевом. В большинстве обследованных местообитаний, где произрастали растения вьюнка полевого и бодяка полевого, отмечено их поражение листовыми пятнистостями. На вьюнке полевом выявлено три возбудителя листовых пятнистостей: *Septoria convolvuli*, *Phaeoseptoria longispora* и *Stagonospora calystegiae*. На бодяке полевом листовые пятнистости вызывали виды *Ramularia cynarae* и *Septoria cirsii*. В окрестностях Симферополя обнаружены очаги растений амброзии полыннолистной с симптомами увядания, при посеве корней таких растений на питательную среду был выделен *Fusarium oxysporum* (порядок Nurocreales, семейство Nectriaceae).

Базидиомицеты, включающие 21,2 % видов, были представлены одним семейством Pucciniaceae. Виды этого семейства зарегистрированы как возбудители ржавчины купыря, клевера, костреца, резака обыкновенного, бодяка полевого, бородавника обыкновенного, эгилопса цилиндрического. По обочинам дорог и полей можно было встретить растения резака обыкновенного с системным поражением ржавчиной (возбудитель *Puccinia falcariae*), их листья почти полностью были покрыты эциями гриба и многочисленными спермогониями. В большинстве обследованных местообитаний растения эгилопса цилиндрического были в сильной степени (>50 %) поражены бурой ржавчиной (возбудитель – *P. recondita*). Отмечены сильно пораженные ржавчиной (возбудитель – *P. suaveolens*) единичные растения бодяка полевого с многочисленными спермогониями на листьях.

Создана коллекция чистых культур микромицетов, выделенных из сорных растений, включающая 14 изолятов. Из пораженных пятнистостями листьев вьюнка полевого выделены *Phaeoseptoria longispora* (четыре изолята), *Stagonospora calystegiae* (два изолята), *Septoria convolvuli* (четыре изолята), из листьев дремы белой – *S. melandrii-albi* (один изолят), из листьев бодяка полевого – *S. cirsii* (два изолята), из корней амброзии полыннолистной – *Fusarium oxysporum* (один изолят). Изоляты включены в УНУ ФГБНУ ВИЗР «Государственная коллекция микроорганизмов, патогенных для растений и их вредителей» и хранятся при 5 °С в

пробирках на скошенном картофельно-сахарозном агаре. Коллекционный номер изолята указан в списке видов в скобках после номера гербарного образца LEP, из которого он выделен.

Анализ литературных данных показал, что виды *Septoria* имеют микогербицидный потенциал для контроля ряда сорных растений: страстоцвета трехчастного и лантаны сводчатой на Гавайях [22, 23], горца [24], бодяка полевого [25, 26], вьюнка полевого [27, 28]. Запатентован штамм *Alternaria sonchi*, обладающий микогербицидной активностью против осота полевого [29]. Выявлен гербицидный потенциал специализированных изолятов *Fusarium oxysporum* в отношении видов заразики и стриги [30–32]. Учитывая эти данные, дальнейшего изучения, как возможные агенты биоконтроля сорняков на территории Крыма, заслуживают зарегистрированные нами на вьюнке полевого, бодяке полевого и осоте полевого возбудители листовых пятнистостей (*Phaeoseptoria longispora*, *Septoria cirsii*, *S. convolvuli*, *Stagonospora calystegiae*, *Alternaria sonchi*). *F. oxysporum* вызывает увядание и корневые гнили растений различных семейств, однако существование внутри вида форм, приуроченных к определенным родам растений, определяет исследование возможности применения выделенного нами изолята для контроля амброзии полыннолистной.

### Выводы

На образцах сорных растений, собранных во второй половине мая 2019 г. в трех климатических зонах Крыма, идентифицировано 27 видов грибов из 13 родов, семи семейств, шести порядков, двух отделов, а также шесть видов грибоподобных организмов из четырех родов, двух семейств, двух порядков царства Chromista. Микробиоты и грибоподобные организмы зарегистрированы на 27 родах сорных растений из 16 семейств.

Произведено пополнение УНУ ФГБНУ ВИЗР «Государственная коллекция микроорганизмов, патогенных для растений и их вредителей» крымскими изолятами чистых культур микробиот (14 изолятов), выделенных из дремы белой (*Septoria melandrii-albi*), бодяка полевого (*S. cirsii*), вьюнка полевого (*S. convolvuli*, *Phaeoseptoria longispora*, *Stagonospora calystegiae*), амброзии полыннолистной (*F. oxysporum*).

В соответствии с данными литературы, среди выявленных микробиот в качестве перспективных для биоконтроля сорных растений можно рассматривать следующие виды: *Phaeoseptoria longispora*, *Septoria convolvuli*, *Stagonospora calystegiae* – для вьюнка полевого, *Septoria cirsii* – для бодяка полевого, *Alternaria sonchi* – для видов осота, *Fusarium oxysporum* – для амброзии полыннолистной.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-016-00184 «А».*

### Литература

1. Берестецкий А. О. Проблемы и достижения в области биологической борьбы с сорными растениями при помощи фитопатогенных грибов // Микология и фитопатология. 2004. Т. 38. Вып. 5. С. 1–14.
2. Берестецкий А. О. Перспективы разработки биологических и биорациональных гербицидов // Вестник защиты растений. 2017. № 1 (91). С. 5–12.
3. Bailey K. L. The bioherbicide approach to weed control using plant pathogens // Integrated Pest Management: Current Concepts and Ecological Perspective. 2014. Vol. 13. P. 245–266.
4. Гуцевич С. А. История изучения флоры грибов Крыма // Вестник Ленинградского университета. Серия «Биология». 1959. Т. 15. Вып. 3. С. 56–65.
5. Гуцевич С. А. Обзор ржавчинных грибов Крыма. Л.: Издательство ЛГУ, 1952. 172 с.
6. Гелюта В. П. Борошнисторосяні гриби Кримського Лесостепу // Український ботанічний журнал. 2002. Т. 59. № 1. С. 33–36.
7. Дудка И. А. Пероноспоровые грибы (семейство Peronosporaceae) степного Крыма // Микология и фитопатология. 2000. Т. 34. № 6. С. 10–18.

8. Дудка И. А., Бурдюкова Л. И. Альбуговые грибы (семейство Albuginaceae) Крыма // Микология и фитопатология. 2002. Т. 36. № 5. С. 30–36.
9. Андрианова Т. В. Грибы рода *Septoria* Sacc. s. l. Крымского півострова // Український ботанічний журнал. 1993. Т. 50. № 5. С. 61–70.
10. Гелюта В. П., Андрианова Т. В. Фітопатогенні філофільні та гербофільні гриби Карадазького державного заповідника // Український ботанічний журнал. 1984. Т. 41. № 4. С. 33–37.
11. Гелюта В. П., Тихоненко Ю. Я., Бурдюкова Л. И., Дудка И. А. Паразитные грибы степной зоны Украины. Киев: Наукова думка, 1987. 279 с.
12. Дудка И. А., Бурдюкова Л. И. Флора грибов Украины. Фитофторовые и альбуговые грибы. Киев: Наукова Думка, 1996. 207 с.
13. Дудка И. О., Гелюта В. П., Тихоненко Ю. Я., Андрианова Т. В., Гайова В. П., Придюк М. П., Джаган В. В., Ісіков В. П. Грибы природных зон Крыма. Київ: Фітосоціоцентр, 2004. 451 с.
14. Fungi of Ukraine. A Preliminary Check list // ed. by Minter D. W., Dudka I. O. Egham, Surrey: CAB International, 1996. 361 p.
15. Андрианова Т. В., Гаевая В. П., Гелюта В. П., Дудка И. А., Исиков В. П., Кондратюк С. Я., Кривомаз Т. И., Кузуб В. В., Минтер Д. В., Минтер Т. Дж., Придюк Н. П., Тихоненко Ю. Я. Грибы Украины. 2006. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.cebertruffle.org.uk/ukrafung/rus](http://www.cebertruffle.org.uk/ukrafung/rus) (дата обращения 03.06.2019).
16. Просяникова И. Б., Дзюненко Е. А., Билялова З. Н. Фитотрофные облигатно-паразитические грибы окрестностей пгт. Гвардейское Симферопольского района // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». 2009. Т. 22 (61). № 3. С. 101–110.
17. Просяникова И. Б., Горковенко А. А. Фитотрофные облигатно-паразитические грибы урочища Таш-Джарган Симферопольского района (Республика Крым) // Бюллетень Брянского отделения РБО. 2015. № 1 (5). С. 8–13.
18. Просяникова И. Б., Пирогова С. А., Кравчук Е. А. Фитотрофные паразитические микромицеты регионального памятника природы «Гора-останец Шелудивая» Бахчисарайского района (Республика Крым) // Экосистемы. 2017. № 9. С. 12–19.
19. Месячные обзоры погоды. ФГБУ «Крымское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», 2019. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://meteo.crimea.ru/?page\\_id=3220](http://meteo.crimea.ru/?page_id=3220) (дата обращения 25.11.2019).
20. Наумов Н. А. Методы микологических и фитопатологических исследований. Л.: Сельхозгиз, 1937. 272 с.
21. Indexfungorum. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.indexfungorum.org/names/names.asp> (дата обращения 03.06.2019).
22. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья-95, 1995. 992 с.
23. Norman D. J., Trujillo E. E. Development of *Colletotrichum gloeosporioides* f sp. *clidemiae* and *Septoria passiflorae* into two mycoherbicides with extended viability // Plant Disease. 1995. Vol. 79. P. 1029–1032.
24. Trujillo E. E., Norman D. J. *Septoria* leaf spot of lantana from Ecuador: a potential biological control for bush lantana in forests of Hawaii // Plant Disease. 1995. Vol. 79. P. 819–821.
25. Mitchell J. K. Development of a submerged-liquid sporulation medium for the potential smartweed bioherbicide *Septoria polygonorum* // Biological Control. 2003. Vol. 27. P. 293–299.
26. Hershenvorn J., Vurro M., Zonno M. C., Stierle A., Strobel G. *Septoria cirsii*, a potential biocontrol agent of Canada thistle and its phytotoxin –  $\beta$ -nitropropionic acid // Plant Science. 1993. Vol. 94. Iss. 1-2. P. 227–234.
27. Берестецкий А. О. Патогенные микромицеты бодяка щетинистого (*Cirsium setosum* (Willd.) Bess.) и осота полевого (*Sonchus arvensis* L.) и биологические особенности потенциальных агентов биоконтроля – грибов *Septoria cirsii* Niessl. и *Ascochyta tussilaginis* Oud. Дисс. ... канд. биол. наук. СПб.: Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, 1999. 169 с.
28. Гасич Е. Л. Микобиота вьюнка полевого на территории Европейской части России и микромицеты, перспективные для его контроля // Микология и Фитопатология. 2001. Т. 35. Вып. 2. С. 1–10.
29. Гасич Е. Л., Хлопунова Л. Б., Фомина А. В. Перспективы применения фитопатогенных грибов для борьбы с вьюнком полевым // Материалы докладов международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем». Краснодар: Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений РАСХН, 2004. С. 93–94.



30. Берестецкий А. О., Ганнибал Ф. Б. Штамм гриба *Alternaria sonchi* Г-52 ВИЗР, обладающий гербицидной активностью против осота полевого (*Sonchus arvensis*) / Патент RU 2701957 С1. Оpubл. 02.10.2019. Бюл. № 28. 9 с.
31. Müller-Stöver D., Thomas H., Sauerborn J., Kroschel J. Two granular formulations of *Fusarium oxysporum* f. sp. *orthoceras* to mitigate sunflower broomrape *Orobanche cumana* // *Biological Control*. 2004. Vol. 49 (5). P. 595–602.
32. Ciotola M., Di Tommaso A., Watson A. K. Chlamydospore production, inoculation methods and pathogenicity of *Fusarium oxysporum* M12-4A, a biocontrol for *Striga hermonthica* // *Biocontrol Science and Technology*. 2000. Vol. 10 (2). P. 129–145.
33. Kangethe D., Wanyama C., Ajanga S., Wainwright H. *Striga hermonthica* reduction using *Fusarium oxysporum* in Kenya // *African journal of agricultural research*. 2016. Vol. 11(12). P. 1056–1061.

### References

1. Berestetskiy A. O. Challenges and achievements in biological control of weeds with phytopathogenic fungi // *Mikologiya i fitopatologiya*. 2004. Vol. 38. Iss. 5. P. 1–14.
2. Berestetskiy A. O. Prospects for development of biological and biorational herbicides // *Plant Protection News*. 2017. No. 1 (91). P. 5–12.
3. Bailey K. L. The bioherbicide approach to weed control using plant pathogens. // *Integrated Pest Management: Current Concepts and Ecological Perspective*. 2014. Vol. 13. 245–266 p.
4. Gutsevich S. A. Studying history of mycoflora of Crimea // *Vestnik Leningradskogo universiteta. Series "Biology"*. 1959. Vol. 15. Iss. 3. P. 56–65.
5. Gutsevich S. A. The review of rust fungi of Crimea. Leningrad: LGU, 1952. 172 p.
6. Gelyuta V. P. Powdery mildew fungi of Crimea Forest Steppe // *Ukrainskiy botanicheskiy zhurnal*. 2002. Vol. 59. No. 1. P. 33–36.
7. Dudka I. A. The downy mildew fungi (family Peronosporaceae) in Steppe Crimea // *Mikologiya i fitopatologiya*. 2000. Vol. 34. No. 6. P. 10–18.
8. Dudka I. A., Burdyukova L. I. The white rust fungi (family Albuginaceae) in Crimea // *Mikologia i fitopatologia*. 2002. Vol. 36. No. 5. P. 30–36.
9. Andrianova T. V. The fungi of *Septoria* Sacc. s. l. genus in Crimean Peninsula // *Ukrainskiy botanicheskiy zhurnal*. 1993. Vol. 50. No. 5. P. 61–70.
10. Gelyuta V. P., Andrianova T. V. Philophilic and herbophilic phytopathogenic fungi of Karadag State Reserve // *Ukrainskiy botanicheskiy zhurnal*. 1984. Vol. 41. No. 4. P. 33–37.
11. Gelyuta V. P., Tikhonenko Yu. Ya., Burdyukova L. I., Dudka I. A. Parasitic fungi in Steppe zone of Ukraine. Kiev: Naukova Dumka, 1987. 279 p.
12. Dudka I. A., Burdyukova L. I. The flora of fungi of Ukraine. Phytophthoraceae and Albuginaceae. Kiev: Naukova Dumka, 1996. 207 p.
13. Dudka I. A., Gelyuta V. P., Tikhonenko Yu. Ya., Andrianova T. V., Gayova V. P., Pridyuk M. P., Dzhagan V. V., Isikov V. P. The fungi of natural zones of Crimea. Kiev: Fitosotsiotsentr, 2004. 451 p.
14. Fungi of Ukraine. A Preliminary Check List // ed. by Minter D. V., Dudka I. O. Egham, Surrey: CAB International, 1996. 361 p.
15. Andrianova T. V., Gayova V. P., Gelyuta V. P., Dudka I. A., Isikov V. P., Kondratyuk S. Ya., Krivomaz T. I., Kuzub V. V., Minter D. V., Minter T. J., Pridyuk N. P., Tikhonenko Yu. Ya. The fungi of Ukraine. 2006. [Electronic resource]. Access point: <http://www.cebertruffle.org.uk/ukrafung/rus> (reference's date 03.06.2019).
16. Prosyannikova I. B., Dzyunenko E. A., Bilyalova Z. N. Phytotrophic obligatory-parasitic fungi of Guardeyskoe pgt. Surburbs, Simferopol district // *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsionalnogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry»*. 2009. Vol. 22 (61). No. 3. P. 101–110.
17. Prosyannikova I. B., Gorkovenko A. A. Phytotrophic obligatory-parasitic fungi of natural boundary Tash-Dzhargan in Simferopol district (Crimea Republic) // *Byulleten Bryanskogo otdelenia RBO*. 2015. No. 1 (5). P. 8–13.
18. Prosyannikova I. B., Pirogova S. A., Kravchuk E. A. Phytotrophic parasitic micromycetes of regional natural monument «Remnant mountain Sheludivaya» Bakhchisaray district (Crimea Republic) // *Ekosistemy*. 2017. No. 9. P. 12–19.
19. Monthly weather reviews. FSBI «Crimean Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring». [Electronic resource]. Access point: [http://meteo.crimea.ru/?page\\_id=3220](http://meteo.crimea.ru/?page_id=3220) (reference's date 25.11.2019).
20. Naumov N. A. Methods of mycological and phytopathological studies. Leningrad: Selkhozgiz, 1937. 272 p.
21. Indexfungorum. [Electronic resource]. Access point: <http://www.indexfungorum.org/names/names.asp> (reference's date 03.06.2019).



22. Cherepanov S. K. Vascular plants of Russia and neighboring states (in former USSR). Saint-Petersburg: Mir i sem'ya-95, 1995. 992 p.
23. Norman D. J., Trujillo E. E. Development of *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *clidemiae* and *Septoria passiflorae* into two mycoherbicides with extended viability // Plant Disease. 1995. Vol. 79. P. 1029–1032.
24. Trujillo E. E., Norman D. J. *Septoria* leaf spot of lantana from Ecuador: a potential biological control for bush lantana in forests of Hawaii // Plant Disease. 1995. Vol. 79. P. 819–821.
25. Mitchell J. K. Development of a submerged-liquid sporulation medium for the potential smartweed bioherbicide *Septoria polygonorum* // Biological Control. 2003. Vol. 27. P. 293–299.
26. Hershenhorn J., Vurro M., Zonno M. C., Stierle A., Strobel G. *Septoria cirsii*, a potential biocontrol agent of Canada thistle and its phytotoxin –  $\beta$ -nitropropionic acid // Plant Science. 1993. Vol. 94. Iss. 1-2. P. 227–234.
27. Berestetskiy A. O. Pathogenic micromycetes of Canada thistle (*Cirsium setosum* (Willd.) Bess.) and field sowthistle (*Sonchus arvensis* L.) and biological features of potential biocontrol agents – *Septoria cirsii* Niessl. and *Ascochyta tussilaginis*. Autor's abstract diss. Cand. Sc. (Biol.). Saint-Petersburg, All-Russian Research Institute of Plant Protection, 1999. 169 p.
28. Gasich E. L. Mycobiota of field bindweed in European part of Russia and perspective micromycetes for its control // Mikologiya i fitopatologiya. 2001. Vol. 35. Iss. 2. P. 1–10.
29. Gasich E. L., Khlopunova L. B., Phomina A. V. The prospects of application of phytopathogenic fungi for field bindweed control // Materialy dokladov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Biologicheskaya zashchita rasteniy – osnova stabilizatsii agroecosistem», Krasnodar: All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection RAAS, 2004. P. 93–94.
30. Berestetskiy A. O., Gannibal Ph. B. The strain *Alternaria sonchi* G-52 VIZR with herbicide activity against field sowthistle (*Sonchus arvensis*) / Patent RU 2701957 C1. Publ. 02.10.2019. Bull. No. 28. 9 p.
31. Müller-Stöver D., Thomas H., Sauerborn J., Kroschel J. Two granular formulations of *Fusarium oxysporum* f.sp. *orthoceras* to mitigate sunflower broomrape *Orobanche cumana* // Biological Control. 2004. Vol. 49 (5). P. 595–602.
32. Ciotola M., Di Tommaso A., Watson A. K. Chlamyospore production, inoculation methods and pathogenicity of *Fusarium oxysporum* M12-4A, a biocontrol for *Striga hermonthica* // Biocontrol Science and Technology. 2000. Vol. 10(2). P. 129–145.
33. Kangethe D., Wanyama C., Ajanga S., Wainwright H. *Striga hermonthica* reduction using *Fusarium oxysporum* in Kenya // African journal of agricultural research. 2016. Vol. 11(12). P. 1056–1061.

UDC 632.51/632.4 (477.75)

Gasich E. L., Berestetskiy A. O., Didovich S. V.

### MATERIALS TO MYCOBIOTA OF WEEDS IN THE CRIMEA

**Summary.** *Phytopathogenic fungi can be used for biological controlling of weeds. Studying the mycobiota is the first stage of this method development. It allows identifying promising micromycetes for further study. Much attention was paid to the study of Crimean mycobiota, but special surveys on weeds mycobiota were not carried out. The aim of the research was to identify phytopathogenic fungi on the weeds collected in three climatic zones of the Republic of Crimea, isolate strains promising for the biological weed control, replenish VIZR “State Collection of the Microorganisms Pathogenic for Plants and Their Pests”. Weed-infected plants were collected in May 2019 in segetal and ruderal habitats in the steppe zone (Krasnogvardeisky district), foothill zone (the city of Simferopol, Simferopol, Bakhchisaray and Belogorsky districts) and south-coastal one (the town of Yalta, the village of Shchebetovka, the village of Nasypnoe, the urban district of Feodosia). Samples were placed on storage in a mycological herbarium (LEP) of the laboratory of Mycology and Phytopathology FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection” (VIZR). Isolation of micromycetes in the pure culture and their storage was carried out according to generally accepted methods. We identified 27 species of fungi from 13 genera, 2 departments, as well as 6 species the fungus-like organisms from 4 genera of the kingdom Chromista. Micromycetes and fungus-like organisms were registered on 27 genera of weed plants from 16 families. Powdery mildew of *Sonchus arvensis* and *Aegilops cylindrica*, rust of *Falcaria vulgaris* and *Aegilops cylindrica*, leaf spotting of *Convolvulus arvensis* and*

*Cirsium* were found in most of the examined habitats where their host plants grew. Fourteen isolates were included in VIZR “State Collection of the Microorganisms Pathogenic for Plants and Their Pests”. Based on the literature data, the following types of identified micromycetes can be considered promising for biocontrol of weeds: *Phaeoseptoria longispora*, *Septoria convolvuli*, *Stagonospora Calystegia* for *Convolvulus arvensis*, *Septoria crisis* for *Cirsium arvense*, *Alternaria sonchi* for *Sonchus spp.*, *Fusarium oxysporum* for *Ambrosia artemisiifolia*.

**Keywords:** *phytopathogenic fungi, biological control of weeds, Convolvulus arvensis, Cirsium arvense, Sonchus arvensis, Ambrosia artemisiifolia, Septoria, Stagonospora, Alternaria sonchi, Fusarium oxysporum.*

Гасич Елена Леонидовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории микологии и фитопатологии, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»; 196608, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, шоссе Подбельского, 3; e-mail: elena\_gasich@mail.ru.

Берестецкий Александр Олегович, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией фитотоксикологии и биотехнологии, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»; 196608, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, шоссе Подбельского, 3; e-mail: aberestetski@yahoo.com.

Дидович Светлана Витальевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: sv-alex.68@mail.ru.

Gasich Elena Leonidovna, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher of the Laboratory of mycology and phytopathology, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 3, Podbelskogo sh., Saint-Petersburg, Pushkin, 196608, Russia; e-mail: elena\_gasich@mail.ru.

Berestetskiy Aleksandr Olegovich, head of Department of phytotoxicology and biotechnology, FSBSI “All-Russian Research Institute of Plant Protection”; 3, Podbelskogo sh., Saint-Petersburg, Pushkin, 196608, Russia; e-mail: aberestetski@yahoo.com.

Didovich Svetlana Vitaliivna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: sv-alex.68@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 10.11.2019.*

*Дата принятия к печати – 01.12.2019.*

DOI 10.33952/2542-0720-2019-4-20-28-45

УДК 631.152+519.6

Дунаева Е. А.<sup>1</sup>, Плотников Д. Е.<sup>2</sup>, Хвостиков С. А.<sup>2</sup>, Ёлкина Е. С.<sup>2</sup>,  
Барботкина Е. С.<sup>1</sup>, Вечерков В. В.<sup>1</sup>, Баргалева С. А.<sup>2</sup>

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ НАСТУПЛЕНИЯ ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЙ

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

<sup>2</sup>ФГБУН «Институт космических исследований Российской академии наук»

**Реферат.** Оценка вероятности наступления засушливых условий и разработка методологических основ и принципов мониторинга неблагоприятных для посевов ситуаций важна как на локальном, так и на региональном уровне. Совместный проект ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» и ФГБУН «Институт космических исследований Российской академии наук» «Научное обоснование использования данных дистанционного зондирования для оценки вероятности наступления засушливых условий» направлен на исследование возможностей и поиск эффективных методов дистанционной оценки состояния посевов в условиях крымского региона. В работе проведен ретроспективный анализ метеорологических данных с расчетом обеспеченности года осадками и урожайности культур для определения характерных особенностей при наступлении засух; исследованы возможности идентификации посевов озимых с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и предложены подходы к оценке их состояния. Для определения наступления засушливых условий в качестве показателей отклика растений на водообеспеченность использованы спектральные вегетационные индексы (NDVI, NDDI, RDVI, VCI). В качестве базы сравнения для выявления посевов в неудовлетворительном состоянии использовали данные о списанных в 2018 г. посевах. Анализ состояния посевов в 2018–2019 гг. проведен с использованием возможностей сервиса Vega-Science и QGIS 2.18 с построением карт озимых культур, идентификацией угнетенной растительности вследствие засушливых условий и определением площадей посевов, находящихся в неудовлетворительном состоянии. Сравнение нескольких индексов ДЗЗ позволяет минимизировать ошибку при идентификации влияния засухи на развитие сельскохозяйственных культур и уровень биомассы. Предложен метод выявления аномалий в развитии сельскохозяйственных растений по данным ДЗЗ, основанный на определении отклонений от «эталона» развития сельскохозяйственных культур в терминах перцентилей. Временные ряды наблюдаемых и эталонных значений NDVI приводят к единой шкале накопленных температур воздуха, что позволяет сравнивать сопоставимые фенологические фазы развития посевов культуры и оценивать состояние растительности на поле относительно эталонных ретроспективных значений индекса в заданный период. При этом состояние посевов признают аномальным в случае выхода значений показателя за определенный порог (перцентиль). Причины аномалий (засушливые условия) могут быть установлены при дополнительном анализе метеоданных, в том числе доступных в сервисе Vega-science. Валидация метода проведена на основании данных о состоянии посевов озимой пшеницы урожая 2018 г. в Красногвардейском и Белогорском районах Республики Крым. Показано достоверное выявление аномалий в развитии посевов.

**Ключевые слова:** анализ, урожайность, Vega-science, геоинформационная технология, засуха, дистанционное зондирование Земли.

### Введение

Засухи оказывают влияние на экосистемы, ускоряя деградацию земель и развитие опустынивания, основная причина которого – чрезмерные антропогенные нагрузки, усиливающиеся в условиях длительных и суровых засух [1–5]. Для территории степной зоны России количество засух на столетие достигает 30 и более [6] и увеличивается в связи с глобальными изменениями климата.

Немаловажным является тот факт, что в истории Крыма за последние два столетия зарегистрированы три значительные засухи (1833; 1880; 1920 гг.), имевшие колоссальные последствия для жителей полуострова. Первое упоминание в литературе о наступлении засушливых условий на территории крымского полуострова встречается в 1821 г. В летний период 1821 г. не выпали осадки, также отмечено не случавшееся ранее нашествие саранчи и неурожай сельскохозяйственных культур. Сильная засуха имела место на крымских землях в 1833–1834 гг., когда после малоснежной зимы отмечена катастрофическая весенне-летняя засуха и, как следствие, неурожай [6]. Засухи были в Крыму также в 1872; 1873; 1877; 1889 гг. [7]. В 1891 г. из-за аномальных погодных условий (малоснежная ранняя зима – минусовые температуры зафиксированы в конце октября; ранняя весна, практически без осадков с положительными температурами в конце февраля и морозами в середине марта) сформировалась неблагоприятная обстановка для развития озимых зерновых культур, которые занимали около половины от общей площади посевов в Крыму. Отсутствие продуктивных осадков с апреля по август и высокие температуры привели к значительному недобору урожая озимых и яровых культур (средняя урожайность – 4,5 ц/га, что ниже среднего значения за десятилетие на 26 %) [8]. В 1911 г. сформировались неблагоприятные погодные условия вследствие высоких летних температур и способствовали наступлению засушливых условий на территории Европы и потере  $\frac{2}{3}$  урожая зерновых против среднего на территории полуострова [9]. В период с 1920 по 1922 гг. на территории полуострова произошли климатические катаклизмы, в числе которых – сильнейшая засуха 1921 г., последовавшее за ней нашествие саранчи и затяжные проливные дожди [10]. В 1972 г. в течение двух месяцев подряд установился мощный антициклон, обусловивший аномально высокие температуры воздуха и крайний дефицит осадков, чему предшествовали маловодные зима и весна. Весенне-летняя засуха прерывалась ливневыми дождями только в мае и июле. Экстремально засушливыми были апрель, июнь и август, среднемесячные температуры воздуха превышали среднемноголетнюю норму на 4 °С (апрель). В результате, на стадии налива зерно подверглось воздействию высоких температур и продолжительных суховеев, чем нанесен значительный ущерб сельскому хозяйству. По данным Статистического управления Крымской области урожайность зерновых культур составила 18,8 ц/га. В 1975 г. засухе предшествовал существенный осенне-зимний дефицит осадков. В Крыму годовая сумма осадков составила всего 250 мм; по свидетельству специалистов, посевы зерновых культур в следствие высоких температур «горели на корню» и не образовывали колоса [11]. По данным Статистического управления Крымской области урожайность зерновых культур составила 24,1 ц/га. Из-за засухи 1993 и 1994 г. в Крыму наблюдали минимальные расходы рек и приток в водохранилища в течение 14 месяцев, степные районы Крыма периодически объявляли районами бедствия (собрано  $\frac{1}{2}$  урожая). По данным Статистического управления Крымской области урожайность зерновых культур составила 21,8 ц/га, по Красногвардейскому району – 24,5 ц/га.

В 2012 г. в результате засухи в период созревания урожая повреждены посевы озимой пшеницы в Красногвардейском районе Республики Крым. В 2013 г.



на полуострове списана значительная часть посевов озимых, урожайность составила 13–14 ц/га, собрано 764,8 тыс. т зерна и 109 тыс. т подсолнечника [12].

В 2018 г. отмечена гибель посевов озимых культур в нескольких районах Крыма вследствие отсутствия с марта по май включительно хозяйственно полезных атмосферных осадков и продуктивной влаги в метровом слое почвы, высоких температур и сильного ветра. В целом подобная погода для степного Крыма типична, но в этом году ситуация усугубилась отсутствием осадков [13]. По данным Министерства сельского хозяйства Крыма, из-за засухи было потеряно более 500 тыс. т. зерна. Пострадало более 70 сельхозпредприятий в шести районах Крыма (Красногвардейском, Нижнегорском, Первомайском, Советском, Ленинском и Джанкойском). Засушливые условия на полуострове привели к полной гибели сельскохозяйственных культур на площади 23,5 тыс. га [14]. Засуха, установившаяся в 2019 г. в Крыму, является аномальной, подобные погодные условия наблюдали в 1994 и в 2012 гг., а 10 ноября 2019 зафиксирован температурный рекорд для этой даты за всю историю метеонаблюдений – 27,1 °С.

Изучение факторов, определяющих наступление засушливых условий, их идентификация с использованием косвенных методов, в том числе данных дистанционного зондирования Земли, является актуальной задачей, так как позволяет разработать методы дистанционной диагностики агроценозов.

Существующие методы обработки данных дистанционного зондирования Земли позволяют получать косвенные критеритальные оценки засушливости территории, анализировать состояние сельскохозяйственных посевов в динамике. Однако для определения наступления засушливых условий необходимо определить граничные значения индексов и обеспечить возможность получения характеристик состояния отдельных посевов в зависимости от различных факторов среды. Этого можно достичь благодаря развитию комплексной методологии попарного расчета индексов засушливости территории в комплексе с многофакторным анализом полевых данных, что позволит оценить интегральные (агрегированные на уровне полей) и структурные (описывающие неоднородность продуктивности внутри полей) индексы состояния культур.

**Цель исследований** – определение возможностей и поиск эффективных методов обработки данных дистанционного зондирования Земли для получения информативных характеристик состояния культур, удовлетворяющих требованиям сельскохозяйственного производства на региональном и локальном уровнях; определение и заблаговременное обнаружение засушливых территорий путем создания алгоритма расчета косвенных индикаторов наступления засухи.

Показатели и индексы гидрометеорологических характеристик засухи, которых в настоящее время насчитывается более ста [15, 16], определяют в результате климатического мониторинга с использованием современных наземных и космических технологий. Традиционно для выявления засухи и характеристики её параметров используют такие метеорологические данные, как количество осадков, температура поверхности почвы и воздуха, влажность почвы и воздуха и др. [17]. При этом наиболее часто используются следующие индексы.

Индекс интенсивности засухи Палмера (PDSI), разработан Уэйном Палмером [18] в 1960-х гг. для измерения степени засухи на основе данных по осадкам и температуре. Индекс широко используют государственные учреждения США для определения интенсивности засухи. В дальнейшем М. Хейс [19] использовал индекс Палмера при разработке программ смягчения последствий засухи, а Е. Кук – при анализе долгосрочных тенденций засухи [20]; в течение

длительного периода PDSI был единственным индексом засухи, используемым в оперативной практике [21–23].

Гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) разработан Г. Т. Селяниновым с учетом условий местного климата [24, 25]; характеризует соотношение тепла и влаги. При этом интерпретация градаций засух основана на предлагаемых эмпирических оценках с возможностью последующей их корректировки с учетом агроклиматической зоны.

Индекс вегетационной засухи (Vegetation Drought Response Index, VegDRI) разработан группой ученых из Центра научных исследований и наблюдений за природными ресурсами Земли и ряда других служб США [26]. Это гибридный инструмент мониторинга и картирования засухи, объединяющий спутниковые данные об уровне развития растительности и климатические данные с информацией о землепользовании, характеристике почв и другими факторами [27].

Одним из наиболее распространенных косвенных индексов оценки условий засушливости по спутниковым данным в сезон вегетации является вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), который разработан Дж. Д. Тарпли, Ф. Н. Коганом и другими авторами из Национального управления океанических и атмосферных исследований (NOAA) в США [28–30]. Методология его расчета базируется на соотношении разницы отражения двух спектральных каналов, имеющих максимальную вариацию в поглощении и отражении радиации зеленой биомассой растительности, к их сумме. Для засушливых территорий значения NDVI достаточно хорошо отражают уровень водообеспеченности (с коэффициентами корреляции в диапазоне 0,7–0,9). Ряд более современных индексов (VegDRI, NDDI) включают NDVI в качестве одного из входных параметров для расчета. Для оценки состояния растительности в условиях засух, влияющих на сельское хозяйство, Коган Ф. Н. разработал индекс условий роста растительности (Vegetation Condition Index, VCI) [31, 32], который используют совместно с индексом NDVI. Усовершенствованный вегетационный индекс (EVI), впервые был предложен в работе А. Уэте и группы специалистов из Бразилии и Университета штата Аризона, США. Он основан на использовании спектрорадиометра MODIS для оценки вегетационных условий [33, 34]. EVI разработан для усиления сигнала вегетирующей растительности в районах с высоким уровнем растительной биомассы и улучшения возможностей мониторинга.

Нормализованный разностный индекс засухи (Normalized Difference Drought Index) (NDDI) [35, 36], разработанный Университетом Небраски, также основан на использовании спутниковых данных MODIS при оценке засухи. Его рассчитывают с учетом нормализованных разностных вегетационного (NDVI) и водного (NDWI) индексов.

Индекс NDDI более отзывчив и имеет широкий диапазон значений в период засухи. RDVI (ренормализованный разностный вегетационный индекс) не чувствителен к влиянию почвенного покрова и положения солнца, однако имеет ограничения по применению для территорий с изреженной растительностью или для засушливых районов. В индексе используют разницу между длинами волн, близкими к инфракрасному и красному диапазонам, и наряду с NDVI его применяют для выделения здоровой растительности [37].

VCI (индекс состояния вегетации) позволяет оценить временную и пространственную изменчивость состояния растительности. Индекс VCI выражается в % и показывает текущее значение оценки между крайними граничными значениями (минимальным и максимальным) за предыдущие годы. Более низкие и высокие значения соответственно указывают на плохое и хорошее состояние растительности [38].



### **Материалы и методы исследований**

В задаче мониторинга озимых культур можно выделить три основных этапа: инвентаризация полей и посевов; оценка состояния посевов; анализ условий произрастания посевов и анализ причин выявленных аномалий в их развитии. В рамках проекта с целью создания региональной системы мониторинга озимых культур проведено исследование возможностей усовершенствования алгоритмов картографирования озимых культур на территории крымского полуострова и разработка методов оценки состояния озимых культур для их мониторинга.

В качестве предварительных этапов разработки методики идентификации состояния посевов выполнена оценка карт среднего разрешения территории Крыма. Проведен анализ их применимости в качестве опорных данных для обучения классификатора при выявлении различного состояния однотипных посевов с применением спутниковых изображений высокого пространственного разрешения. Для усовершенствования метода классификации проведен анализ особенностей региональной и межсезонной изменчивости фенологических и спектрально-отражательных характеристик сельскохозяйственных культур.

Проведен сбор репрезентативной с точки зрения территориального охвата и тематической детальности выборки о расположении, состоянии сельскохозяйственных культур за 2018 и 2019 гг. методом наземных обследований, а также экспертного дешифрирования. Выполнен экспертный анализ изображений высокого пространственного разрешения (совместно с наземной информацией) с использованием данных региональной статистики о площадях погибших и списанных посевов. Собранные данные позволили провести валидацию получаемых карт озимых, а также методов оценки состояния посевов.

Предлагаемые подходы к оценке состояния посевов основаны на анализе временных рядов спектральных вегетационных индексов, отражающих динамику их состояния в течение сезона вегетации, и направлены на выявление аномалий в развитии растений. Во-первых, проведено исследование возможностей косвенной оценки наступления засушливых условий как отклика растительности на нехватку водных ресурсов для формирования урожая. В работе использовали серии обработанных спутниковых изображений Landsat 8 OLI/TIRS за вегетационные периоды 2018 и 2019 гг. и выполнен расчет индексов NDVI, NDDI, EVI, RDVI, VCI, и др. Парный расчет косвенных индикаторов позволит усовершенствовать алгоритм выявления территорий и выделить порог перехода условий в засушливые. Во-вторых, предложено использование подхода оценки состояния посевов на основе сравнения текущей динамики NDVI с эталоном культуры. Под эталоном культуры понимают ряды средних или медианных значений вегетационного индекса, а также стандартного отклонения. Для корректного сравнения ряды спутниковых индексов (наблюдаемые и эталонные) приводят к единой шкале накопленных эффективных температур воздуха. Для каждого значения накопленных температур выполняется построение перцентилей, показывающих, какой процент полей в исторических данных характеризовался худшей динамикой развития, чем исследуемое поле.

Также в рамках работы проведен ретроспективный анализ метеорологических данных совместно с динамикой урожайности озимых культур за период 1988–2019 гг.

### **Результаты и их обсуждение**

Проведен ретроспективный анализ метеорологических данных с расчетом обеспеченности года по осадкам и урожайности культур для определения характерных особенностей при наступлении засух. Источник данных по площадям

и урожайности культур – Статистическое управление Крыма, метеорологических данных – ФГБУ «Крымское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (метеостанция Клепинино).

**Таблица 1 – Варьирование вегетационных периодов по обеспеченности осадками (метеостанция Клепинино, 1988–2019 гг.)**

Условия периода по обеспеченности осадками	Годы, сезоны которых близки по уровню обеспеченности осадками, в т.ч. для культур:		
	год в целом* (I–XII мес.)	ранние яровые (I–VI)	озимые (X–VI)
Засушливые	1994, 2012, 1993	2017, 1996, 1993	2018, 2013, 1994
Средние	1999, 2007, 2003	2002, 1999, 2000	2008, 2007, 2003
Влажные	1997, 2004, 2016	2016, 2015, 1989	2016, 2015, 1989

**Примечания:** \* – без 2019 г.; средние в столбцах годы соответствуют среднему (50 %), засушливому (95 %) и влажному (5 %) по осадкам, а в пределах одной колонки левее находятся более влажные годы.

Данные, приведенные в таблице, подтверждают вывод, сделанный в работе [39], о том, что для года в целом и для отдельных периодов обеспеченность осадками в большинстве случаев различается. Для засушливых территорий, подверженных засухам, это свидетельствует о необходимости, кроме ориентации на количество осадков, задействовать дополнительные источники информации, одним из которых являются данные ДЗЗ. Подтверждением этого служит информация, приведенная в таблице 2, где для всех приведенных в таблице 1 засушливых лет и периодов указаны данные о соответствующих суммах осадков и уровне средней урожайности по району (данные статистической отчетности).

**Таблица 2 – Средняя урожайность сельскохозяйственных культур в разные по обеспеченности осадками годы (для засушливых лет и периодов), Красногвардейский район**

Год	Осадки, мм			Сельскохозяйственная культура		
	I–XII	I–VI	X–VI**	зерновые и зернобобовые	яровой ячмень	озимая пшеница
1993	228*	122*	247	29,4	24,5	30,5
1994	259*	161	222*	24,5	25,5	25,4
1996	384	128*	260	17,8*	14,2*	20,6
2012	251*	177	265	17,9	14,9	15,2*
2013	419	180	230*	16,5*	8,7*	12,2*
2017	288	155*	250	29,7	28,5	31,6
2018	553	168	235*	12,0*	6,8*	14,4*

**Примечания:** \* – суммы осадков, соответствующие засушливым годам и периодам в таблице 1, а также по три минимальных значения урожайности по культурам (и видам); \*\* – с октября по декабрь предыдущего и январь – июнь заданного года.

При анализе данных из таблицы 2 необходимо учитывать, что дополнительные изменения уровня связи урожайности с суммами осадков могут быть вызваны различным распределением осадков в течение вегетационного периода в разные годы, а также варьированием репрезентативности данных метеостанции Клепинино территории всего района.

Условия обеспеченности осадками периода вегетации озимых 2017–2018 гг. были засушливыми, соответствующими повторяемости такого периода не чаще одного раза в 10 лет, при этом тот же период (X–XII месяцы 2018 г. и I–VI 2019 г.) был достаточно влажным, с обеспеченностью суммы осадков за этот период 24,5 %,

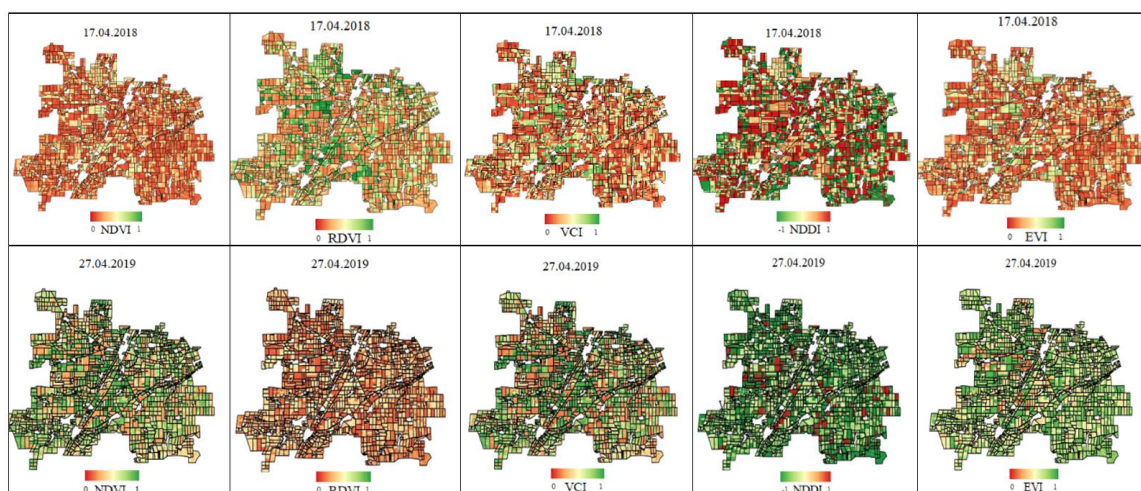
то есть настолько же и более влажные годы встречаются приблизительно один раз в четыре года. Для ранних яровых культур 2018 г. был близким к средне-засушливому (сумма осадков за январь – июнь составила 168 мм и обеспеченность –81,8 %), при этом условия аналогичного периода 2019 г. были близки к средне-влажным (255 мм и обеспеченность – 34,1 %).

На основе информации о списанных посевах и их локализации, проведен расчет площадей посевов, находящихся в угнетенном состоянии, при этом значения вегетационных индексов у полей со списанными посевами использовали в качестве базы сравнения.

По данным Министерства сельского хозяйства Республики Крым, площадь погибших и списанных посевов в 2018 г. в результате неблагоприятных климатических условий, а именно засухи, составила 33720,8 га, в Красногвардейском районе – 8212,0 га (зерновых).

Для оценки возможности использования вегетационных индексов при картировании посевов, находящихся в неудовлетворительном состоянии, были выделены диапазоны градации состояния посевов в нормальном и угнетенном состоянии. Для условий 2018 и 2019 г. по Красногвардейскому району было проведено сравнение полученных с использованием индексов NDVI, VCI, NDDI, RDVI и EVI (рисунок 1) расчетных и фактических (по данным отчетности) значений площади посевов, находившихся в неудовлетворительном состоянии (или списанных). Пример картирования значений индексов для территории Красногвардейского района для второй половины апреля 2018 и 2019 гг. приведен на рисунке 1. По результатам анализа определено, что нормализованный разностный индекс засухи (NDDI) оказался наиболее применимым (отклонение площадей от списанных за 2018 г. около 50 % в большую сторону). При этом необходимо учесть, что данное превышение может быть вызвано тем, что часть земель с посевами в очень плохом состоянии, принадлежащих небольшим сельскохозяйственным предприятиям, не попала в процедуру списания и не была учтена из-за особенностей подготовки документов для получения компенсации.

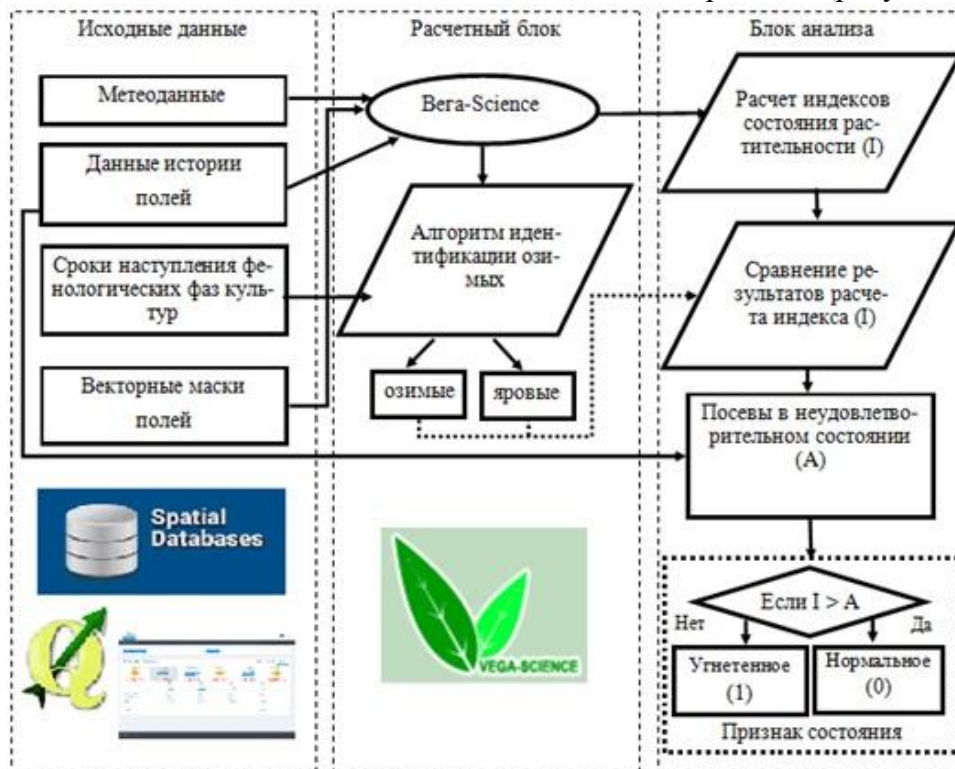
Наличие диапазонов градации состояния посевов позволяет использовать данную классификацию для определения посевов в угнетенном состоянии при отсутствии данных полевых наблюдений на основе обработки данных ДЗЗ.



**Рисунок 1 – Сравнение вегетационных индексов для Красногвардейского района**

На основе проведенного анализа составлен алгоритм попарного расчета косвенных индикаторов наступления засухи на основе данных дистанционного

зондирования Земли и описана методика идентификации наступления засушливых условий с использованием данных дистанционного зондирования (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Алгоритм расчета косвенных индикаторов наступления засухи**

Алгоритм расчета состоит из трех блоков: исходных данных, расчетного блока (реализуется в Вега-science) и блока анализа.

Как было описано ранее, временные ряды вегетационных индексов отражают динамику развития, а их значения на качественном уровне отражают состояние посевов. Для оценки наличия проблем в развитии и повреждения посевов вследствие тех или иных неблагоприятных факторов предложено использование подхода сравнения текущих показателей развития посевов на поле с эталоном развития культуры. Предполагается, что эталон отражает нормальную сезонную динамику культуры. В качестве эталона развития посевов может выступать среднееголетнее значение индекса NDVI для анализируемой культуры в определенном районе или, при отсутствии многолетней статистики по культурам, значения NDVI за год, близкий к климатической норме. При наличии этих данных выявление аномалий в развитии посевов может быть основано на оценке отклонений текущих значений вегетационного индекса от эталонных, соответствующих «нормальному» развитию посевов культуры, и состояние посевов признается аномальным в случае выхода значений показателя за определенный порог.

В общем виде методика оценки состояния посевов состоит из следующих шагов:

1. Сбор статистики – наземных опорных данных;
2. Сбор и обработка спутниковых данных;
3. Построение временных рядов NDVI, отражающих нормальную динамику развития посевов, характерную для заданной территории и типа растительности, из которых исключены аномальные отклонения. В качестве «нормы» может использоваться результат осреднения многолетних данных и среднегодовой эталон для определенной культуры;



4. Ежедневное вычисление текущего значения NDVI поля, для которого проводится мониторинг;

5. Сравнение текущего значения NDVI поля с нормой с расчетом перцентилей или числа среднеквадратичных отклонений и выявление фактов отклонений (аномалий) развития посевов с помощью коридора допустимых отклонений;

6. Анализ возможных причин отклонений развития, в том числе в результате неблагоприятных погодных явлений, определение площади пострадавших посевов.

Для построения эталона культуры необходимо наличие наземных данных о посевах в исследуемом регионе. По всем имеющимся полям с информацией о культуре на основе данных ДЗЗ рассчитывается индекс NDVI (ежедневные значения); построение сглаженных временных рядов вегетационных индексов осуществляется на основе преобработанных спутниковых данных. Для построения эталона озимой пшеницы для Красногвардейского и Белогорского районов Крыма использована имеющаяся у ИКИ РАН статистика о границах полей и выращиваемых культурах за 2016–2017 гг. и разработанная там же автоматизированная технология сбора, хранения и предварительной обработки спутниковых данных и построения ежедневных временных рядов вегетационного индекса NDVI [40]. Таким образом, временные ряды NDVI для полей озимой пшеницы в исследуемых районах построены на основе данных MODIS по полям с известной культурой. Далее, на основе рядов спутниковых индексов вычисляют показатели динамики культуры – среднее и медианное значение индекса, а также его стандартное отклонение. Локальный эталон культуры – это ряд средних или медианных значений вегетационного индекса для каждой суммы накопленных температур. Также рассчитывают ряд стандартных отклонений для каждого эталона. Эталон развития озимой пшеницы для исследуемых районов Крыма был построен за 2016 и 2017 гг. (отдельно за каждый сезон), сезоны проверяли на соответствие климатической норме и затем данные были усреднены.

Оперативная оценка состояния посевов основана на анализе степени отклонения текущей динамики вегетационного индекса от эталона. Для исследуемого поля на вход поступают оперативные данные о временном ряде спутникового индекса, осредненные в границах поля, и значения эталонных значений. Для корректного сравнения исследуемой динамики развития посевов с эталоном и исключения эффекта «сдвига сезона» предложено приводить ряды спутниковых индексов к единой шкале накопленных эффективных температур воздуха. Известно, что скорость развития растений зависит от температуры воздуха и для достижения растениями определенной фазы роста необходимо накопление определенной суммы температур. Таким образом, приведение временных рядов вегетационных индексов к единой шкале накопленных температур позволяет оценивать отклонение посевов от нормы в сопоставимых фазах их развития. При этом использование шкалы накопленных температур требует выбора устойчивой точки отсчета, соответствующей одному и тому же этапу развития культуры для разных лет. Такой точкой отсчета может служить момент начала вегетации. Для оценки момента начала вегетации в данной работе использован метод аппроксимации временного ряда гауссовыми кривыми [41].

Итак, для посевов на поле оценивают момент начала вегетации и сумму накопленных температур воздуха и осуществляют переход от временной шкалы к шкале накопленных температур для обеспечения сопоставимости данных различных лет и районов. Далее, для оценки отклонений развития посевов от



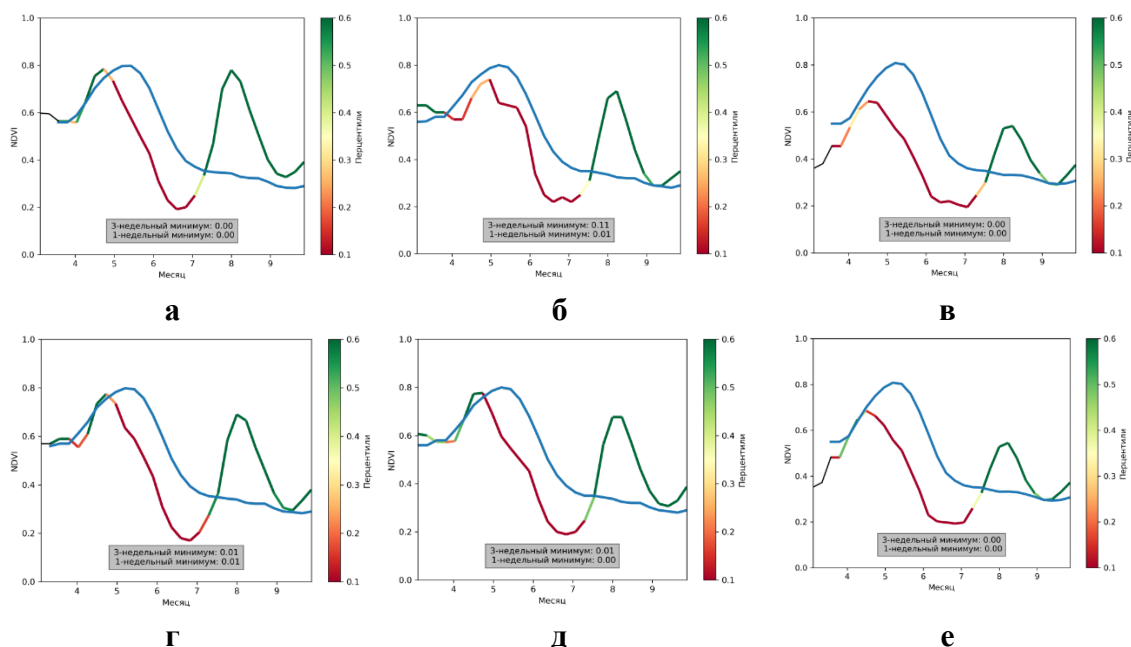
эталона, предлагается использовать два подхода: измерение отклонения в перцентилях или стандартных отклонениях.

Перцентили дают легко интерпретируемую оценку отклонения поля от нормы, указывающую на его состояние в сравнении с ретроспективными данными по этому полю. Если текущее состояние поля лучше, чем состояние N % исторических полей на той же фазе развития, то можно сказать, что оно лежит в перцентиле N. Перцентиль, в который попадает поле, можно использовать для оценки его текущего состояния относительно репрезентативной исторической выборки и установления порогов аномалий. Оценка аномалий на основе перцентилей позволяет в полной мере учесть статистику, на основе которой строится норма поведения культуры.

В случае использования перцентилей в качестве показателей аномалий в развитии, выявление отклонений выглядит следующим образом:

1. Для каждого момента времени устанавливают, в какой перцентиль попадает текущее значение NDVI анализируемого поля;
2. Проводят его осреднение в скользящем окне, позволяющее отфильтровать случайные временные аномалии в значениях NDVI;
3. Определяют, выходит ли вычисленный перцентиль за порог «аномалии». Предлагаются пороги на значения NDVI, такие, что если оно попадает в 25 % перцентиль, то наблюдается серьезная аномалия, если оно ниже 10 % перцентили, то это может означать наличие экстремальной аномалии развития культуры.

По вышеописанной методике проведен анализ состояния посевов озимой пшеницы и озимого ячменя для Республики Крым в 2018 г. в условиях засухи конца апреля – начала мая. Валидацию результатов детектирования аномалий проводили на ряде тестовых полей в Красногвардейском и Белогорском районах, состояние которых в 2018 г. было известно благодаря проведенным наземным обследованиям.



**Рисунок 3 – Детектирование аномалий развития озимой пшеницы в Крыму во время засухи 2018 г. (в терминах перцентилей)**

*Примечания:* а, б, в, г, д, е – NDVI профили различных полей озимой пшеницы в Красногвардейском районе и их сравнение с эталоном. Синяя линия – эталон озимой пшеницы. С начала мая для всех полей наблюдаются отклонения от эталона (поля попадают в перцентиль ниже 0.2).

Для полей было корректно детектировано наличие (рисунок 3 а-е) и отсутствие (рисунок 4 а-г) аномалий. Согласно наземным данным, поля с выявленными аномалиями в развитии озимых списаны вследствие низкой урожайности.

На уровне района для Красногвардейского района Республики Крым были проанализированы годы, по которым есть данные об урожайности озимой пшеницы. В 2012 и 2018 гг. отмечено существенное отклонение развития посевов от среднееголетней нормы как на протяжении весеннего периода развития, так и в точке максимума (рисунок 5 а). В 2017 г. средняя урожайность озимой пшеницы в районе была в норме – выше 25 ц/га (см. таблицу 2), что подтверждают данные ДЗЗ. На рисунке 5 б, в показан ход развития озимой пшеницы в Красногвардейском районе в 2016 и 2017 гг. соответственно. Ход развития соответствует норме, без отклонений в течение сезона вегетации, в точке максимума отмечено превышение среднееголетних значений вегетационного индекса (выше 0,7).

Исследования показали, что аномалии в развитии культур в случае, если они носят массовый характер на территории района и приводят к снижению урожайности, можно выявить с помощью анализа динамики временных рядов вегетационного индекса NDVI и с помощью оценки их отклонения от среднееголетней нормы.

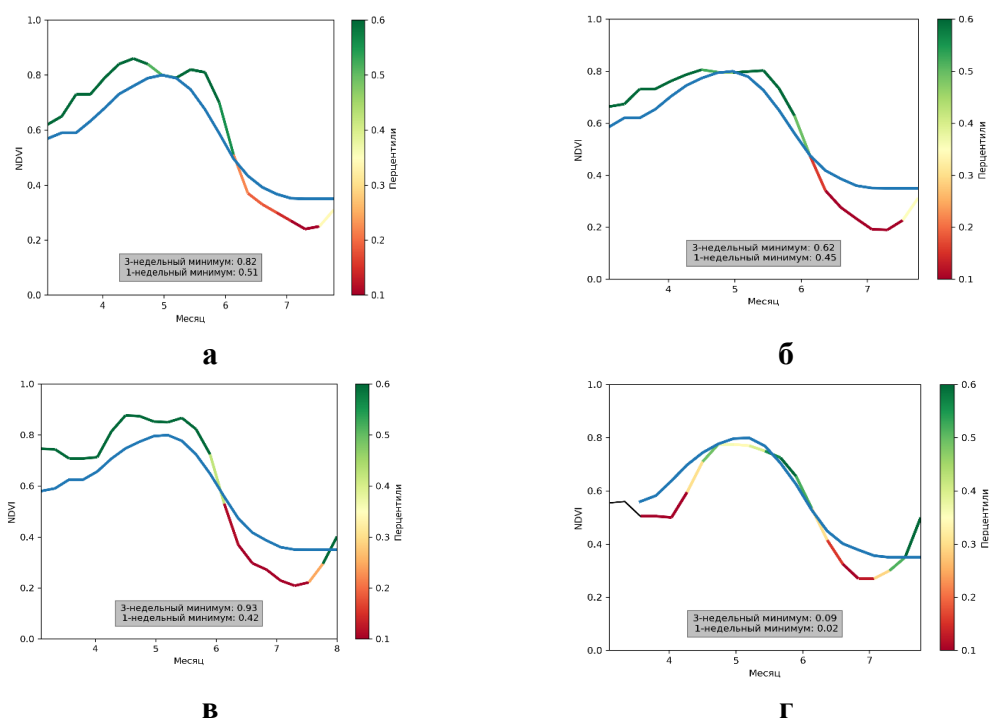
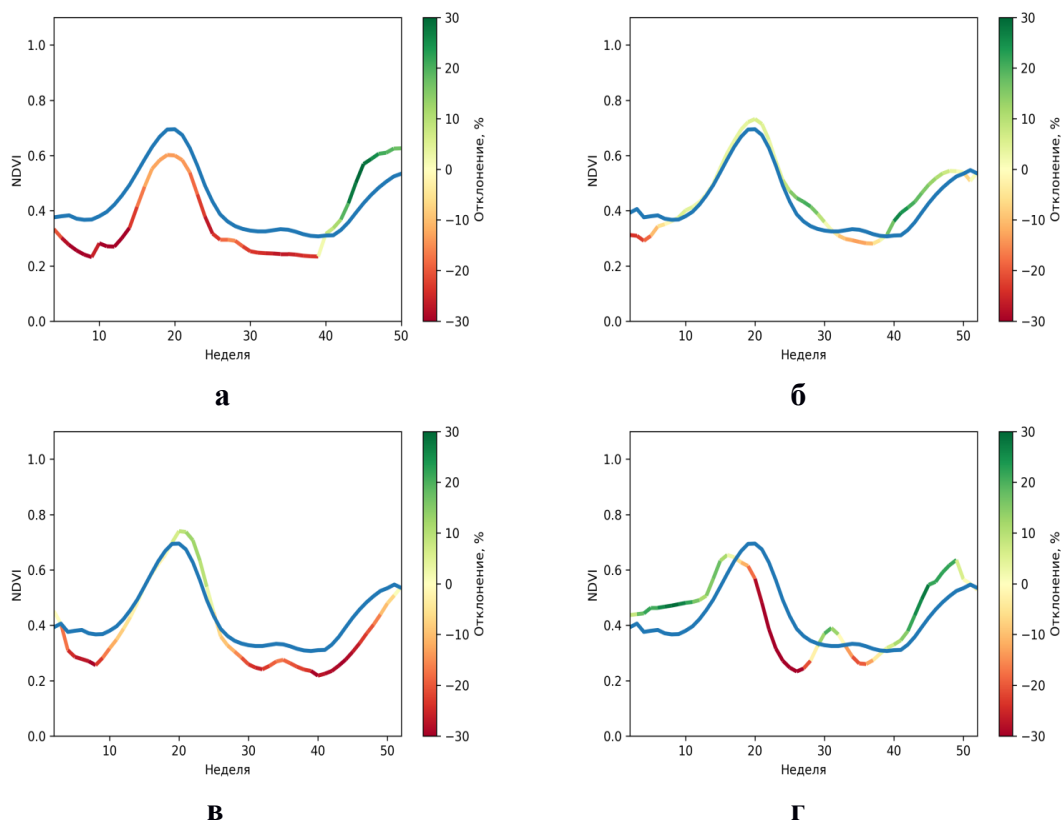


Рисунок 4 – Оценка состояния полей озимых, слабо пострадавших от засушливых условий 2018 г. (поля засеяны по пару)

**Примечания:** а, б, в, г – NDVI профили различных полей озимой пшеницы в Красногвардейском районе и их сравнение с эталоном. Синяя линия – эталон озимой пшеницы. В апреле-мае поля находятся в хорошем состоянии по сравнению с эталоном (поля попадают в перцентиль выше 0.5, т.е. их состояние лучше, чем у 50 % исторических полей). Состояние поля «г» в мае оценивалось как удовлетворительное.

Анализ результатов валидации, выполненной в сравнении с данными наземного обследования, подтверждает применимость методов дистанционной оценки состояния посевов для выявления ситуаций их аномального развития.



**Рисунок 5 – Детектирование аномалий развития озимых культур в Республике Крым (Красногвардейский район)**

*Примечания:* а – 2012, б – 2016, в – 2017, г – 2018 гг. Синим обозначен ход среднемноголетней нормы NDVI. Отклонение оценивается в терминах среднеквадратичных отклонений.

По факту выявления аномалии в развитии посевов предполагается экспертное определение причин выявленных аномалий, определение площади пострадавших посевов и наземная проверка факта стресса посевов. Для проведения подобной работы требуется совместный анализ временных рядов вегетационных индексов с визуализацией отклонений от эталона, анализ метеорологической информации, спутниковых изображений и продуктов (карт), наземных данных. Эти возможности заложены в сервисе Vega-science и доступны широкому кругу пользователей.

### Выводы

В связи с потенциальными изменениями климата существует вероятность увеличения частоты возникновения и интенсивности засух, что в свою очередь может оказать влияние на обеспечение продовольствием региона, поэтому разработка механизмов и методов прогнозирования и мониторинга ситуации является актуальной. Для обеспечения устойчивого развития территории и решения продовольственной проблемы в регионах рискованного сельского хозяйства необходима разработка механизмов аналитического мониторинга за динамикой развития сельскохозяйственных культур.

Использование индексов по своевременному выявлению засухи позволяет кроме того обеспечить меры для смягчения последствий засухи и провести мониторинг её развития и оперативную оценку ущерба.

Проведенные исследования показали практическую применимость подхода оценки состояния посевов на основе данных дистанционного зондирования и исторической информации о динамике посевов в прошлые годы как на уровне полей, так и на уровне районов.

В дальнейшем необходимы дополнительные исследования и более точный подбор локального порога, выход за который означает аномалии в развитии растительности, строгое определение ограничений работоспособности методики (размер полей, тип аномалий) и дополнительная валидация по более широкому кругу культур и районов.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Министерства образования, науки и молодежи Республики Крым в рамках научного проекта № 19-416-910006-р-а с использованием инфраструктуры Центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды.*

### Литература

1. Wilhite D. A. World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP) (2014) National Drought Management Policy Guidelines: A Template for Action. Integrated Drought Management Programme (IDMP) Tools and Guidelines. Series 1. WMO, Geneva, Switzerland and GWP, Stockholm, Sweden. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://library.wmo.int/pmb\\_ged/wmo\\_1164\\_ru.pdf](https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_1164_ru.pdf) (дата обращения 19.11.2019).
2. Хлебникова Е. И., Павлова Т. В., Сперанская Н. А. Засухи: методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем // под рук. Семенова С. М. М.: Росгидромет, 2012. С. 126–164. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://downloads.igce.ru/publications/metodi\\_ocenki/04.pdf](http://downloads.igce.ru/publications/metodi_ocenki/04.pdf) (дата обращения 19.11.2019).
3. Серякова Л. П. Агрометеорология: учебное пособие. Л.: Ленинградский политехнический институт, 1978. 158 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01007626820> (дата обращения 19.11.2019).
4. Грингофф И. Г. Засухи и опустынивание – экологические проблемы современности // Труды ВНИИСХМ. 2000. Вып. 33. С. 14–40.
5. Золотокрылин А. Н. Климатическое опустынивание. М.: Наука. 2003. 245 с.
6. Клещенко А. Д. Современные проблемы мониторинга засух // Труды ВНИИСХМ. 2000. Вып. 33. С. 3–13.
7. Климатические катаклизмы на Кубани в историческом прошлом. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gazetavk.ru/> (дата обращения 19.11.2019).
8. Города жаждут. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://zn.ua/> (дата обращения 19.11.2019).
9. Robbins R. G. Famine in Russia, 1891–1892. The imperial government responds to a crisis. New York: Columbia University Press, 1975. 259 p.
10. «Голод» в Российской Империи (1890–1910-е гг.). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cont.ws/> (дата обращения 21.11.2019).
11. Великий голод в Крыму. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://newsland.com/> (дата обращения 20.11.2019).
12. Аграрные рекорды и антирекорды Крыма. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.krymr.com/> (дата обращения 21.11.2019).
13. Засуха в Крыму: ущерб идет на сотни миллионов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://newizv.ru/> (дата обращения 20.11.2019).
14. Более 70 хозяйств пострадали от засухи в Крыму. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://milknews.ru/> (дата обращения 20.11.2019).
15. Svoboda M., Fuchs V. A. World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), 2016: Handbook of Drought Indicators and Indices. Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines. Series 2. Geneva. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.droughtmanagement.info/literature/GWP\\_Handbook\\_of\\_Drought\\_Indicators\\_and\\_Indices\\_2016.pdf](http://www.droughtmanagement.info/literature/GWP_Handbook_of_Drought_Indicators_and_Indices_2016.pdf) (дата обращения 19.11.2019).
16. Дунаева Е. А. Применение ГИС и ДЗЗ для оценки водообеспеченности территории // Всероссийская научная конференция молодых ученых с международным участием «Современное состояние, проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса». Симферополь: ГБУ РК «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», 2015. [Электронный ресурс].

- Режим доступа: <http://confmol.niishk.ru/data/documents/Dunaeva-E.A..pdf> (дата обращения 19.11.2019).
17. Щербенко Е. В. Дистанционные методы выявления сельскохозяйственной засухи // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2007. Т. 4. № 2. С. 408–419.
  18. Palmer W. C. Meteorological Drought. Research Paper No. 45. US Weather Bureau. Washington: DC, 1965. 59 p.
  19. Hayes M. Drought indexes. Lincoln, NE: University of Nebraska. 2002. 9 p.
  20. Cook E. R., Woodhouse C. A., Eakin C. M., Meko D. M., Stahle D. W. Long-term changes in the western United States // Science. 2004. Vol. 306. No. 5698. P. 1015–1018. DOI: 10.1126/science.1102586.
  21. Kim T. W., Valdes J. B., Aparicio J. Frequency and spatial characteristics of droughts in the Conchos River Basin, Mexico // Water International. 2002. No. 27 (3). P. 420–430. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arizona.pure.elsevier.com/en/publications/frequency-and-spatial-characteristics-of-droughts-in-the-conchos-> (дата обращения 19.11.2019).
  22. Mika J., Horvath S., Makra L., Dunkel, Z. The Palmer Drought Severity Index (PDSI) as an indicator of soil moisture // Physics and Chemistry of the Earth. 2005. P. 223–230. DOI: 10.1016/j.pce.2004.08.036.
  23. Kogan F. N. Global drought watch from space // Bulletin of the American Meteorological Society. 1997. No. 78. P. 621–636. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/249615841\\_Global\\_Drought\\_Watch\\_from\\_Space](https://www.researchgate.net/publication/249615841_Global_Drought_Watch_from_Space) (дата обращения 19.11.2019).
  24. Селянинов Г. Т. О сельскохозяйственной оценке климата // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. 1928. Вып. 20. С. 165–177.
  25. Зондзе Е. К., Хомякова Г. В. Моделирование формирования влагообеспеченности территории Европейской России в современных условиях и основы оценки агроклиматической безопасности // Метеорология и гидрология. 2006. № 2. С. 98–105.
  26. Brown J. F., Wardlow B. D., Tadesse T., Hayes M. J., Reed B. C. The Vegetation Drought Response Index (VegDRI): a new integrated approach for monitoring drought stress in vegetation // GIScience & Remote Sensing. 2008. No. 45 (1). P. 16–46.
  27. Дунаева Е. А., Попович В. Ф. База данных критериев оценки водообеспеченности территории // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 1 (9). С. 107–118.
  28. Tarpley J. D., Schneider S. R., Money R. L. Global vegetation indices from the NOAA-7 meteorological satellite // Journal of Climate and Applied Meteorology. No. 23 (3). 1984. 494 p.
  29. Kogan F. N. Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polarorbiting satellite data // Bulletin of the American Meteorology Society. 1995. No. 76(5). P. 655–668.
  30. Karnieli A., Agam N., Pinker R. T., Anderson M., Imhoff M. L., Gutman G. G., Panov N., Goldberg A. Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: Merits and limitations // Climate. 2010. Vol. 23. P. 618–633. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-24112-8\\_4](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-24112-8_4) (дата обращения 19.11.2019).
  31. Kogan F. N. Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection // Advances in Space Research. 1995. No. 15(11). P. 91–100.
  32. Lui W. T., Kogan F. N. Monitoring regional drought using the vegetation condition index // International Journal of Remote Sensing. 1996. No. 17. P. 2761–2782. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/248977064\\_Monitoring\\_regional\\_drought\\_using\\_the\\_Vegetation\\_Condition\\_Index](https://www.researchgate.net/publication/248977064_Monitoring_regional_drought_using_the_Vegetation_Condition_Index) (дата обращения 19.11.2019).
  33. Huete A., Didan K., Miura T., Rodriguez E. P., Gao X., Ferreira L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices // Remote Sensing of Environment. 2002. No. 83 (1). P. 195–213.
  34. Лобанов Г. В., Зайцева А. Ф., Полякова А. В., Тришкин Б. В., Михеев К. Ю. Пространственно-временная динамика вегетационного индекса EVI (Enhanced vegetation index) в разных типах ландшафтов Брянской области // Ежегодник НИИ фундаментальных и прикладных исследований. 2012. № 3 (3). С. 46–52.
  35. Gu Y., Brown J. F., Verdin J. P., Wardlo B. A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States // Geophysical research letters. 2007. Vol. 34. L06407. DOI: 10.1029/2006GL029127.
  36. Дунаева Е. А., Попович В. Ф. Оценка водообеспеченности сельских территорий с использованием ДЗЗ, ГИС и стандартизированного индекса осадков // Материалы II Международной научной конференции «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли». Красноярск: Сибирский Федеральный университет, 2015. С. 147–150.
  37. Understanding NDVI. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://support.dronedeploy.com/> (дата обращения 26.11.2019).
  38. Vegetation Condition Index. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://land.copernicus.eu/global/products/VCI> (дата обращения 26.11.2019).
  39. Попович В. Ф. Особенности сценарного моделирования развития



сельскохозяйственных культур // Сборник материалов IV Международной научной конференции «Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки» Симферополь: ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», 2019. С. 328–330.

40. Лупян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А., Балашов И. В., Барталев С. А., Ефремов В. Ю., Кашницкий А. В., Мазуров А. А., Матвеев А. М., Суднева О. А., Сычугов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 263–284.

41. Хвостиков С. А., Барталев С. А. Построение эталонов сезонной динамики NDVI для основных сельскохозяйственных культур // Электронный сборник статей 16-й конференции «Информационные технологии в дистанционном зондировании Земли – RORSE 2018». М.: ИКИ РАН, 2019. С. 55–59.

## References

1. Wilhite D. A. World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP) (2014) National Drought Management Policy Guidelines: A Template for Action. Integrated Drought Management Programme (IDMP) Tools and Guidelines. Series 1. WMO, Geneva, Switzerland and GWP, Stockholm, Sweden. [Electronic resource]. Access point: [https://library.wmo.int/pmb\\_ged/wmo\\_1164\\_ru.pdf](https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_1164_ru.pdf) (reference's date 19.11.2019).

2. Khlebnikova E. I., Pavlova T. V., Speranskaya N. A. Droughts: Methods for assessing the effects of climate change on physical and biological systems // Hand. call mon. Semenov S. M. Moscow: Roshydromet, 2012. P. 126–164. [Electronic resource]. Access point: [http://downloads.igce.ru/publications/metodi\\_ocenki/04.pdf](http://downloads.igce.ru/publications/metodi_ocenki/04.pdf) (reference's date: 19.11.2019).

3. Seryakova L. P. Agrometeorology: textbook. L: Leningrad Polytechnic Institute, 1978. 158 p. [Electronic resource]. Access point: <https://search.rsl.ru/en/record/01007626820> (reference's date 19.11.2019).

4. Gringoff I. G. Droughts and desertification – environmental problems of our time // Transactions of VNIISKHM. 2000. No. 33. P. 14–40.

5. Zolotokrylin A. N. Climatic desertification. Moscow: Nauka, 2003. 245 p.

6. Kleshchenko A. D. Current problems of drought monitoring // Transactions of VNIISKHM. 2000. No. 33. P. 3–13.

7. Cities crave. [Electronic resource]. Access point: <https://zn.ua/> (reference's date: 19.11.2019).

8. Robbins R. G. Famine in Russia, 1891–1892. The imperial government responds to a crisis. New York: Columbia University Press, 1975. 259 p.

9. Robbins R. G. Famine in Russia, 1891–1892. The imperial government responds to a crisis. New York: Columbia University Press, 1975. 259 p.

10. The great famine in the Crimea. [Electronic resource]. Access point: <https://newsland.com/> (reference's date 20.11.2019).

11. Climatic disasters in the Kuban in the historical past. [Electronic resource]. Access point: <http://gazetavk.ru/> (reference's date 11.19.2019).

12. Agrarian records and anti-records of Crimea. [Electronic resource]. Access point: <https://ru.krymr.com/> (reference's date 21.11.2019).

13. Drought in Crimea: hundreds of millions of damages. [Electronic resource]. Access point: <https://newizv.ru/> (date of appeal: 20.11.2019).

14. More than 70 households were affected by the drought in Crimea [Electronic resource]. Access point: <https://milknews.ru/> (reference's date 20.11.2019).

15. Svoboda M., Fuchs B. A. World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), 2016: Handbook of Drought Indicators and Indices. Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines. Series 2. Geneva. [Electronic resource]. Access point: [http://www.droughtmanagement.info/literature/GWP\\_Handbook\\_of\\_Drought\\_Indicators\\_and\\_Indices\\_2016.pdf](http://www.droughtmanagement.info/literature/GWP_Handbook_of_Drought_Indicators_and_Indices_2016.pdf) (reference's date 11.2019).

16. Dunaieva Ie. A. The use of GIS and remote sensing for assessing the water supply of the territory // All-Russian Scientific Conference of Young Scientists with International Participation “Current status, problems and prospects for the development of agriculture”. Simferopol: Federal State Budget Scientific Institution “Research Institute of Agriculture of Crimea”, 2015. [Electronic resource]. Access point: [http://confmol.niishk.ru/data/documents/Dunaieva\\_Ie.A.pdf](http://confmol.niishk.ru/data/documents/Dunaieva_Ie.A.pdf) (reference's date 19.11.2019).

17. Shcherbenko E. V. Remote methods for identifying agricultural drought // Modern problems of remote sensing of the Earth from space. 2007. Vol. 4. No. 2. P. 408–419.

18. Palmer W. C. Meteorological Drought. Research Paper No. 45, US Weather Bureau. Washington: DC, 1965. 59 p.

19. Hayes M. Drought indexes. Lincoln, NE: University of Nebraska. 2002. 9 p.

20. Cook E. R., Woodhouse C. A., Eakin C. M., Meko D. M., Stahle D. W. Long-term changes in the western United States // *Science*. 2004. Vol. 306. No. 5698. P. 1015–1018. DOI: 10.1126/science.1102586.
21. Kim T. W., Valdes J. B., Aparicio J. Frequency and spatial characteristics of droughts in the Conchos River Basin, Mexico // *Water International*. 2002. No. 27 (3). P. 420–430. [Electronic resource]. Access point: <https://arizona.pure.elsevier.com/en/publications/frequency-and-spatial-characteristics-of-droughts-in-the-conchos-> (reference's date 19.11.2019).
22. Mika J., Horvath S., Makra L., Dunkel, Z. The Palmer Drought Severity Index (PDSI) as an indicator of soil moisture // *Physics and Chemistry of the Earth*. 2005. P. 223–230. DOI: 10.1016/j.pce.2004.08.036.
23. Kogan F. N. Global drought watch from space // *Bulletin of the American Meteorological Society*. 1997. No. 78. P. 621–636. [Electronic resource]. Access point: [https://www.researchgate.net/publication/249615841\\_Global\\_Drought\\_Watch\\_from\\_Space](https://www.researchgate.net/publication/249615841_Global_Drought_Watch_from_Space) (reference's date 19.11.2019).
24. Selyaninov G. T. On agricultural climate assessment // *Transactions in Agricultural Meteorology*. 1928. No 20. P. 165–177.
25. Zoidze E. K., Khomyakova G. V. Modeling the formation of moisture in the territory of European Russia in modern conditions and the basics of assessing agroclimatic safety // *Meteorology and hydrology*. 2006. No. 2. P. 98–105.
26. Brown J. F., Wardlow B. D., Tadesse T., Hayes M. J., Reed B. C. The Vegetation Drought Response Index (VegDRI): a new integrated approach for monitoring drought stress in vegetation // *GIScience & Remote Sensing*. 2008. No. 45 (1). P. 16–46.
27. Dunaieva Ie. A., Popovych V. F. Database of the territory water availability indices // *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2017. No. 1 (9). P. 107–118.
28. Tarpley J. D., Schneider S. R., Money R. L. Global vegetation indices from the NOAA-7 meteorological satellite // *Journal of Climate and Applied Meteorology*. No. 23(3). 1984. 494 p.
29. Kogan F. N. Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polarorbiting satellite data // *Bulletin of the American Meteorology Society*. 1995. No. 76 (5). P. 655–668.
30. Karnieli A., Agam N., Pinker R. T., Anderson M., Imhoff M. L., Gutman G. G., Panov N., Goldberg A. Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: Merits and limitations // *Climate*. 2010. Vol. 23. P. 618–633. [Electronic resource]. Access point: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-24112-8\\_4](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-24112-8_4) (reference's date 19.11.2019).
31. Kogan F. N. Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection // *Advances in Space Research*. 1995. No. 15 (11). P. 91–100.
32. Lui W. T., Kogan F. N. Monitoring regional drought using the vegetation condition index // *International Journal of Remote Sensing*. 1996. No. 17. P. 2761–2782. [Electronic resource]. Access point: [https://www.researchgate.net/publication/248977064\\_Monitoring\\_regional\\_drought\\_using\\_the\\_Vegetation\\_Condition\\_Index](https://www.researchgate.net/publication/248977064_Monitoring_regional_drought_using_the_Vegetation_Condition_Index) (reference's date 19.11.2019).
33. Huete A., Didan K., Miura T., Rodriguez E. P., Gao X., Ferreira L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices // *Remote Sensing of Environment*. 2002. No. 83 (1). P. 195–213.
34. Lobanov G. V., Zaitseva A. F., Polyakova A. V., Trishkin B. V., Mikheev K. Yu. Spatial-temporal dynamics of the vegetative index EVI (Enhanced vegetation index) in different types of landscapes of the Bryansk region // *Yearbook of the Research Institute for Fundamental and Applied Research*. 2012. No. 3 (3). P. 46–52.
35. Gu Y., Brown J. F., Verdin J. P., Wardlo B. A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States // *Geophysical research letters*. 2007. Vol. 34. L06407. DOI: 10.1029/2006GL029127.
36. Dunaieva Ie. A., Popovych V. F. Water availability evaluation of rural areas with remote sensing, GIS and standardized precipitation index // *Proceedings of the II International Scientific Conference “Regional Problems of Remote Sensing of the Earth”, 2015*. P. 147–150.
37. Understanding NDVI. [Electronic resource]. Access point: <https://support.dronedeploy.com/> (reference's date 26.11.2019).
38. Vegetation Condition Index. [Electronic resource]. Access point: <https://land.copernicus.eu/global/products/VCI> (reference's date 26.11.2019).
39. Popovych V. F. Features of scenario modeling of crop development // collection of materials of the IV International scientific Conference “Current state, problems and prospects of the development of agrarian science”. Simferopol: Federal State Budget Scientific Institution “Research Institute of Agriculture of Crimea”, 2019. P. 328–330.
40. Loupian E. A., Proshin A. A., Burtsev M. A., Balashov I. V., Bartalev S. A., Efremov V. Yu., Kashnitskiy A. V., Mazurov A. A., Matveev A. M., Sudneva O. A., Sychugov I. G., Tolpin V. A., Uvarov I. A., IKI center for collective use of satellite data archiving, processing and analysis systems aimed at solving the problems of environmental study and monitoring // *Current problems in remote sensing of the earth from space*. 2015. Vol. 12. No. 5. P. 263–284.
41. Khvostikov S. A., Bartalev S. A. Development of Seasonal NDVI Profiles References for Main Agricultural Crops. Information Electronic collection of articles of the 16th conference “Information Technologies in Remote Sensing of the Earth – RORSE 2018”. Moscow: ISR RAS, 2019. P. 55–59.

UDC 631.152+519.6

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

### USE OF REMOTE SENSING DATA FOR EARLY DIAGNOSTICS OF THE DRY CONDITIONS ACTION

*Summary.* Assessing the dry conditions probability and developing methodological foundations and principles for monitoring adverse situations for crops is important both at the local and regional levels. A joint project of the Research Institute of Agriculture of Crimea and IKI RAS “Scientific basis of remote sensing data application to assess of dry conditions probability” is aimed at exploring the possibilities and finding effective methods for remote assessment of crops state in the conditions of the Crimean region. The work carried out a retrospective analysis of meteorological data, with the calculation of the annual rainfall and crop yields to determine characteristic features during the onset of drought, explored the possibility of identifying winter crops using Earth remote sensing data, and proposed approaches to assessing their condition. To determine the occurrence of dry conditions, spectral vegetation indices (NDVI, NDDI, RDVI, VCI) were used as indicators of the response of plants to water availability. Data on failed crops in 2018 were used as a comparison base for identifying crops in bad/poor conditions. Vega-science and QGIS 2.18 were used to analysed the state of crops in 2018–2019, making maps of winter crops, identification of oppressed vegetation due to arid conditions and determination of areas of crops in poor condition. Comparison of several remote sensing indices minimizes the error in identifying the influence of weather conditions on the development of crops and the level of biomass. A method is proposed for identifying anomalies in the development of agricultural vegetation according to remote sensing data, based on determining deviations from the “reference” of crop development in terms of percentiles. The time series of the observed and reference NDVI values are reduced to a single scale of accumulated air temperatures, which allows comparison at comparable phenological phases of the development of crop crops and an assessment of the state of vegetation in the field relative to the reference historical index values for a given period. At the same time, the state of crops is recognized as abnormal if the indicator values exceed a certain threshold (percentile). The causes of the anomalies, in particular, arid conditions, can be established by additional analysis of weather data, including those available in the Vega-science service. Validation of the method was carried out on data on winter wheat crops for the year of 2018 crop in the Krasnogvardeisky and Belogorsky regions of Crimea. Reliable detection of anomalies in the development of crops is shown. The practical applicability of the described methodology is demonstrated by the example of the identification of winter crops in the Republic of Crimea.

**Keywords:** yield analysis, VEGA, geoinformation technologies, drought.

Дунаева Елизавета Андреевна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела цифрового мониторинга и моделирования агроэкосистем ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: dunaeva\_e@niishk.ru.

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

Хвостиков Сергей Антонович, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории спутникового мониторинга наземных экосистем ФГБУН «Институт космических исследований РАН»; 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная 84/32; e-mail: khvostikov@d902.iki.rssi.ru.

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

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

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

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

Dunaieva Ielizaveta Andreevna, Cand. Sc. (Techn.), leading researcher of digital monitoring and agroecosystem modeling Department, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; tel.: 8 (978)-781-3981, e-mail: dunaeva\_e@niishk.ru.

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

Khvostikov Sergey Antonovich, Cand. Sc. (Techn.), researcher, terrestrial ecosystems monitoring Laboratory, Space Research Institute (IKI) of the Russian Academy of Sciences; 84/32, Profsoyuznaya str., Moscow, 117997, Russia; e-mail: khvostikov@d902.iki.rssi.ru.

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

Barbotkina Ekaterina Sergeevna, junior researcher of digital monitoring and agroecosystem modeling Department, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: k.golovastova96@mail.ru.

Veчерков Valentin Valerievich, junior researcher of digital monitoring and agroecosystem modeling Department, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: v.valenteen11@yandex.ru.

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

*Дата поступления в редакцию – 06.08.2019.*

*Дата принятия к печати – 12.11.2019.*



**ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ  
ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ**

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

**Реферат.** Твердую пшеницу (*Triticum durum* Dest.) выращивают преимущественно для производства высококачественных макаронных изделий. Рост населения планеты и климатические изменения (повышение среднегодовой температуры воздуха) заставляют пересматривать основные элементы технологии возделывания культуры. Цель исследования – изучить эффективность дробного внесения азотных удобрений в виде аммиачной селитры под озимую твердую пшеницу на урожайность и качество зерна в условиях Крыма. Объект исследований – сорт Амазонка. Полевые эксперименты закладывали в 2016–2018 гг. в предгорно-степной зоне Крыма по предшественнику занятый пар согласно методике опытного дела. Почва опытного участка представлена черноземом южным мицеллярно-карбонатным слабогумусированным на четвертичных желто-бурых лессовидных легких глинах. ГТК по Селянинову за вегетационный период составил в 2016 г. 1,20, в 2017 г. – 1,14, в 2018 г. – 0,84. Азотное удобрение (аммиачная селитра) вносили с осени под предпосевную культивацию и ранней весной по мерзлоталой почве в равных дозах по действующему веществу:  $N_{0+0}$  (контроль),  $N_{20+20}$ ,  $N_{40+40}$ ,  $N_{60+60}$ . Установлено, что в среднем за три года исследований наибольшая прибавка урожая зерна по сравнению с контролем отмечена в варианте с внесением  $N_{60+60}$  и составила 19,2 ц/га, при уровне рентабельности 44,3 %. Прибавка от внесения удобрений во влагообеспеченные годы (ГТК = 1,20–1,14) составила 20,7–24,7 ц/га, а в засушливые (ГТК = 0,84) – 8,0 ц/га. Увеличение урожайности в этом варианте по сравнению с контролем происходило благодаря увеличению количества продуктивных стеблей (на 132 шт./м<sup>2</sup>), количества зерен в колосе (на 14,2 шт.) и массы 1000 семян (на 9,6 г). На качество зерна озимой твердой пшеницы азотные удобрения оказывали положительное влияние. Лучшим вариантом также оказалось внесение азота  $N_{60+60}$ , при котором формировалось зерно с содержанием белка – 15,3 %, стекловидностью – 86,3 %, натурной массой – 849,4 г/л.

**Ключевые слова:** твердая пшеница (*Triticum durum* Dest.), структура урожая, урожайность, качество зерна, стекловидность, клейковина, натурная масса.

**Введение**

В мировом земледелии зерновые культуры занимают ведущее место и имеют важное значение для населения всего земного шара, что связано с их большой ценностью и разнообразным применением. Твердая пшеница (*Triticum durum* Dest.) предпочтительнее для производства макаронных изделий благодаря высокому содержанию белка со средними по силе свойствами клейковины, высоким содержанием каротиноидов и низким содержанием липоксидазы [1–2].

В некоторых европейских странах использование мягкой пшеницы в макаронной промышленности недопустимо и запрещено декретом, поскольку чрезмерное употребление такой продукции приводит к ожирению и другим нежелательным последствиям [3]. Поэтому во всем мире наблюдается тенденция к



увеличению потребления изделий из твердых сортов пшеницы, которые принадлежат к группе здоровых, сбалансированных и питательных продуктов [4].

Валовый объем производства твердой пшеницы в мире составляет 30–36 млн т ежегодно [5]. Тем не менее, увеличение населения, которое по подсчетам ученых достигнет к 2050 г. 9,1 млрд человек, заставляет пересматривать основные элементы технологии возделывания *Triticum durum* с целью их оптимизации и формирования высокой стабильной урожайности [6].

Известно, что по сравнению с озимой мягкой, твердая пшеница более требовательна к влаге, теплу, предшественнику и минеральному питанию [7]. В то же время, у твердых сортов один из показателей качества – белковость, а содержание белка в зерне в значительной мере определяет уровень азотного питания, который, по мнению Е. В. Николаева и А. М. Изотова, должен быть выше, чем при выращивании обычных мягких сортов [8].

По данным зарубежных исследователей, высококачественное зерно твердой пшеницы должно содержать не менее 12–16 % белка, клейковины – не менее 25 %, а минимальное значение стекловидности – 80 % [5, 9]. Именно высокое качество сырья обеспечивает макаронным изделиям из твердой пшеницы (pasta) неповторимые вкусовые характеристики. При этом, благодаря особой структуре семолины, паста при варке увеличивается в объеме в 2–2,5 раза.

Применительно к условиям Крыма до сих пор нет единого мнения по срокам и нормам внесения азотных удобрений при возделывании озимой твердой пшеницы. Исследования, проводимые в 70-х годах прошлого столетия А. С. Тулиным, А. А. Гапиенко и В. Т. Зубоченко показали эффективность внесения всей нормы азота осенью под основную обработку почвы, либо под предпосевную культивацию [10–11].

Николаев Е. В., Изотов А. М., не отвергая идею внесения азота перед посевом осенью, рекомендуют проводить подкормку азотом рано весной по мерзлой почве, однако при этом адаптировать его дозы к конкретным условиям вегетационного года [8].

Наиболее свежие данные по изучению отзывчивости озимой твердой пшеницы на азотное удобрение в Крыму датированы 2008 г. [12]. Однако в опытах А. В. Рюмина некорневая азотная подкормка не оказала значимого влияния на продуктивность посевов, а только лишь на качество зерна.

Тем не менее, рекомендуемые сегодня дозы внесения азотных удобрений получены в результате осреднения экспериментальных данных за ряд лет [8], и ориентированы на средние многолетние показатели метеоусловий, а климат Крыма за последние годы претерпевает серьезные изменения (в первую очередь, повышение среднегодовой температуры воздуха) [13]. Таким образом, изучение различных доз азотных удобрений актуально и имеет практическую ценность.

**Цель исследований** – изучить эффективность дробного внесения азотных удобрений в виде аммиачной селитры под озимую твердую пшеницу сорта Амазонка на урожайность и качество зерна в условиях Крыма.

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

Полевые исследования проводили в 2016–2018 гг. в предгорно-степной зоне Крыма на опытном поле ФГАОУ ВО «Академия биоресурсов и природопользования Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского» с применением общепринятой для Крыма технологии выращивания озимой твердой пшеницы по предшественнику занятый пар. Материалом для исследования служил сорт Амазонка. Опыты закладывали в четырехкратной повторности с рендомезированным расположением делянок. Общая площадь делянки составляла

86,4 м<sup>2</sup>, учетная – 52,8 м<sup>2</sup>. Норма высева семян – 5,0 млн шт./га, срок посева – II декада октября.

Почва опытного участка представлена черноземом южным мицеллярно-карбонатным слабогумусированным на четвертичных желто-бурых лессовидных легких глинах. Содержание в пахотном слое нитратного азота определяли колориметрически с дисульфифеноловой кислотой по методу Грандваль-Ляжу (ГОСТ 26488-91); аммиачного азота – колориметрированием с реактивом Несслера (ГОСТ 26489-91); подвижные формы фосфора и калия – по Мачигину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91) [14, 17–21]. Содержание гумуса в пахотном слое (по Тюрину) – 2,11 %, азота – 29,5 мг/дм<sup>3</sup>, фосфора – 1,45 мг/дм<sup>3</sup>, калия – 22,5 мг/дм<sup>3</sup>.

Климат равнинного Крыма – засушливый умеренно жаркий со сравнительно мягкой зимой с непродолжительными сильными похолоданиями и непостоянным снежным покровом. ГТК зоны по Селянинову – 0,7.

Метеорологические условия в годы проведения исследований отличались от среднемноголетних по количеству осадков и температурному режиму вегетационного периода: ГТК за этот период в 2016 г. составил 1,20, в 2017 г. – 1,14, в 2018 г. – 0,84.

Условия перезимовки во все годы экспериментов были благоприятными, озимая пшеница несколько раз возобновляла вегетацию. Прекращение осенней вегетации в 2015 г. отмечено 11 декабря, в 2016 г. – 18 ноября, в 2017 г., благодаря длительной теплой погоде в первой половине зимы, вегетация не прекращалась до 10 января, что на 40 дней позже среднемноголетнего срока.

Наиболее благоприятно сложились метеоусловия 2015–2016 и 2016–2017 сельскохозяйственных лет, когда количество выпавших осадков при среднемноголетней норме 321 мм составило 576,6 и 408,6 мм соответственно.

Метеоусловия вегетационного периода 2017–2018 гг., напротив, характеризовались как неблагоприятные из-за значительного недостатка влаги в течение всего периода органогенеза. Отсутствие осадков и резкое повышение температуры воздуха в апреле привели к значительным потерям влаги. Среднедекадная температура воздуха оказалась на 4 °С выше многолетней, поскольку воздух днем прогревался до 24–25 °С, а в отдельные дни – до 27–30 °С. Продолжительность солнечного сияния – 115–125 ч, что на 40–50 ч больше среднемноголетней нормы. Такие условия привели к значительному угнетению роста и развития растений озимой твердой пшеницы.

Азотное удобрение (аммиачная селитра) вносили с осени под предпосевную культивацию и ранней весной по мерзлоталой почве в равных дозах по действующему веществу: N<sub>0+0</sub> (контроль), N<sub>20+20</sub>, N<sub>40+40</sub>, N<sub>60+60</sub>. Такая схема опыта выбрана, исходя из содержания нитратного азота в почве, предшественника, гидротермических условий зоны выращивания. В рекомендациях Gary E. Varvel указано, что для формирования урожая озимой твердой пшеницы на уровне 3,5–4,0 т/га при содержании в плодородном слое почвы нитратного азота 12–16 мг/100 г дозы азотных удобрений, в зависимости от условий влагообеспеченности, должны составлять от 30 до 70 кг/га (по действующему веществу) [15].

Состояние посева, структуру урожая и другие показатели оценивали по общепринятой методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [16].

Учет урожая проведен с помощью механизированной уборки прямым комбинированием при помощи комбайна «Sampro-500» с последующим пересчетом на стандартную влажность и чистоту.

Результаты исследований анализировали методом дисперсионного метода при помощи пакета программы Statistica 6.0.

### Результаты и их обсуждение

Установлено, что внесение удобрений положительно влияло на структуру урожая озимой твердой пшеницы, с увеличением дозы азотного удобрения росли и показатели структуры. Так, коэффициент продуктивной кустистости в среднем за годы исследований в вариантах с внесением  $N_{40+40}$  и  $N_{60+60}$  был наибольшим и увеличивался относительно контроля на 0,24 и 0,26 ед. соответственно. Наибольшее количество продуктивных стеблей также отмечено в этих вариантах и превысило контроль на 37 шт./м<sup>2</sup> или 15,6 % и 132 шт./м<sup>2</sup> или 55,9 % соответственно.

По таким показателям как длина колоса, количество зерен в колосе и масса 1000 зерен выделился вариант с внесением азота в дозе  $N_{60+60}$ , что способствовало достоверному росту величин этих показателей на 4,73 см, 14,2 шт. и 9,6 г соответственно.

**Таблица 1 – Влияние дробного внесения азотных удобрений на структуру урожая озимой твердой пшеницы (среднее за 2016–2018 гг.)**

Уровень азотного питания, кг/га д.в.	Коэффициент продуктивной кустистости	Количество продуктивных стеблей шт./м <sup>2</sup>	Длина колоса, см	Количество зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г
$N_0$ (контроль)	1,23	236	4,13	18,8	32,7
$N_{20+20}$	1,35	249	5,92	24,5	34,5
$N_{40+40}$	1,47	273	6,97	29,6	39,7
$N_{60+60}$	1,49	368	8,86	33,0	42,3
НСР <sub>05</sub>	0,06	18	0,55	1,6	2,0

Урожайность сельскохозяйственных культур – это конечный результат взаимодействия многих факторов, оказывающих влияние на растения в период вегетации. Исследования показали, что все изучаемые дозы азотных удобрений достоверно увеличивали урожайность озимой твердой пшеницы независимо от уровня влагообеспеченности года. Тем не менее, в благоприятные по влагообеспеченности годы (2016–2017 гг.) урожайность в вариантах  $N_{40+40}$  и  $N_{60+60}$  достигала 40,1–43,3 ц/га, а в засушливые (2018 г.) – не превышала 19,1 ц/га при внесении  $N_{60+60}$ . В целом за три года исследований наибольший сбор зерна озимой твердой пшеницы был достигнут при внесении  $N_{60+60}$ , благодаря увеличению всех показателей структуры (таблица 2).

**Таблица 2 – Урожайность и уровень рентабельности озимой твердой пшеницы при различной обеспеченности посевов азотом**

Уровень азотного питания, кг/га д.в.	Урожайность, ц/га				Уровень рентабельности, %
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	среднее	
$N_0$ (контроль)	18,6	19,4	11,1	16,0	16,5
$N_{20+20}$	23,5	28,8	13,8	22,0	29,7
$N_{40+40}$	37,4	36,0	17,6	30,3	35,4
$N_{60+60}$	43,3	40,1	19,1	35,2	44,3
НСР <sub>05</sub>	2,0	2,1	1,9	1,8	

Экономическая эффективность в значительной степени определяется конкурентоспособностью производимой продукции. Стоит отметить, что на сегодня именно сбыт – слабое звено в производстве зерна озимой твердой пшеницы, которое сдерживает рост площадей под этой культурой в Крыму. Уровень рентабельности находится в тесной зависимости от урожайности. Отсутствие азотных удобрений

приводит к тому, что твердая озимая пшеница даже по предшественнику занятый пар формирует довольно низкий уровень сбора зерна и такой вариант имеет, соответственно, низкий уровень рентабельности. При внесении азотных удобрений производство зерна обеспечивает получение определенной прибыли. По нашим подсчетам, при цене реализации зерна (в 2018 г.) 9 р./кг и стоимости 1 кг аммиачной селитры 22 р./кг наиболее рентабельно выращивать культуру при внесении N<sub>60+60</sub> (см. таблицу 2).

Повышение качества зерна озимой твердой пшеницы – не менее важная задача. При этом внесение удобрений не только положительно влияет на повышение урожайности пшеницы, но и значительно улучшает качество зерна. Так, в среднем за три года все исследуемые дозы азотных удобрений увеличивали показатели клейковины по сравнению с контролем на 13–66 относительных %, белка – на 3–47 %, стекловидности – 17–53 %, натурной массы – на 2,00–14 % (таблица 3).

Тем не менее, анализируя данные по качеству семян озимой твердой пшеницы, формирующиеся при разном уровне азотного питания в условиях предгорно-степной зоны Крыма, можно сделать вывод о том, что наиболее ценное сырье для макаронной промышленности (содержание белка – до 16 %, клейковины – не менее 25 %, стекловидность – не менее 80 % [21]) можно получить при выращивании *Triticum durum* с внесением азота в дозе N<sub>60+60</sub>. Чтобы улучшить качество отечественных макаронных изделий, необходимо вернуться к их производству из твердой пшеницы, принимая во внимание отзывчивость последней на внесение азотных удобрений.

**Таблица 3 – Качество зерна озимой твердой пшеницы сорта Амазонка при различной обеспеченности посевов азотом (среднее за 2016–2018 гг.)**

Уровень азотного питания кг/га, д.в.	Содержание клейковины, %	Содержание белка, %	Стекловидность зерна, %	Натурная масса, г/л
N <sub>0</sub> (контроль)	16,3	10,4	54,7	743,2
N <sub>20+20</sub>	18,4	10,7	64,2	765,5
N <sub>40+40</sub>	22,5	13,5	76,3	761,3
N <sub>60+60</sub>	27,0	15,3	83,6	849,4
НСР <sub>05</sub>	0,1	0,7	0,7	1,4

### Выводы

Дробное внесение азотных удобрений под озимую твердую пшеницу сорта Амазонка приводило к доказуемому и закономерному повышению урожайности во всех вариантах опыта. Однако в среднем за три года исследований наибольшая прибавка урожая зерна отмечена в варианте с внесением N<sub>60+60</sub> и составила 19,2 ц/га. Тем не менее, прибавка от внесения удобрений в различные годы была неодинаковой и варьировала в пределах 20,7–24,7 ц/га во влагообеспеченные годы и 8 ц/га – в засушливые.

Увеличение урожайности в варианте с максимальной изученной дозой, по сравнению с контролем происходило благодаря увеличению количества продуктивных стеблей (на 132 шт./м<sup>2</sup>), количества зерен в колосе (на 14,2 шт.) и массы 1000 семян (на 9,6 г).

На качество зерна озимой твердой пшеницы азотные удобрения оказывали также положительное влияние. Лучшим вариантом оказалось внесение азота N<sub>60+60</sub>, при котором формировалось зерно с содержанием белка – 15,3 %, стекловидностью – 86,3 %, натурной массой – 849,4 г/л.

Таким образом, дробное внесение азотного удобрения под озимую твердую пшеницу в дозе  $N_{60+60}$  обеспечивает устойчивое повышение содержания клейковины, белка и стекловидности в зерне, гарантируя его высокое качество и наибольшую экономическую эффективность.

### Литература

1. Torbica A., Hadnadev M., Hadnadev T. D. Possibility of using durum wheat flour as an improvement agent in bread making process // *Procedia Food Science*. 2011. No. 1. P. 1628–1632.
2. Sall A. T., Chiari T., Legesse W., Kemal S.-A., Ortiz R., van Ginkel Maarten, Bassi F. M. Durum wheat (*Triticum durum* Desf.): origin, cultivation and potential expansion in Sub-Saharan Africa // *Agronomy*. 2019. Vol. 9. Iss. 5. DOI: 10.3390/agronomy9050263.
3. Пазюк Ю. Твердая наука // *Агроинвестор*. 2013. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/14739-tverdaya-nauka/> (дата обращения 18.11.2019).
4. Рынок макаронных изделий в России. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ssnab.ru/ru/analytics/rynok-makaronnyh-izdelij-v-rossii> (дата обращения 18.11.2019).
5. Pataco I. M., Mourinho M. P., Oliveira K., Santos C., Pelica J., Pais I. P., Ramalho J. C., Leitão A. E., Campos P. S., Lidon F. C., Reboredo F. H., Pessoa M.F. Durum wheat (*Triticum durum*) biofortification in iron and definition of quality parameters for the industrial production of pasta – a review // *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2015. No. 27 (3). P. 242–249. DOI: 10.9755/ejfa.v27i3.19284.
6. Habtamu A. Review paper on breeding durum wheat (*Triticum Turgidum* L. var. *Durum*) for quality traits // *International Journal of Advanced Research and Publications*. 2017. Vol. 1. Iss. 5. P. 448–455.
7. Николаев Е. В., Изотов А. М., Тарасенко Б. А. Растениеводство Крыма. Симферополь: Сонат, 2001. 288 с.
8. Николаев Е. В., Изотов А. М. Пшеница в Крыму. Симферополь: Сонат, 2001. 285 с.
9. Yildirim A., Sonmezoglu O. A., Sayaslan A., Kandemir N., Gokmen S. Molecular breeding of durum wheat cultivars for pasta quality // *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*. 2019. Vol. 11. Iss. 1. P. 15–21. DOI: 10.3920/QAS2017.1236.
10. Зубоченко В. Т. Рациональное использование удобрений: Из опыта применения удобрений под полевые культуры в колхозах и совхозах Крыма. Симферополь: Таврия, 1974. 64 с.
11. Тулин А. С., Гапиенко А. А. Эффективность удобрения озимой пшеницы после кукурузы на силос // *Пути повышения урожайности сельскохозяйственных культур*. 1972. Т. 1. С. 99–104.
12. Рюмшин А. В. Приемы формирования высококачественного зерна твердой озимой пшеницы в Крыму. Дисс. ... канд. с.-х. наук. Симферополь: ЮФ «Крымский агротехнологический университет» Национального аграрного университета, 2008. 171 с.
13. Паштецкий В. С., Радченко Л. А., Турин Е. Н., Турина Е. Л., Приходько А. В., Женченко К. Г., Радченко А. Ф., Пташник О. П., Ремесло Е. В., Иванов В. Ю., Ростова Е. Н. Особенности формирования урожая озимых и ранних яровых зерновых, зернобобовых, масличных культур и рекомендации по их уборке в условиях 2018 года. Симферополь: ФГБУН «НИИСХ Крыма», 2018. 40 с.
14. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Наука, 1970. 487 с.
15. Varvel G. E. Crop rotation and nitrogen effects on normalized grain yields in a long-term study // *Agronomy Journal*. 2000. Vol. 92. P. 938–941.
16. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур // под ред. Федина М. А. М.: Агропромиздат, 1988. 121 с.
17. ГОСТ 26205-91. Определение подвижных форм фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1993. 10 с.
18. ГОСТ 26488-85. Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1985. 5 с.
19. ГОСТ 26489-85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1985. 6 с.
20. Дышко В. Н., Дышко В. В., Романенко П. В., Слученкова Н. В. Методики агрохимических исследований почв и растений: учебно-практическое пособие. Смоленск: ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2014. 197 с.
21. Лещенко М. А., Самофалов А. П., Самофалова Н. Е. Качество зерна групп сортов и линий озимой твердой пшеницы с разной SDS-седиментацией // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2015. № 5 (48). С. 52–56.



## References

1. Torbica A., Hadnađev M., Hadnađev T. D. Possibility of using durum wheat flour as an improvement agent in bread making process // *Procedia Food Science*. 2011. No. 1. P. 1628–1632.
2. Sall A. T., Chiari T., Legesse W., Kemal S.-A., Ortiz R., van Ginkel M., Bassi F. M. Durum wheat (*Triticum durum* Desf.): origin, cultivation and potential expansion in sub-Saharan Africa // *Agronomy*. 2019. Vol. 9. Iss. 5. DOI: 10.3390/agronomy9050263.
3. Pazyuk Yu. Solid science // *Agroinvestor*. 2013. [Electronic resource]. Access point: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/14739-tverdaya-nauka/> (reference's date 18.11.2019).
4. Market of pasta in Russia. [Electronic resource]. Access point: <https://ssnab.ru/en/analytics/rynok-makaronnyh-izdelij-v-rossii> (reference's date 18.11.2019).
5. Pataco I. M., Mourinho M. P., Oliveira K., Santos C., Pelica J., Pais I. P., Ramalho J. C., Leitão A. E., Campos P. S., Lidon F. C., Reboredo F. H., Pessoa M. F. Durum wheat (*Triticum durum*) biofortification in iron and definition of quality parameters for the industrial production of pasta – a review // *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2015. Vol. 27 (3). P. 242–249. DOI:10.9755/ejfa.v27i3.19284.
6. Habtamu A. Review paper on breeding durum wheat (*Triticum Turgidum* L. var. *durum*) for quality traits // *International Journal of Advanced Research and Publications*. 2017. Vol. 1 Iss. 5. P. 448–455.
7. Nikolaev E. V., Izotov A. M., Tarasenko B. A. Crop production in the Crimea. Simferopol: Sonat, 2001. 288 p.
8. Nikolaev E. V., Izotov A. M. Wheat in the Crimea. Simferopol: Sonat, 2001. 285 p.
9. Yildirim A., Sonmezoglu O. A., Sayaslan A., Kandemir N., Gokmen S. Molecular breeding of durum wheat cultivars for pasta quality // *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*. 2019. Vol. 11. Iss. 1. P. 15–21. DOI: 10.3920/QAS2017.1236.
10. Zubochenko V. T. Rational use of fertilizers: from the experience of using fertilizers for field crops at the collective farms and state farms of the Crimea. Simferopol: Tavriya, 1974. 64 p.
11. Tulin A. S., Gapienko A. A. Efficiency of winter wheat fertilization after corn for silage // *Ways to increase crop yields*. Vol. 1. 1972. P. 99–104.
12. Ryumshin A. V. Methods of formation of high-quality grain of durum winter wheat in the Crimea. Diss. ... Cand. Sc. (Agr.). Simferopol: Southern Branch “Crimean Agrotechnological University” of the National Agrarian University, 2008. 171 p.
13. Pashtetskiy V. S., Radchenko L. A., Turin E. N., Turina E. L., Prikhodko A. V., Zhenchenko K. G., Radchenko A. F., Ptashnik O. P., Remeslo E. V., Ivanov V. Yu., Rostova E. N. Recommendations on the features of harvesting winter and early spring cereals, legumes, oilseeds in 2018. Simferopol: FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”. 2018. 22 p.
14. Arinushkina E. V. Chemical soil analysis guide. Moscow: Nauka, 1970. 487 p.
15. Varvel G. E. Crop rotation and nitrogen effects on normalized grain yields in a long-term study // *Agronomy Journal*. 2000. Vol. 92. P. 938–941.
16. Methods of State variety testing of agricultural crops. Technological evaluation of grain, cereal and leguminous crops // ed. by Fedin M. A. Moscow: Agropromizdat, 1988. 121 p.
17. GOST 26205-91. Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Machigin method modified by CINAO. Moscow: USSR Standardization and Metrology Committee, 1993. 10 p.
18. GOST 26488-85. Soils. Determination of nitrates by CINAO method. Moscow: USSR Standardization and Metrology Committee, 1985. 5 p.
19. ГОСТ 26489-85. Soils. Determination of exchangeable ammonium by CINAO method. Moscow: USSR Standardization and Metrology Committee, 1985. 6 p.
20. Dyshko V. N., Dyshko V. V., Romanenko P. V., Sludenkova N. V. Methods of agrochemical studies of soils and plants: a training manual. Smolensk: FSBEI HPE “Smolensk State Agricultural Academy”, 2014. 197 p.
21. Leshchenko M. A., Samofalov A. P., Samofalova N. E. Grain quality of groups of varieties and lines of winter durum wheat with different SDS-sedimentation // *Agricultural Science Euro-North-East*. 2015. No. 5 (48). P. 52–56.

UDC 631.82:633.11

Izmailova D. S.

### INFLUENCE OF NITROGEN FERTILIZER ON THE YIELD OF WINTER DURUM WHEAT IN THE REPUBLIC OF CRIMEA

**Summary.** *Durum wheat (*Triticum durum*) is cultivated, mainly, to make high-quality pasta. The increase of the global population and climate changes (global warming)*

*makes us improve the main elements of the technology of wheat cultivation. The aim of the research was to study the effect of the fractional nitrogen fertilizer application in the ammonium nitrate (AN) form on yield and quality of winter durum wheat in the Crimea. The object of the research was durum wheat variety 'Amazonka'. In 2016–2018, we laid the field experiment in the foothill zone of the Crimea according to the methodology of field research. Seeded fallow served as a preceding crop. Soil - chernozems southern mycelial-calcareous slightly humic. Selyaninov Hydrothermal Coefficient (HTC) in 2016 was 1.20; in 2017 – 1.14; in 2018 – 0,84. Nitrogen fertilizer (AN) was applied in autumn together with pre-sowing cultivation and early in spring broadcasting it on the soil that was freezing and melting at the same time. Doses of active substances were equal:  $N_{0+0}$  (control variant),  $N_{20+20}$ ,  $N_{40+40}$ ,  $N_{60+60}$ . On average, for the period of three-year research, the greatest yield increase was 19.2 centners (cwt) per hectare at the variant  $N_{60+60}$  with a profitability level of 44.3 %. The increase from fertilizer application in moisture-rich years ( $HTC = 1.20-1.14$ ) was 20.7–24.7 cwt/ha, and in dry years ( $HTC = 0.84$ ) it amounted 8.0 cwt/ha. The use of mineral fertilizer led to a significant yield growth due to such factors as an increase in productive stems (by 132 units compared to control), the number of grains from the ear (14.2 pieces), and 1000-grain weight (by 9.6 g). This fertilizer also positively influenced the quality of grain of winter durum wheat. The best option was  $N_{60+60}$ . In this case, the grain protein content was 15.3 %, a vitreousness – 86.3 %, and a hectolitre weight of 849.4 g/l.*

**Keywords:** durum wheat (*Triticum durum* Dest.), crop structure, yield, grain quality, vitreousness, gluten, hectolitre weight.

Измаилова Диляра Сейтвелиевна, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства овощных и бахчевых культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: izmailova.dilyara@bk.ru.

Izmailova Dilyara Seytvelievna, junior researcher of the Department of vegetable and melon crops selection and seed breeding, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, Russia, 295493; e-mail: izmailova.dilyara@bk.ru.

*Дата поступления в редакцию – 22.10.2019.*

*Дата принятия к печати – 11.11.2019.*

DOI 10.33952/2542-0720-2019-4-20-54-62

УДК: 631.527:635.649

Костанчук Ю. Н.

## ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ПЕРЦА СЛАДКОГО В ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЕ КРЫМА

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

*Реферат. На начальных этапах селекционного процесса важное значение имеют оценка и отбор коллекционного материала. Изучение генетических ресурсов в коллекционном питомнике по комплексу параметров позволяет выделять образцы с хозяйственно ценными признаками для включения в селекционную работу. Перец сладкий (*Capsicum annuum* L.) является ценной овощной культурой, широко используемой в пищевой промышленности, поэтому создание новых сортов с комплексом хозяйственно ценных признаков актуально и перспективно. Цель исследований – оценка коллекционных образцов перца сладкого по основным морфо-биологическим и хозяйственно ценным признакам, отбор исходного материала для дальнейшего включения их в селекционную работу. Материал для исследования – 38 коллекционных образцов перца сладкого различного эколого-географического происхождения. Исследования проводили в 2018–2019 гг. на опытном участке ФГБУН «НИИСХ Крыма» в с. Укромное Симферопольского района Республики Крым в соответствии с Методическими указаниями по изучению и поддержке мировой коллекции овощных пасленовых культур (томаты, перец, баклажаны). Изучали показатели продуктивности и морфо-биологические признаки образцов перца сладкого. Определена фенотипическая изменчивость хозяйственно ценных признаков коллекционных форм по раннеспелости, продуктивности, средней массе плода. Установлено, что продолжительность межфазного периода «всходы – техническая спелость плодов» характеризовалась слабой изменчивостью (<10 %). По продуктивности коллекционные образцы перца не отличались стабильностью в годы исследований. Лишь 13 генотипов по величине этого показателя характеризовались слабым коэффициентом вариации, у 16 – изменчивость этого признака была сильной.*

**Ключевые слова:** *перец сладкий (*Capsicum annuum* L.), образец, продуктивность, признак, изменчивость, адаптивность.*

### Введение

Перец сладкий (*Capsicum annuum* L.) – ценная овощная культура. Его плоды богаты биологически активными веществами, отличаются высокими вкусовыми качествами, обладают лечебными свойствами. Благодаря своим достоинствам перец получил широкое распространение на всех континентах земного шара, его повсеместно используют как пищевой продукт и ценное сырьё для консервной промышленности. В плодах перца, выращенного в Крыму, содержится от 7 до 12 % сухих веществ, из которых 2–4 % – сахара, 1,5 % – белка, 1 % – жира и 1 % – азотистых веществ. Кроме того, в перце больше, чем в других овощах, витаминов С и А. В технически спелых плодах сладкого перца на 100 г сырого веса приходится от 79 до 108 мг% витамина С, а в биологически зрелых плодах на то же количество сырого веса – от 226 до 308 мг% витамина С и 10–12 % витамина А [1].

На начальных этапах селекционного процесса важное значение имеют оценка и отбор коллекционного материала, который должен быть представлен образцами различного происхождения [2]. Изучение генетических ресурсов в коллекционном питомнике по комплексу параметров позволяет выделять образцы с

хозяйственно ценными признаками для дальнейшего включения их в селекционную работу. Детально изученный исходный материал дает возможность подбора родительских форм с интересными для селекционера признаками [3, 4].

Выявлено, что эколого-географический принцип подбора – наиболее эффективный в селекционных программах создания гетерозисных гибридов для степной и сухостепной зон, так как лучшие результаты получены при сочетании двух родительских компонентов различного происхождения – местного образца и интродуцированной селекционной линии с необходимым набором признаков. Показано, что сочетание двух экологически разнокачественных родительских компонентов различного происхождения приводит к увеличению эффекта гетерозиса [5].

Ежегодно научно-исследовательские учреждения и селекционно-семеноводческие фирмы мира предлагают новые сорта и гибриды для различных климатических условий. Так, в 2019 г. в Реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ, включены 487 сортов и 369 гибридов перца сладкого.

На сегодня актуальна селекция на адаптивность, цель которой – стабилизация в изменчивых условиях среды, как урожайности, так и других хозяйственно ценных признаков [6, 7]. Сорта, которые отличаются повышенной адаптивностью, могут формировать урожай как в благоприятных условиях возделывания, так и показывать стабильную урожайность в стрессовых ситуациях [8].

Существенные факторы, лимитирующие выращивание перца в открытом грунте – резкое колебание температуры почвы и воздуха, особенно в начале и конце вегетации. Перец возделывают в южных регионах России, в больших объемах – в Астраханской, Волгоградской, Ростовской областях, а также в Краснодарском крае и в Крыму. Природно-климатические условия Крымского полуострова имеют свои особенности, поэтому изучение различного генетического материала перца сладкого имеет важное значение для развития селекционной работы с этой культурой в условиях Предгорной зоны Крыма.

**Цель исследований** – оценка коллекционных образцов перца сладкого по основным морфо-биологическим и хозяйственно ценным признакам, отбор исходного материала для селекции на раннеспелость и продуктивность.

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

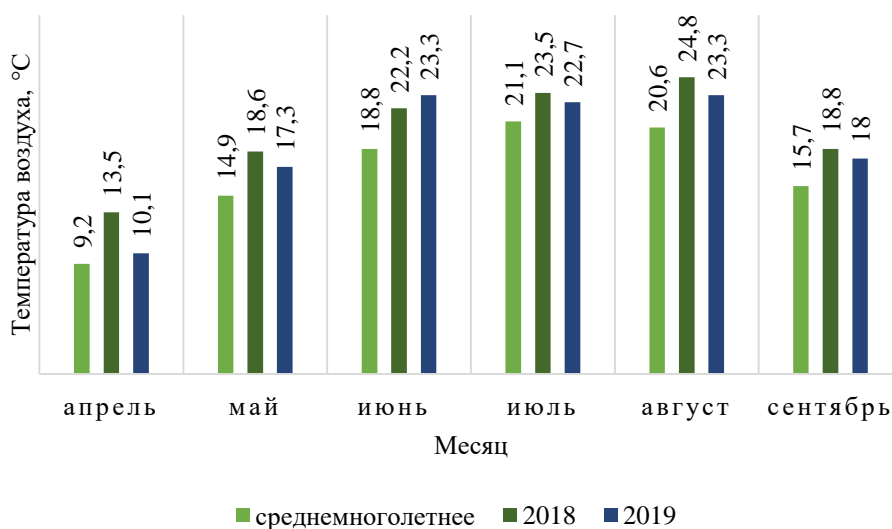
Исследования проводили в овощном севообороте на опытном участке отдела селекции и семеноводства овощных и бахчевых культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», расположенного в с. Укромное Симферопольского района.

Почва участка – южный карбонатный тяжелосуглинистый чернозем. По гранулометрическому составу почва является тяжелым слабо-структурным суглинком. Содержание гумуса (ГОСТ 26213-91) [9] – 4,3 %, азота (ГОСТ 26951-86) [10] – 3,2 – 5,6, фосфора (по Мачигину) – 8,9, калия (по Мачигину) – 64,8 мг/100г; рН<sub>сол.</sub> – 8,3. Глубина пахотного горизонта – 30–40 см.

Территория опытного участка расположена в нижнем предгорном агроклиматическом районе Крыма, с умеренно континентальным климатом и неустойчивым увлажнением. В период проведения полевых исследований температура воздуха и количество выпавших осадков варьировали по сравнению со среднегодовыми значениями (рисунок 1).

Условия 2018 г. характеризовались длительной весенней засухой с сильными ветрами юго-восточного направления. После высадки рассады перца в открытый грунт во второй и третьей декадах мая наблюдали колебание дневных температур на

поверхности почвы от 8,3 °С ночью до 46,6 °С днем, которые сдерживали развитие корневой системы растений. Среднемесячная температура воздуха в мае была выше среднеемноголетних значений на 2 °С. Количество осадков за апрель, май и июнь составило 50 мм, что на 75 % меньше нормы. Капельное орошение растений снижало негативное воздействие высоких температур почвы на растения в этот период. В июле этого года резко увеличилось выпадение осадков, прошли ливни и град. Среднесуточная температура июля превысила на 2,4 °С среднеемноголетнее значение. Август 2018 г. был очень жарким и засушливым. Максимальные дневные температуры достигали отметки 35,4 °С, при среднемесячной – 24,8 °С, что на 4,2 °С выше нормы.



**Рисунок 1 – Среднемесячная температура воздуха вегетационного периода перца сладкого**

Погодные условия вегетационного периода первой половины лета 2019 г. отличались значительными положительными температурами на фоне резкого недостатка влаги. За три месяца с апреля по конец июня выпало 118 мм при среднеемноголетнем количестве 143 мм. За этот период среднесуточная температура воздуха была на 2,0–2,5 °С выше нормы. Такие засушливые условия вызвали необходимость увлажнения почвы перед высадкой рассады, а также полив в начальные фазы развития растений. Июль был умеренно жарким, среднесуточная температура превышала многолетние величины на 1,5–3,1 °С, а в среднем за месяц превышение составило 1,6 °С. А вот дефицит выпадающих осадков был значительным: при норме 63,0 мм их количество составляло 20,7 мм.

За 2018–2019 гг. в коллекционном питомнике изучено 38 сортообразцов перца сладкого отечественной и зарубежной селекции. Посев для получения рассады проводили в пленочной необогреваемой теплице в третьей декаде марта. Высаживали рассаду в возрасте 40–45 сут 17 мая (2018 г.) и 22 мая (2019 г.).

Оценку растений перца по комплексу признаков проводили согласно унифицированному классификатору СЭВ [11] и методическим указаниям [12]. Уровень фенотипической изменчивости изучали по методике Б. А. Доспехова [13]. Делянки коллекционного питомника одно–двухрядковые по 16–32 растения, 15 из которых – учетные. Стандарт – сорт Подарок Молдовы. Схема посадки – 90 + 50 × 20–25 см. Статистическую обработку полученных данных осуществляли в Microsoft Excel 2007. Все анализы выполняли в трех повторениях, результаты



выражены в виде среднего значения «стандартное отклонение». Использовали метод однофакторного дисперсионного анализа для сравнения сортообразцов со стандартом и между собой.

### Результаты и их обсуждение

По результатам фенологических наблюдений за два года исследований 16 образцов перца отнесены к раннеспелым, с продолжительностью межфазного периода «всходы–техническая спелость плодов» до 100 сут (таблица 1).

**Таблица 1 – Продолжительность вегетационного периода коллекционных образцов перца сладкого**

Образец	Продолжительность (сут) от массовых всходов до:							C <sub>v</sub> , %
	цветения			C <sub>v</sub> , %	технической спелости плодов			
	2018 г.	2019 г.	$\bar{X}$		2018 г.	2019 г.	$\bar{X}$	
<b>Раннеспелые формы</b>								
Здоровье сладкий	62	66	64	4,4	93	87	90	4,7
Здоровье	61	67	64	6,6	92	89	90,5	2,3
Валентинка	62	70	66	8,6	89	93	91	3,1
Местный фиолетовый	62	70	66	8,6	90	99	94,5	6,7
Вало F <sub>1</sub>	64	69	66,5	5,3	94	104	99	7,1
Свежесть	61	63	62	2,3	85	93	89	6,4
Белозерка	61	69	65	8,7	97	102	99,5	3,5
Дружок	59	66	62,5	7,9	90	104	97	10,2
Купец	62	78	70	16,2	93	102	97,5	6,5
Виктория	62	79	70,5	17,0	93	106	99,5	9,2
Князь серебряный	66	76	71	10,0	92	99	95,5	5,2
Богатырь	67	82	74,5	14,2	93	106	99,5	9,2
Виктор F <sub>1</sub>	63	79	71	15,9	97	101	99	2,9
Гусар F <sub>1</sub>	64	77	70,5	13,0	98	100	99	1,4
Лекарь F <sub>1</sub>	67	78	72,5	10,7	93	100	96,5	5,1
Экстаза	66	75	70,5	9,0	96	103	99,5	5,0
<b>Среднеспелые формы</b>								
Подарок Молдовы (St.)	66	72	69	6,1	107	110	108,5	2,0
Белоснежка	72	70	71	2,0	110	103	106,5	4,6
Толстый Барон	61	79	70	18,2	100	115	107,5	9,9
Голубчик	63	79	71	15,9	102	103	102,5	0,7
Атлант	66	82	74	15,3	109	107	108	1,3
Гладиатор	71	85	78	12,7	107	110	108,5	2,0
Темп F <sub>1</sub>	64	78	71	13,9	104	102	103	1,4
Изюминка	63	78	70,5	15,0	116	116	116	0
Дар Каспия	63	80	71,5	16,8	114	115	114,5	0,6
Золотое чудо	67	80	73,5	12,5	101	112	106,5	7,3
Солнышко	64	80	72	15,7	113	112	112,5	0,6
Арсенал	72	82	77	9,2	100	112	106	8,0
Ростовский юбилейный	71	79	75	7,5	101	103	102	1,4
Винни-Пух	64	70	67	6,3	102	102	102	0
LS-1551-01 F <sub>1</sub>	63	80	71,5	16,8	102	111	106,5	5,6
Медок F <sub>1</sub>	68	78	73	9,7	102	108	105	4,0
Княжна F <sub>1</sub>	68	68	68	0	107	104	105,5	2,0
Натали F <sub>1</sub>	67	68	67,5	1,0	101	103	102	1,4
Моравская капия	67	75	71	8,0	112	99	105,5	8,7
Деветка	66	76	71	10,0	105	103	104	1,4
Казачок	63	74	68,5	11,3	98	109	103,5	7,5
<b>Позднеспелые формы</b>								
Геракл	78	81	79,5	2,7	140	121	130,5	10,3
Среднее	-	-	-	10,1	-	-	-	4,5

Наиболее раннеспелыми были образцы Свежесть и Здоровье сладкий, у которых отмечено дружное созревание плодов до 90 сут. Стандарт Подарок Молдовы и 20 образцов в среднем за два года были среднеспелыми. У них техническая спелость плодов наступала на 102–116 сутки. Позднее созревание плодов было отмечено у сорта Геракл (130 сут).

Коэффициент вариации продолжительности периода «всходы–техническая спелость плодов» у образцов перца в годы испытания был слабым и находился в пределах от 0 до 10,3 %, при среднем значении 4,5 %. Это свидетельствует о незначительной изменчивости продолжительности данного периода.

Погодные условия в годы исследований оказывали влияние на наступление фазы цветения у растений перца. У 17 (44 %) образцов, в том числе у шести раннеспелых и 11 среднеспелых форм, отмечена средняя изменчивость признака «всходы–цветение», при коэффициенте вариации от 10,7 до 18,2 %. Менее вариабельными по этому признаку были образцы Княжна F1, Натали F1, Белоснежка и Свежесть.

Оценка и отбор образцов по урожайности – основное направление в селекции перца сладкого. Этот показатель зависит как от генотипа, так и от условий выращивания, при этом основным критерием оценки является индивидуальная продуктивность растений.

В годы исследований продуктивность коллекционных образцов варьировала: в 2018 г. – от 270,6 г/раст. (Подарок Молдовы) до 599,3 г/раст. (Гусар F<sub>1</sub>); в 2019 г. – от 191 (Виктор F1) до 769,2 г/раст. (Купец) (таблица 2).

В среднем за два года исследований, показатели продуктивности всех образцов превышали стандарт Подарок Молдовы на 4–132 %. Достоверная прибавка продуктивности получена у 27 (71 % от общего количества) образцов. Наибольшую величину этого показателя в условиях 2018–2019 гг. наблюдали у образцов – Купец (664,1 г/раст.), Гусар F1 (582,8), Богатырь (544,8), Дар Каспия (508,6), Казачок (499,7), Валентинка (491,7 г/раст.).

Средний коэффициент вариации продуктивности составил 20,9 %, что говорит о значительной изменчивости признака у изучаемой выборки. Слабая изменчивость среди раннеспелых форм отмечена у шести образцов (Здоровье, Валo F1, Дружок, Князь серебряный, Гусар F1, Экстаз) и у семи образцов среднеспелых форм (Подарок Молдовы, Толстый Барон, Голубчик, Золотое чудо, Арсенал, Натали F1, Казачок).

Масса плода более 50 г отмечена практически у всех среднеспелых образцов, кроме Винни-Пуха и Моравской капии, а также позднеспелого образца Геракл. Среди раннеспелых образцов большой массой плода отличались только шесть образцов из 16. Растения с наиболее крупными плодами отмечены у образцов Геракл (92 г), Богатырь, Дар Каспия (81,2 г), Гладиатор (79,5 г). Коэффициент вариации находился в пределах от 0,3 (Местный фиолетовый, Ростовский юбилейный) до 46,8 % (Моравская капия), при среднем значении по признаку средняя масса плода – 11,6 %.

Оценка морфометрических признаков показала, что коллекционные образцы различались по форме и высоте растений, форме и окраске плодов (таблица 3). Большинство образцов имели сомкнутую форму растений. Высокие образцы: Атлант, Лекарь F1, Экстаз, Деветка (высота растения – 66–85 см); три образца (Дружок, Валентинка, Солнышко) – низкие (35–45 см); остальные – средней величины (46–65 см).

**Таблица 2 – Продуктивность коллекционных образцов перца сладкого**

Образец	Продуктивность, г/раст.				Sv, %	Средняя масса плода, г	Sv., %
	2018 г.	2019 г.	$\bar{X} \pm S_x$	к ст, %			
<b>Раннеспелые формы</b>							
Здоровье сладкий	301,2 ± 15,1	455,3 ± 15,4	378,3 ± 35,8	+32	28,8	44,0 ± 0,7	2,2
Здоровье	385,4 ± 13,9	390,3 ± 58,4	387,9 ± 26,8	+36	0,9	37,5 ± 2,5	9,4
Валентинка	446,3 ± 53,8	537,0 ± 70,0	491,7 ± 44,4	+72	13,0	57,8 ± 9,5	23,3
Местный фиолетовый	453,0 ± 58,3	335,0 ± 37,5	394,0 ± 40,7	+38	21,2	67,4 ± 0,1	0,3
Вало F <sub>1</sub>	384,0 ± 67,0	422,0 ± 43,0	403,0 ± 36,6	+41	6,7	57,0 ± 11,9	29,6
Свежесть	373,0 ± 25,9	442,0 ± 90,1	407,5 ± 44,7	+42	12,0	38,0 ± 5,6	19,7
Белозерка	480,5 ± 44,3	241,0 ± 7,8	332,5 ± 52,2	+16	52,3	53,8 ± 3,6	9,6
Дружок	312,3 ± 21,9	296,3 ± 90,5	304,3 ± 41,8	+6	3,7	39,5 ± 5,2	18,6
Купец	559,0 ± 34,6	769,2 ± 88,5	664,1 ± 63,4	+132	22,4	51,5 ± 4,5	12,5
Виктория	513,0 ± 40,1	302,7 ± 44,9	407,8 ± 54,2	+42	36,5	53,8 ± 5,8	15,2
Князь серебряный	412,3 ± 87,2	364,0 ± 18,0	393,0 ± 49,5	+37	8,9	41,2 ± 0,4	1,5
Богатырь	501,6 ± 59,2	588,0 ± 72,0	544,8 ± 45,9	+90	11,2	81,2 ± 1,5	2,6
Виктор F <sub>1</sub>	428,3 ± 11,1	191,0 ± 35,8	310,0 ± 55,5	+8	54,1	52,5 ± 9,7	26,2
Гусар F <sub>1</sub>	599,3 ± 55,0	566,3 ± 116,3	582,8 ± 58,0	+104	4,0	70,8 ± 5,8	11,7
Лекарь F <sub>1</sub>	439,7 ± 49,4	301,0 ± 101,1	370,3 ± 59,1	+29	26,5	65,6 ± 8,4	18,1
Экстаза	367,3 ± 94,9	408,3 ± 49,7	387,8 ± 48,8	+36	7,5	58,0 ± 3,7	9,1
<b>Среднеспелые формы</b>							
Подарок Молдовы (St.)	270,6 ± 23,6	298,2 ± 39,3	286,2 ± 22,2	-	6,9	65,3 ± 1,9	4,1
Толстый Барон	400,4 ± 76,3	418,3 ± 17,1	409,4 ± 35,2	+43	3,1	59,3 ± 1,6	3,9
Голубчик	383,0 ± 45,3	379,0 ± 46,7	381 ± 29,1	+33	0,7	75,0 ± 4,0	7,6
Атлант	345,0 ± 39,0	582,3 ± 20,6	463,8 ± 56,6	+62	36,2	64,5 ± 8,8	19,4
Гладиатор	406,7 ± 70,0	240,6 ± 87,8	323,6 ± 61,6	+13	36,3	79,5 ± 0,8	1,5
Темп F <sub>1</sub>	482,2 ± 95,5	345,0 ± 57,7	413,6 ± 58,6	+45	23,5	66,3 ± 11,6	24,8
Белоснежка	310,0 ± 67,3	368,3 ± 55,8	339,2 ± 41,2	+18	12,1	54,7 ± 3,6	9,3
Изюминка	352,5 ± 75,5	242,3 ± 28,4	297,4 ± 43,6	+4	26,2	70,4 ± 8,6	17,3
Дар Каспия	311,7 ± 69,3	705,6 ± 34,3	508,6 ± 94,6	+78	54,8	81,2 ± 5,1	8,9
Золотое чудо	317,3 ± 20,4	275,8 ± 31,5	296,6 ± 19,2	+4	9,9	63,1 ± 6,9	15,5
Солнышко	429,0 ± 35,0	321,3 ± 67,7	375,2 ± 41,7	+31	20,3	58,7 ± 3,6	8,7
Арсенал	405,3 ± 47,6	439,3 ± 82,7	422,3 ± 43,3	+47	5,7	63,2 ± 5,5	12,3
Ростовский юбилейный	406,7 ± 36,3	326,0 ± 89,4	366,3 ± 46,8	+28	15,6	62,1 ± 0,1	0,3
Винни-Пух	329,7 ± 72,9	496,0 ± 56,3	413,2 ± 55,6	+44	28,5	48,4 ± 0,7	2,2
LS-1551-01 F <sub>1</sub>	535,7 ± 51,5	227,0 ± 33,1	381,3 ± 74,2	+33	57,2	71,7 ± 3,2	6,4
Медок F <sub>1</sub>	434,0 ± 15,1	364,7 ± 39,3	399,3 ± 24,4	+39	12,3	69,0 ± 2,0	4,2
Княжна F <sub>1</sub>	467,3 ± 83,1	205,7 ± 40,4	336,5 ± 71,6	+18	55,0	69,1 ± 1,8	3,8
Натали F <sub>1</sub>	472,0 ± 67,4	451,0 ± 41,7	461,5 ± 35,7	+61	3,2	60,5 ± 1,2	2,9
Моравская капия	293,7 ± 54,3	414,3 ± 28,8	354,0 ± 38,5	+24	24,1	70,7 ± 23,4	46,8
Деветка	390,3 ± 25,1	484,3 ± 75,5	437,3 ± 41,3	+53	15,2	63,2 ± 8,2	18,5
Казачок	494,3 ± 78,7	505,0 ± 157,2	499,7 ± 78,6	+75	1,5	51,7 ± 0,6	1,6
<b>Позднеспелые формы</b>							
Геракл	440,0 ± 81,3	265,0 ± 44,4	352,5 ± 57,0	+23	35,1	91,9 ± 7,2	11,1
Среднее	-	-	-	-	20,9	-	11,6

Форма плода у 26 (68 %) образцов – конусовидная, у шести (17 %) – призмовидная, у четырех (10 %) – кубовидная, у образца Солнышко – плоскоокруглая, а у болгарского образца Экстаза – хоботовидная.

По окраске в технической спелости плоды разделились на: кремовые – у шести образцов; бело-кремовые – у Vало F<sub>1</sub>, Князь серебряный, Голубчик; светло-зеленую окраску плода имели десять образцов; светло-зеленую с фиолетовыми полосами – Местный фиолетовый; зеленую – 13 и темно-зеленую – пять образцов.

**Таблица 3 – Основные морфометрические признаки выделившихся коллекционных образцов перца сладкого (2018–2019 гг.)**

Образец	Высота	Форма плода	Расположение плодов на растении	Окраска плодов в технической/ биологической спелости	Толщина стенки плода
Свежесть	среднее	конусовидная	пониклое	светло зеленая/ красная	средняя
Валентинка	низкое	конусовидная	вверх	кремовая/ красная	толстая
Купец	среднее	конусовидная	пониклое	светло зеленая/ красная	средняя
Белозерка	среднее	конусовидная	пониклое	кремовая/ красная	толстая
Здоровье сладкий	среднее	конусовидная	пониклое	светло зеленая/ красная	средняя
Местный фиолетовый	среднее	призмовидная	вверх	светло зеленая с фиолетовым/ красная	средняя
Богатырь	среднее	конусовидная	пониклое	светло зеленая/ красная	средняя
Гусар F <sub>1</sub>	среднее	конусовидная	пониклое	зеленая/ красная	толстая
Здоровье	среднее	конусовидная	пониклое	светло зеленая/ красная	средняя
Казачок	среднее	конусовидная	пониклое	светло зеленая/ красная	толстая
Экстаза	высокое	хоботовидная	пониклое	зеленая/ красная	средняя

Очень толстую мякоть плода (более 6 мм) имели образцы: Солнышко, и Медок F<sub>1</sub>. Толстая мякоть (4,1–6 мм) отмечена у 19 образцов (50 %).

### Выводы

В результате проведенной оценки коллекции перца сладкого по комплексу основных хозяйственно ценных признаков в условиях предгорной зоны Крыма выделены образцы для дальнейшей селекционной работы. Как источники раннеспелости (период созревания 89–100 суток) отобраны пять образцов: Здоровье, Здоровье сладкий, Валентинка, Свежесть, Местный фиолетовый. В качестве источников высокой продуктивности и крупноплодности – Купец (664,1 г/раст.), Гусар F<sub>1</sub> (582,8 г/раст.), Богатырь (544,8 г/раст.), Казачок (499,7 г/раст.), Валентинка (491,7 г/раст.), Экстаза (387,8 г/раст.) и Белозерка (332,5 г/раст.).

Установлено, что фенологический признак «всходы – техническая спелость плодов» имел низкую степень изменчивости (<10 %). По показателям продуктивности коллекционные образцы перца не отличались стабильностью в годы исследований. Лишь 13 образцов по данному признаку имели низкий коэффициент вариации, а у 16 – изменчивость данного признака была сильной.

### Литература

1. Алпатьев А. В. Перцы и баклажаны. М.: Московский рабочий, 1953. 79 с.
2. Вавилов Н. И. Теоретические основы селекции. М.: Наука, 1987. 511 с.
3. Варивода Е. А., Бочерова И. Н., Варивода Г. В. Коллекционные образцы Быковской станции – исходный материал для создания новых сортов арбуза // Овощи России. 2019. № 1. С. 37–41.
4. Шабетя О. М., Шабетя В. В., Сергієнко О. В., Кривець Д. О. Результати використання колекцій генфонду овочевих і баштанних рослин // Овочівництво і баштанництво. 2009. Вип. 55. С. 54.
5. Козловская Е. А., Пышная О. Н., Мамедов М. И., Джос Е. А., Матюкина А. А. Подбор родительских компонентов при создании гибридов перца сладкого для степной и сухостепной зон // Овощи России. 2019. № 1 (45). С. 8–11.

6. Куракса Н. П., Пилипенко Л. В. Параметры адаптивности перцу сладкого // Овочівництво і баштанництво. 2014. Вип. 60. С. 155–166.
7. Буренин В. И., Пискунова Т. М., Виноградов З. С. Использование генетических ресурсов в селекции овощных и бахчевых культур // Овощи России. 2013. № 2 (19). С.13–16.
8. Жученко А. А. Роль и перспективы адаптивной селекции, сортоиспытания и семеноводства растений // Материалы III международной научно-практической конференции. М.: ВНИИССОК, 2012. С. 12–66.
9. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1993. 8 с.
10. ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1986. 10 с.
11. Международный классификатор СЭВ вида *Capsicum annuum* L. // сост.: Дикий С., Воронина М., Студенцова Л. [и др.]. Л.: ВИР, 1986. 40 с.
12. Методические указания по изучению и поддержке мировой коллекции овощных пасленовых культур (томаты, перец, баклажаны). Л.: ВИР, 1977. 39 с.
13. Доспехов В. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Пятое издание, переработанное и дополненное. М.: Альянс, 2014. 351 с.

### References

1. Alpatiev A. V. Peppers and eggplants. Moscow: Moskovskiy rabochiy, 1953. 79 p.
2. Vavilov N. I. Theoretical foundations of breeding. Moscow: Nauka, 1987. 511 p.
3. Varivoda E. A., Bocherova I. N., Varivoda G. V. The collection samples of watermelon of Bikovskaya Cucurbits Station are the initial material for the selection of new varieties // Vegetable crops of Russia (Ovoshchi Rossii). 2019. No. 1. P. 37–41.
4. Shabetya O. M., Shabetya V. V., Sergienko O. V., Krivets D. O. Results of the use of gene pools of vegetables and melons // Vegetable and melon growing. 2009. Iss. 55. P. 54.
5. Kozlovskaya E. A., Pyshnaya O. N., Mamedov M. I., Dzhos E. A., Matyukina A. A. Selection of parental components of sweet pepper hybrids for steppe and dry steppe // Vegetable crops of Russia (Ovoshchi Rossii). 2019. No. 1 (45). P. 8–11.
6. Kuraksa N. P., Pylypenko L. V. Parameters of adaptability of sweet pepper // Vegetable and melon growing. 2014. Iss. 60. P. 155–166.
7. Burenin V. I., Piskunova T. M., Vinogradov Z. S. The use of genetic resources in breeding of vegetable and melon crops // Vegetable crops of Russia (Ovoshchi Rossii). 2013. No. 2 (19). P. 13–16.
8. Zhuchenko A. A. Role and prospects of plant adaptive breeding, variety testing and seed production // Materials of III International scientific-practical conference. Moscow: All-Union Research Institute of Vegetable Breeding and Seed Production (VNISSOK), 2012. P.12–66.
9. GOST 26213-91. Soils. Methods of determination of organic matter. Moscow: USSR Standardization and Metrology Committee, 1993. 8 p.
10. GOST 26951-86. Soils. Determination of nitrates by ionometric method. Moscow: USSR Standardization and Metrology Committee, 1986. 10 p.
11. The international CMEA classifier of the species *Capsicum annuum* L. / Comp.: Dikiy S., Voronina M., Studentsova L. [et al.]. Leningrad: VIR, 1986. 40 p.
12. Guidelines for the study and support of the world collection of vegetable solanaceous crops (tomatoes, peppers, eggplants). Leningrad: VIR, 1977. 39 p.
13. Dospikhov V. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). 5<sup>th</sup> edition, revised and added. Moscow: Alyans, 2014. 351 p.

UDC: 631.527: 635.649

Kostanchuk Yu. N.

### ASSESSMENT OF COLLECTION SAMPLES OF SWEET PEPPER IN THE FOOTHILL ZONE OF THE CRIMEA

*Summary.* At the initial stages of the breeding process, the evaluation and selection of collection material are important. The study of genetic resources in a collection nursery plot by a set of parameters allows selecting samples with economically valuable traits for integration them in breeding work. Sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) is a valuable vegetable crop with beneficial medicinal and healing properties. The aim of the research



was to assess collection samples of sweet pepper according to the main morphological, biological and economically valuable traits, to select source material for early ripening and productivity breeding. Thirty-eight collection samples of sweet pepper of various ecological and geographical origin served as the material for this research. The studies were carried out at the experimental site of the Research Institute of Agriculture of Crimea, which is located in the village of Ukromnoe, Simferopol district, Republic of Crimea, in 2018–2019 according to Guidelines for the study and support of the world collection of vegetable solanaceous crops (tomatoes, peppers, eggplants). We studied the productivity indicators, morphological and biological characteristics of samples of sweet pepper. The phenotypic variability of such economically valuable traits of collection forms as early ripening, productivity, and average weight of the fruits was determined. The phenological trait “seedlings – technical ripeness of fruits” had a low degree of variability (<10 %). Based on productivity, the stability of samples of pepper did not differ during the years of research. Only 13 samples for this trait had a low coefficient of variation. The variability of this trait was significant for sixteen samples. As a result of the assessment of the collection of sweet pepper by a complex of basic economically valuable traits, some samples were selected for further breeding in the foothill zone of the Crimea. As the source of early ripening such samples as ‘Zdorovye’, ‘Zdorovye sladkiy’, ‘Valentinka’, ‘Svezhest’, ‘Mestniy fioletoviy’ were selected. Their period of maturation lasted 89-100 days. As sources of productivity and large-fruitness – ‘Kupets’ (664.1 g/plant), ‘Gusar F<sub>1</sub>’ (582.8 g/plant), ‘Bogatyr’ (544.8 g/plant), ‘Kazachok’ (499.7 g/plant), ‘Valentinka’ (491,7 g/plant), ‘Ekstaza’ (387.8 g/plant) and ‘Belozerka’ (332.5 g/plant).

**Keywords:** sweet pepper, *Capsicum annuum* L., sample, productivity, trait, variability, adaptability.

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

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

Дата поступления в редакцию – 03.10.2019.

Дата принятия к печати – 01.11.2019.

DOI 10.33952/2542-0720-2019-4-20-63-69

УДК 633.15:631.52

Кривошеев Г. Я., Игнатъев А. С., Шевченко Н. А.

**ПРОДУКТИВНОСТЬ, КОРМОВАЯ ЦЕННОСТЬ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ НА ЗЕЛЕНЬ КОРМ И СИЛОС**

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»

**Реферат.** Цель исследований – определение эффективности возделывания на зеленый корм и силос новых гибридов кукурузы различных групп спелости в засушливых условиях. Исследования проводили в 2017–2019 гг. в ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»», расположенном в южной зоне Ростовской области, характеризующейся неустойчивым увлажнением. Объекты исследований – 24 гибрида кукурузы (*Zea mays* L.) трех групп спелости: раннеспелой (ФАО 150), среднеранней (ФАО 250), среднеспелой (ФАО 350). В ходе эксперимента учитывали продуктивность, кормовую ценность, биоэнергетическую эффективность возделывания. Метод размещения гибридов кукурузы в полевых опытах – систематический, с группировкой в отдельные блоки по группам спелости. Засушливые условия послужили фоном для выделения гибридов, адаптированных к условиям дефицита влаги. В среднем, более позднеспелые гибриды характеризовались более высокой урожайностью зеленой массы и сухого вещества. В каждой группе спелости выделены новые гибриды кукурузы, перспективные для выращивания на зеленый корм и силос, превысившие соответствующие стандарты по важнейшим хозяйственным признакам. По совокупности показателей выделились: раннеспелый гибрид Зерноградский 184 МВ, с урожайностью зеленой массы – 25,2 т/га, сухого вещества – 8,44 т/га, сбором кормовых единиц – 3,73 тыс. с 1 га, переваримого протеина – 0,30 т/га, коэффициентом энергетической эффективности – 2,5; среднеранний гибрид Зерноградский 299 МВ с урожайностью зеленой массы – 32,0 т/га, сухого вещества – 10,59 т/га, сбором кормовых единиц – 6,11 тыс. с 1 га, переваримого протеина – 0,46 т/га, коэффициентом энергетической эффективности – 2,9; среднеспелый гибрид Зерноградский 393 МВ с урожайностью зеленой массы – 30,2 т/га, сухого вещества – 10,60 т/га, сбором кормовых единиц – 5,86 тыс. с 1 га, переваримого протеина – 0,44 т/га, коэффициентом энергетической эффективности – 2,9.

**Ключевые слова:** кукуруза (*Zea mays* L.), зеленый корм, сухое вещество, обменная энергия, кормовые единицы, переваримый протеин, коэффициент энергетической эффективности.

**Введение**

Согласно доктрины продовольственной безопасности важнейшей проблемой в Российской Федерации считают возрождение и развитие отрасли животноводства, и в частности увеличение поголовья крупного рогатого скота, что невозможно сделать без улучшения кормовой базы. В этом плане трудно переоценить значение кукурузы. Как высокоэнергетический корм зерно кукурузы пригодно для кормления всех видов животных и птиц. Кукуруза является лучшей силосной культурой, так как отличается самым благоприятным соотношением питательных веществ и хорошо силосуется [1].

Усилия селекционеров направлены, в первую очередь, на создание гибридов кукурузы зернового типа [2]. Лучшие зерновые гибриды не всегда пригодны для возделывания на силос, следовательно, должна быть изучена возможность их универсального использования [3]. Создание гибридов кукурузы силосного

использования должно стать одним из важнейших направлений селекции [4]. Основные требования, предъявляемые к таким гибридам, – содержание сухого вещества в зеленой массе 25–35 % и хорошие кормовые качества растений [5]. Высокие значения показателей биоэнергетической эффективности возделывания служат критерием отбора гибридов кукурузы для использования в производстве [6]. Сельхозпроизводителям требуются гибриды различных групп спелости для зеленого конвейера. Силосные гибриды, так же, как и зерновые, должны быть адаптированы к почвенно-климатическим условиям выращивания [7]. Учитывая, что гибриды кукурузы возделывают на значительной территории Российской Федерации, расположенной в зонах с неустойчивым и недостаточным увлажнением, необходимо создание новых гибридов для таких условий и проверка их адаптивности.

**Цель исследований** – определение эффективности возделывания на зеленый корм и силос гибридов кукурузы различных групп спелости в засушливых условиях Ростовской области.

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

Эксперименты проводили в 2017–2019 гг. на селекционном поле лаборатории селекции и семеноводства кукурузы «ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”» (АНЦ «Донской»), расположенном в южной зоне Ростовской области. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный, характеризующийся наличием мощного гумусового слоя, достигающего 120 см, высокой карбонатностью, содержанием гумуса – 3,0–4,2 %, общего азота (ГОСТ 26107-84 [8]) – 0,23–0,26 %, подвижного фосфора и калия (ГОСТ 26205-91 [9]) – 15–20 и 300–500 мг/кг почвы соответственно. Реакция почвенного раствора в солевой вытяжке слабощелочная – 7,1–7,5 ед. рН. Сумма поглощенных оснований – 33–39 мг/экв. на 100 г почвы.

Климат южной зоны Ростовской области характеризуется неустойчивым увлажнением, наличием регионального типа комбинированной засухи – почвенной и воздушной в сочетании с высокими температурами воздуха. Среднегодовое количество осадков за период вегетации кукурузы (май–август) составляет 200,5 мм, гидротермический коэффициент – 0,7–0,8.

Условия вегетации 2017 и 2019 гг. характеризовались как средnezасушливые, а 2018 г. – очень засушливые. В 2017 г. за период вегетации кукурузы (с первого мая по первое сентября) выпало 226,1 мм атмосферных осадков, что составило 112,8 % среднегодовое нормы. Однако распределение их в течение вегетации было крайне неравномерным, осадки выпадали как правило в виде ливней и не полностью впитывались почвой. Во второй половине вегетации, когда отмечается наибольшее водопотребление растений кукурузы, выпало 42,2 мм осадков (с 1 июля по 20 августа), что составило 55,5 % от среднегодового количества за тот же период, гидротермический коэффициент (ГТК) находился на уровне 0,31. В летние месяцы превышение среднемесячной температуры над среднегодовое составляло 1,0–1,4 °С. Максимальная температура воздуха в августе достигала 39,6 °С. За вегетационный период ГТК составил 0,84.

В 2018 г. за период вегетации кукурузы выпало 93,4 мм осадков, что составило 46,6 % среднегодовое нормы, ГТК = 0,32. Среднемесячная температура воздуха превышала среднегодовое на 2,5–4,1 °С, с максимальной отметкой 39,3 °С.

В 2019 г. за период вегетации культуры выпало 159,7 мм осадков (79,7 % от среднегодовое количества), ГТК составил 0,58. Среднесуточная температура воздуха превышала среднегодовое на 1,5–5,4 °С.

Объекты исследований – 24 новых и районированных гибрида кукурузы различных групп спелости, созданные в АНЦ «Донской». Новые гибриды изучали впервые, а районированные ранее на силос не выращивали. В раннеспелой группе (ФАО 150) и среднеранней (ФАО 250) в качестве стандартов использовали гибриды

Краснодарский 194 МВ и Краснодарский 291 АМВ соответственно, созданные в ФГБНУ «Научный центр зерна имени П. П. Лукьяненко», в среднеспелой группе (ФАО 350) стандарт – Зерноградский 354 МВ, селекции АНЦ «Донской». Все стандарты относятся к гибридам универсального направления использования и рекомендуются Госкомиссией в качестве стандартов для изучения гибридов кукурузы на зерно и силос.

Закладку опытов, наблюдения и учеты проводили согласно методическим рекомендациям по проведению полевых опытов с кукурузой [10] и методике Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур [11]. Метод размещения гибридов в полевых условиях – систематический с группировкой в отдельные блоки по группам спелости, учетная площадь делянки –10 м<sup>2</sup>, повторность – четырехкратная. Агротехнические мероприятия проводили согласно зональной системе земледелия [12]. Уборку осуществляли вручную в фазе молочно-восковой спелости отдельно по группам спелости. Для определения кормовой ценности зеленой массы кукурузы использовали методические указания по оценке качества и питательности кормов [13]. Статистическую обработку выполняли по Б. А. Доспехову [14] с использованием метода дисперсионного анализа.

### Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования позволили в засушливых условиях выявить новые гибриды кукурузы всех групп спелости, превышающие стандарты по сбору зеленой массы и сухого вещества. Независимо от складывающихся погодных условий, испытываемые гибриды отличались от стандартов более высокой и стабильной урожайностью; по годам коэффициент вариации (С<sub>v</sub>) составил 7,8–9,7 %, у стандартов С<sub>v</sub> находился на уровне 12,0–14,5 %. В среднем, более позднеспелые гибриды характеризовались более высокой урожайностью зеленой массы и сухого вещества.

Урожайность зеленой массы у раннеспелого стандарта Краснодарский 194 МВ составила 25,1 т/га, сухого вещества – 7,63 т/га. Выделен новый раннеспелый гибрид Зерноградский 182 МВ, превысивший раннеспелый стандарт по сбору зеленой массы на 0,8 т/га, и новый раннеспелый гибрид Зерноградский 184 МВ, превзошедший стандарт по урожайности сухого вещества на 0,81 т/га (таблица 1).

**Таблица 1 – Урожайность зеленой массы и сухого вещества гибридов кукурузы (среднее за 2017–2019 гг.)**

Гибрид	Урожайность зеленой массы, т/га	Содержание сухого вещества, %	Урожайность сухого вещества, т/га
Раннеспелые (ФАО 150)			
Краснодарский 194 МВ (St.)	25,1	30,4	7,63
Зерноградский 182 МВ	25,9	30,4	7,87
Зерноградский 184 МВ	25,2	33,5	8,44
НСР <sub>05</sub>	0,8–1,9		0,41–0,65
Среднеранние (ФАО 250)			
Краснодарский 291 АМВ (St.)	25,8	31,9	8,23
Зерноградский 288 МВ	27,2	33,4	9,08
Зерноградский 294 МВ	27,3	34,2	9,34
Зерноградский 299 МВ	32,0	33,1	10,59
НСР <sub>05</sub>	1,4–2,8		0,48–0,72
Среднеспелые (ФАО 350)			
Зерноградский 354 МВ (St.)	28,3	31,2	8,82
Степняк МВ	28,8	34,7	9,99
Зерноградский 391 МВ	30,7	30,7	9,42
Зерноградский 393 МВ	30,2	35,1	10,60
Зерноградский 395 МВ	29,7	34,1	10,13
НСР <sub>05</sub>	1,4–2,2		0,67–0,96

В среднеранней группе выделились новые гибриды – Зерноградский 288 МВ, Зерноградский 294 МВ, Зерноградский 299 МВ, сформировавшие урожай зеленой

массы на уровне 27,2–32,0 т/га, превысив стандарт своей группы спелости на 1,4–6,2 т/га. Урожайность сухого вещества у них составила 9,08–10,59 т/га, что выше, чем у стандарта, на 0,85–2,36 т/га. Наибольший сбор зеленой массы (32,0 т/га) и сухого вещества (10,59 т/га) обеспечил новый гибрид Зерноградский 299 МВ.

В среднеспелой группе к наиболее перспективным отнесены новые гибриды – Степняк МВ, Зерноградский 391 МВ, Зерноградский 393 МВ, Зерноградский 395 МВ, которые сформировали урожайность зеленой массы на уровне 28,8–30,7 т/га, сухого вещества – 9,42–10,60 т/га, что больше, чем у стандарта Зерноградский 354 МВ на 0,5–2,4 т/га и 0,6–1,78 т/га соответственно.

Гибриды различались по кормовой ценности зеленой массы. Содержание сырой клетчатки варьировало по гибридам в пределах 36,93–38,77 %, сырого протеина – 6,62–8,94 % (таблица 2).

**Таблица 2 – Кормовая ценность зеленой массы гибридов кукурузы (среднее за 2017–2019 гг.)**

Гибрид	Массовая доля в 1 кг сухого вещества, %		Сбор переваримого протеина, т/га	Кормовых единиц, тыс. с 1 га
	сырой клетчатки	сырого протеина		
Раннеспелые (ФАО 150)				
Краснодарский 194 МВ (St.)	38,57	6,62	0,20	3,06
Зерноградский 182 МВ	36,93	8,94	0,38	3,50
Зерноградский 184 МВ	38,66	7,58	0,30	3,73
Среднеранние (ФАО 250)				
Краснодарский 291 АМВ (St.)	38,53	7,27	0,27	3,57
Зерноградский 288 МВ	38,41	8,61	0,40	4,37
Зерноградский 294 МВ	37,72	7,86	0,36	4,76
Зерноградский 299 МВ	37,76	8,40	0,46	6,11
Среднеспелые (ФАО 350)				
Зерноградский 354 МВ (St.)	37,50	8,90	0,43	4,29
Степняк МВ	38,67	7,54	0,35	5,22
Зерноградский 391 МВ	37,75	8,79	0,45	4,84
Зерноградский 393 МВ	38,77	8,19	0,44	5,86
Зерноградский 395 МВ	38,33	7,23	0,32	5,45

По сбору переваримого протеина с 1 га посевов среди раннеспелых гибридов выделился Зерноградский 182 МВ, превысив стандарт на 0,18 т/га. По сбору кормовых единиц с 1 га лучшим оказался гибрид Зерноградский 184 МВ (превышение над стандартом – на 0,44 тыс. корм. ед.). В среднеранней группе у всех новых гибридов величины этих показателей были больше, чем у стандарта, а самое большое превышение над стандартом своей группы спелости зафиксировали у гибрида Зерноградский 299 МВ (на 0,19 т/га и на 2,54 тыс. корм. ед. с 1 га соответственно). В среднеспелой группе новые гибриды Степняк МВ и Зерноградский 395 МВ уступили стандарту по сбору переваримого протеина (на 0,11–0,08 т/га), а гибриды Зерноградский 391 МВ и Зерноградский 393 МВ незначительно отличались от стандарта (на 0,01–0,02 т/га). Количество кормовых единиц с 1 га посевов, было выше по сравнению со стандартом у всех новых среднеспелых гибридов на 0,55–1,16 тыс. корм. ед. с 1 га соответственно.

Содержание обменной энергии, полученной с урожаем, варьировало по гибридам от 61,48 до 86,87 ГДж/га (таблица 3).

Новые гибриды всех групп спелости характеризовались более высокой обменной энергией, чем соответствующие стандарты. Наибольшими величинами



этого показателя отличались среднеранний гибрид Зерноградский 299 МВ (86,87 ГДж/га) и среднеспелый гибрид Зерноградский 393 МВ (85,3 ГДж/га).

**Таблица 3 – Биоэнергетическая эффективность выращивания гибридов кукурузы на зеленый корм и силос (среднее за 2017–2019 гг.)**

Гибрид	Обменная энергия, полученная с урожаем, ГДж/га	Затраты совокупной энергии, ГДж/га	Чистый энергетический доход, ГДж/га	Энергоемкость продукции, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
Раннеспелые (ФАО 150)					
Краснодарский 194 МВ (St.)	61,48	27,11	34,37	1,08	2,3
Зерноградский 182 МВ	65,74	27,43	38,31	1,06	2,4
Зерноградский 184 МВ	67,86	27,15	40,71	1,08	2,5
Среднеранние (ФАО 250)					
Краснодарский 291 АМВ (St.)	66,37	27,39	38,98	1,06	2,4
Зерноградский 288 МВ	73,42	27,95	45,47	1,03	2,6
Зерноградский 294 МВ	76,69	28,00	48,69	1,03	2,7
Зерноградский 299 МВ	86,87	29,87	57,00	0,93	2,9
Среднеспелые (ФАО 350)					
Зерноградский 354 МВ (St.)	72,76	28,39	44,37	1,00	2,6
Степняк МВ	80,31	28,59	51,72	0,99	2,8
Зерноградский 391 МВ	77,29	29,35	47,94	0,96	2,6
Зерноградский 393 МВ	85,03	29,15	55,88	0,97	2,9
Зерноградский 395 МВ	82,00	28,95	53,11	0,97	2,8

Затраты совокупной энергии, использованной на возделывание гибридов составили 27,11–29,87 ГДж/га, чистый энергетический доход – 34,37–57,00 ГДж/га. Самыми энергоемкими были гибриды Краснодарский 194 МВ и Зерноградский 184 МВ (1,08 ГДж/га), наименее энергоемким – Зерноградский 299 МВ (0,93 ГДж/га).

Коэффициент энергетической эффективности варьировал по гибридам от 2,3 до 2,9. Новые гибриды превосходили по величине этого показателя соответствующие стандарты. В раннеспелой группе максимальное значение отмечено у гибрида кукурузы Зерноградский 184 МВ (2,5), в среднеранней – у Зерноградского 299 МВ (2,9), в среднеспелой – у гибрида Зерноградский 393 МВ (2,9).

### Выводы

Проведенные исследования позволили выделить новые гибриды кукурузы различных групп спелости перспективные для выращивания на зеленый корм и силос в условиях неустойчивого и недостаточного увлажнения.

По совокупности показателей выделились: раннеспелый гибрид Зерноградский 184 МВ, среднеранний Зерноградский 299 МВ, среднеспелый Зерноградский 393 МВ. Они отличались более высокой продуктивностью, кормовой ценностью, биоэнергетической эффективностью возделывания по сравнению с соответствующими стандартами: сбор зеленой массы 25,2–30,2 т/га, урожайность сухого вещества 8,44–10,60 т/га, сбор кормовых единиц – 3,73–6,11 тыс. с 1 га, переваримого протеина – 0,3–0,60 т/га, коэффициент энергетической эффективности – 2,5–2,9.

### Литература

1. Юенхеймер Р. У. Кукуруза: улучшение сортов, производство семян, использование. М.: Колос, 1979. 519 с.
2. Сотченко В. С., Сотченко Ю. В., Орлянский Н. А., Сотченко Е. Ф., Горбачева А. Г. ФГБНУ ВНИИ кукурузы – 30 лет. Селекция и семеноводство кукурузы // Кукуруза и сорго. 2017. № 4. С. 3–9.
3. Орлянский Н. А., Орлянская Н. А., Зубко Д. Г. Раннеспелый гибрид кукурузы Воронежский 160 СВ // Кукуруза и сорго. 2018. № 2. С. 22–27.

4. Сотченко В. С. Перспективы возделывания кукурузы для производства высокоэнергетических кормов // Кукуруза и сорго. 2008. № 4. С. 2–5.
5. Сотченко В. С. Состояние и перспектива возделывания кукурузы в России // Кукуруза и сорго. 2000. № 4. С. 2–4.
6. Столяров Г. В. Экономическая и энергетическая оценка возделывания кукурузы на полях Гомельщины // Кукуруза и сорго. 2002. № 5. С. 2–4.
7. Сотченко В. С., Кузнецов И. Ю., Ахияров Б. Г., Ахиярова Л. М., Сотченко Б. Н. Подбор гибридов кукурузы селекции ФГБНУ ВНИИ кукурузы для условий республики Башкортостан // Кукуруза и сорго. 2018. № 1. С. 3–8.
8. ГОСТ 26107-84. Почвы. Методы определения общего азота. М.: Издательство стандартов, 1984. 11 с.
9. ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1993. 10 с.
10. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой. Днепропетровск: ВНИИ кукурузы, 1980. 54 с.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1979. 240 с.
12. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы. Ч. III. Ростов-на-Дону, 2013. 376 с.
13. Методические указания по оценке качества и питательности кормов. М.: ЦИНАО, 2002. 75 с.
14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Пятое издание, переработанное и дополненное. М.: Альянс, 2014. 351 с.

### References

1. Yugenkheimer R. U. Maize: variety improvement, seed production, use. Moscow: Kolos, 1979. 519 p.
2. Sotchenko Y. V., Orlyanskiy N. A., Sotchenko E. F., Gorbacheva A. G. FSBSI ARRSI of corn is 30 years off. Corn breeding and seed production // Maize and sorghum. 2017. No. 4. P. 3–9.
3. Orlyansky N. A., Orlyanskaya N. A., Zubko D. G. Early maturing corn hybrid ‘Voronezhsky 160 SV’ // Maize and sorghum. 2018. No. 2. P. 22–27.
4. Sotchenko V. S. Prospects for maize breeding on high-energy feeds // Maize and sorghum. 2008. No. 4. P. 2–5.
5. Sotchenko V. S. The state and prospects of maize breeding in Russia // Maize and sorghum. 2000. No. 4. P. 2–4.
6. Stolyarov G. V. Economic and energy assessment of maize cultivation in the fields of the Gomel region // Maize and sorghum. 2002. No. 5. P. 2–4.
7. Sotchenko V. S., Kuznetsov I. Yu., Akhiyarov B. G., Akhiyarova L. M., Sotchenko B. N. Selection of corn hybrids developed by the Institute of Maize for conditions of the Republic of Bashkortostan // Maize and sorghum. 2018. No. 1. P. 3–8.
8. ГОСТ 26107-84. Soils. Methods for determination of total nitrogen. Moscow: Standards publishing, 1984. 11 p.
9. ГОСТ 26205-91. Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Machigin method modified by CINAО. Moscow: USSR Standardization and Metrology Committee, 1993. 10 p.
10. Methodical recommendations on conducting field trials with maize. Dnepropetrovsk: RRI of Maize, 1980. 54 p.
11. Methodology of a State Variety Testing of Agricultural Crops. Moscow: Kolos, 1979. 240 p.
12. The zoned agricultural systems of the Rostov region in 2013-2020. Part III. Rostov-on-Don, 2013. 376 p.
13. Methodical recommendations on the estimation of feed quality and nutritional value. Moscow: TsNAO. 2002. 75p.
14. Dospikhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). 5<sup>th</sup> edition, appr. and add. Moscow: Alians, 2014. 351 p.

UDC 633.15:631.52

Krivosheev G. Ya., Ignatiev A. S., Shevchenko N. A.

### **PRODUCTIVITY, FORAGE VALUE AND BIOENERGETIC EFFICIENCY OF MAIZE HYBRIDS CULTIVATION FOR GREEN FODDER AND SILAGE**

*Summary.* The current study was conducted in 2017–2019 in the Agricultural Research Center “Donskoy” located in the south of the Rostov region and characterized

*by unstable moisture. The purpose of the research was to determine the cultivation efficiency of new maize hybrids of various ripeness groups for green fodder and silage in the arid conditions. The objects of the study were 24 maize hybrids (*Zea mays* L.) of three different maturity groups: early ripening (FAO 150), middle-early ripening (FAO 250), middle ripening (FAO 350). They were studied according to the productivity, forage value, and bioenergetic efficiency of cultivation. We used a systematic method of placing maize hybrids in field trials grouping them in separate blocks according to the groups of maturity. The arid conditions during the study served as the background for identification of maize hybrids adapted to moisture deficiency conditions. On average, more late-ripening hybrids were characterized by higher yields of green mass and dry matter. New maize hybrids, promising for cultivation for green fodder and silage and exceeding the relevant standards in the most important economic traits were identified in each group of maturity. According to all indicators, the following hybrids can be identified: the early ripening hybrid 'Zernogradsky 184' with 25.2 t/ha of green mass productivity, 8.44 t/ha of dry matter, 3.73 thousand feed units per ha, 0.30 t/ha of digestible protein, and energy efficiency coefficient of 2.5; the middle-early ripening hybrid 'Zernogradsky 299 MV' with 32.0 t/ha of green mass productivity, 10.59 t/ha of dry matter, 6.11 thousand feed units per ha, 0.46 t/ha of digestible protein, and energy efficiency coefficient of 2.9; the middle ripening hybrid 'Zernogradsky 393 MV' with 30.2 t/ha of green mass productivity, 10.60 t/ha of dry matter, 5.86 thousand feed units per ha, 0.44 t/ha of digestible protein, and energy efficiency coefficient of 2.9.*

**Keywords:** maize (*Zea mays* L.), green fodder, dry matter, changeable energy, feed units, digestible protein, energy efficiency coefficient.

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

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

Шевченко Николай Алексеевич, техник-исследователь лаборатории селекции и семеноводства кукурузы ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: kcck-bass@inbox.ru.

Krivosheev Gennadiy Yakovlevich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the laboratory of maize breeding and seed production, FSBSI "Agricultural Research Center «Donskoy»"; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: genadiy.krivosheev@mail.ru.

Ignatiev Aleksey Stanislavovich, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher of the laboratory of maize breeding and seed production, FSBSI "Agricultural Research Center «Donskoy»"; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: ignatev1983@rambler.ru.

Shevchenko Nikolay Alekseevich, research technician of the laboratory of maize breeding and seed production, FSBSI "Agricultural Research Center «Donskoy»"; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: kcck-bass@inbox.ru.

*Дата поступления в редакцию – 17.10.2019.*

*Дата принятия к печати – 11.11.2019.*

DOI 10.33952/ 2542-0720-2019-4-20-70-78

УДК 633.11:631.52

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

**ЛИДИЯ – УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СОРТ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ**

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»

**Реферат.** *Высокий уровень интенсификации земледелия и более широкое использование современных средств защиты растений создают возможность расширения посевов озимой пшеницы по непаровым предшественникам, в том числе и после кукурузы на зерно. В связи с этим перед сельхозпроизводителями стал вопрос размещения озимой пшеницы по этому предшественнику. Цель исследований – дать хозяйственно-биологическую характеристику нового сорта озимой мягкой пшеницы Лидия селекции Аграрного научного центра «Донской». Исследования выполняли в 2015–2019 гг. на опытных полях ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»». Объект исследований – сорт озимой мягкой пшеницы Лидия, включенный в Государственный реестр селекционных достижений России в 2014 г. Стандарт – сорт Дон 107. Почвенный покров опытного участка представлен черноземом обыкновенным, который характеризуется наличием мощного гумусового слоя (до 160 см). Метеорологические условия 2015–2019 гг. сложились разнообразно, что позволило оценить новый сорт по комплексу хозяйственно ценных признаков. Опыт закладывали по четырем предшественникам: кукуруза на зерно, черный пар, горох и подсолнечник. Повторность – четырехкратная, учетная площадь делянки – 10 м<sup>2</sup>. Средняя урожайность по предшественнику кукуруза на зерно составила 7,87 т/га, превысив стандартный сорт Дон 107 на 0,55 т/га. Высокие прибавки сбора зерна получены в опытах по черному пару – 0,63 т/га, гороху – 0,35 т/га и подсолнечнику – 0,46 т/га. Сорт характеризуется высокой морозостойкостью и засухоустойчивостью. Устойчив к поражению бурой ржавчиной и пыльной головней. Сорт внесен в списки «ценных» по качеству пшениц. В Ростовской области сорт рекомендуется к возделыванию на высоком, среднем и низком агрофонах.*

**Ключевые слова:** *озимая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.), сорт, урожайность, предшественник, качество зерна, устойчивость к болезням.*

**Введение**

Озимая пшеница – важнейшая продовольственная культура России, занимающая значительный удельный вес в структуре зернового клина. Для успешного выполнения задач по увеличению производства зерна и повышению его качества большое значение имеет ускорение и модернизация селекционного процесса, создание и внедрение в производство новых более продуктивных, обладающих высоким качеством зерна сортов озимой пшеницы. Селекция на увеличение продуктивности представляет одну из самых трудных задач, что связано с комплексностью этого признака. Высокопродуктивный сорт, по крайней мере, должен отвечать трем основным условиям: успешно противостоять воздействию неблагоприятных факторов среды, максимально эффективно использовать благоприятные условия среды, стабильно сохранять высокую продуктивность в условиях производства [1].

Разнообразные почвенно-климатические условия регионов возделывания диктуют необходимость создания сортов хорошо приспособленных к ним, в том числе способных формировать стабильный урожай зерна высокого качества по

различным предшественникам. В последние годы в Ростовской области ежегодно высевают около 2,5 млн га озимой пшеницы, при этом часть посевов размещают по черному пару (около 1,0 млн га), другую – по непаровым предшественникам, среди которых до недавнего времени были: кукуруза на зерно и силос, горох, бобово-злаковая смесь, многолетние травы, подсолнечник и др. [2].

В последние годы в связи с увеличением в структуре посевных площадей кукурузы на зерно (с 150 тыс. га в 2006 г. до 200 тыс. га в 2013 г. и в планах к 2020 г. увеличить до 240 тыс. га), как импортозамещающей культуры, встал вопрос о размещении посевов озимой пшеницы по этому предшественнику.

**Цель исследований** – дать хозяйственно-биологическую характеристику нового сорта озимой мягкой пшеницы Лидия селекции Аграрного научного центра «Донской».

В задачи исследования входило:

- оценить уровень урожайности сорта по различным предшественникам и его стабильность по годам;
- определить качественные показатели зерна сорта Лидия;
- установить устойчивость сорта к основным стресс-факторам среды.

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

Исследования проводили в 2015–2019 гг. на опытных полях ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”».

Почвенный покров опытного участка представлен черноземом обыкновенным, который характеризуется наличием мощного гумусового слоя (до 160 см) и невысоким содержанием гумуса (в среднем 3,9 % в пахотном слое), сильной перерытостью профиля землероями, неплотным сложением и высокой карбонатностью. Механический состав почв – глинистый с содержанием физической глины в верхнем горизонте – 60,0–62,7 %. Почва имеет мелкозернистую структуру, рыхлое сложение, легко поддается обработке, обладает хорошей воздухопроницаемостью и влагоемкостью, способна накапливать значительные запасы влаги. Содержание общего азота в горизонте А – 0,23–0,26 %, содержание легкогидролизуемого азота – 60–100 мг/кг почвы, нитрификационного азота – 1,5–2,0 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 15–20 мг/кг почвы, обменного калия – 300–500 мг/кг. Реакция почвенного раствора слабощелочная – 7,2 ед. рН [3].

Агроклиматические условия юга Ростовской области позволяют получать высокие урожаи зерновых колосовых культур, в том числе озимой пшеницы. Климат зоны – резко континентальный, годовое количество осадков составляет 450–650 мм, при этом характерно их неравномерное распределение в течение года, в летний период они носят преимущественно ливневый характер. Континентальность зоны проявляется также и в резких колебаниях температур с низкой относительной влажностью воздуха и почвы, что приводит к частым засухам. Периоды без выпадения осадков длятся 1,5–2 месяца. Гидротермический коэффициент, характеризующий влагообеспеченность, равен 0,8–0,9 [4].

В 2014–2015 сельскохозяйственном году среднесуточная температура воздуха составила 10,5 °С (среднегодовое значение – 9,7 °С). Осадки выпадали неравномерно по сезонам и месяцам, при этом их сумма была немного выше среднегодового значения – 600,3 мм (103,1 %).

Условия 2015–2016 сельскохозяйственного года характеризовались повышенным температурным режимом и обилием осадков в зимний период (январь, февраль) и весной. Всего за год выпало 659,0 мм осадков (113,2 % к годовой норме), в том числе – осенью 121,9 мм (92,7 %), зимой – 218,3 мм (149,8 %), весной –



233,4 мм (178,2 %), летом – 85,4 мм (49,0 %). Среднегодовая температура воздуха в текущем году составила 12,1 °С, превысив среднемноголетнюю на 2,4 °С.

В 2016–2017 сельскохозяйственном году среднесуточная температура воздуха и сумма осадков были на уровне многолетних показателей – 103 и 101 % от среднемноголетней нормы.

За 2017–2018 сельскохозяйственный год выпало 453,6 мм осадков (78,0 % от среднемноголетних данных), в том числе осенью – 119,7 мм (91,0 %), зимой – 187,7 мм (129,4 %), весной – 65,0 мм (49,6 %), летом – 80,7 мм (46,3 %). Среднегодовая температура воздуха составила 11,8 °С, превышение среднемноголетнего значения – 2,1 °С.

В 2018–2019 сельскохозяйственном году среднесуточная температура воздуха составила 11,5 °С. Осадки выпадали неравномерно, а их сумма была ниже среднемноголетних показателей – 521,4 мм (86,9 %), в том числе осенью – 139,4 мм (106 %), зимой – 149,1 мм (102,8 %), весной – 142,6 мм (108,9 %), летом – 90,3 мм (51,8 %).

Объект исследования – сорт Лидия. Стандартом служил сорт Дон 107. В производственных посевах новый сорт сравнивали с лидером в структуре посевных площадей Ростовской области сортом Ермак.

Опыт закладывали по четырем предшественникам: кукуруза на зерно, черный пар, горох и подсолнечник.

Закладку опытов, фенологические наблюдения, полевые учеты проводили согласно методике Государственного испытания [5] и методике полевого опыта [6]. Степень полегания и зимостойкость оценивали глазомерно по пятибалльной шкале. Повторность – четырехкратная, учетная площадь делянки – 10 м<sup>2</sup>. Посев осуществляли сеялкой «Wintersteiger Plotseed» нормой высева 5 млн всхожих семян/га на глубину заделки 4–6 см. Уборку урожая проводили комбайном «Wintersteiger Classic» в фазе полной спелости зерна.

Качественные показатели зерна определяли по методике оценки технологических качеств зерна [7].

Оценку сорта на устойчивость к низким температурам определяли путем промораживания растений в посевных ящиках в камерах низких температур (КТВ 20-002) и на стационарных стеллажах по методике государственного сортоиспытания.

Статистическую обработку данных выполняли методом дисперсионного анализа с помощью компьютерных программ Microsoft Office 2010 и Statistica 10.

### Результаты и их обсуждение

В 2014 г. в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации по Северо-Кавказскому и Нижневолжскому региону включен сорт озимой мягкой пшеницы Лидия. Оригинатор – ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”».

Скращивание родительских форм, хорошо зарекомендовавших себя в производстве сортов собственной селекции, – 942/98 (Дон 93 × Ростовчанка) и Ермак осуществили в 2000 г.

Разновидность нового сорта – эритроспермум. Колос белый, остистый, средней длины 6,8–9,1 см (рисунок 1) и средней плотности, цилиндрический. Зерно крупное, масса 1000 зерен – 44–47 г, яйцевидной формы, красное, бороздка неглубокая. Высота растений – 80–95 см.

Вегетационный период от всходов до хозяйственной спелости у Лидии составляет 240–250 дней. Время колошения – среднераннее. За годы изучения (2015–2019 гг.) сорт был устойчив к осыпанию зерна в колосе и полеганию.



**Рисунок 1 – Зерно и колос сорта озимой мягкой пшеницы Лидия, 2011 г.**

Ценное свойство универсального сорта Лидия – высокая морозостойкость. В полевых условиях средняя оценка перезимовки составила 5 баллов, количество сохранившихся живых растений после промораживания в камерах низких температур КТВ 20-002 при температуре  $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$  в среднем за годы изучения – 70,1 %, у стандартного сорта Дон 107 – 5 баллов и 73,2 % соответственно (таблица 1). Другими ценными свойствами сорта Лидия являются высокая засухоустойчивость и жаростойкость – 5 баллов, которые он унаследовал от сорта Дон 93.

**Таблица 1 – Хозяйственно-биологическая характеристика сорта мягкой озимой пшеницы Лидия, предшественник – кукуруза на зерно (среднее за 2015–2019 гг.)**

Показатель	Дон 107 (St.)	Лидия	Отклонение от St.
Высота растений, см	86	82	-4
Устойчивость к полеганию, балл	4,8	5,0	0,2
Продолжительность вегетационного периода, сут	245	245	0
Поражение болезнями (инфекционный фон):			
– бурая ржавчина, %	60–80	следы	-
– мучнистая роса, балл	2,5–3,0	1,5–2,0	-
– пыльная головня, %	0,0	0,0	-
Морозостойкость, %	73,2	70,3	-2,9
Засухоустойчивость, балл	5,0	5,0	0
Жаростойкость, балл	5,0	5,0	0

Новый сорт обладает высокой устойчивостью к бурой ржавчине, которая в Ростовской области является наиболее опасным заболеванием, так как значительно снижает продуктивность и качество зерна [8].

В полевых условиях и на инфекционном фоне за годы изучения на посевах Лидии были отмечены только следы бурой ржавчины, в то время как у стандарта поражение достигало 60–80 % листовой поверхности.

Сорт устойчив к пыльной головне. За все годы изучения в полевых условиях и на инфекционном фоне поражение этим патогеном не наблюдали.

Устойчивость нового сорта к основным листовым болезням позволяет в производственных условиях свести к минимуму пестицидную нагрузку, а возможно, и отказаться от применения фунгицидов; тем самым можно не только снизить себестоимость зерна, но и получать экологически чистую продукцию.

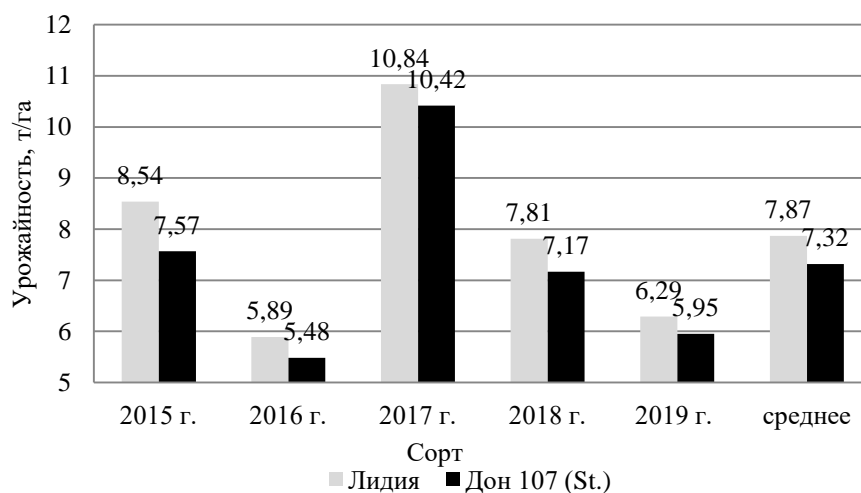
Сорт внесен в списки «ценных» по качеству пшениц. За годы изучения формировал крупное зерно с высокой натурой, превосходил стандартный сорт Дон 107 по содержанию белка и клейковины в зерне на 0,61 и 1,7 % соответственно (таблица 2).

**Таблица 2 – Технологические показатели качества зерна озимой пшеницы Лидия (среднее за 2015–2019 гг.)**

Показатель	Дон 107 (St.)	Лидия	Отклонение от St.
Масса 1000 зерен, г	39,1	44,6	5,5
Натура зерна, г/л	795	810	15
Стекловидность, %	63	69	6
Содержание белка, %	11,99	12,60	0,61
Содержание клейковины, %	21,3	23,0	1,7
Показатель ИДК, е.п.	59	70	11
Сила муки, е.а.	175	184	9
Объем хлеба из 100 г муки, см <sup>3</sup>	495	505	10
Общая оценка хлеба, балл	2,9	3,0	0,1
Валориметрическая оценка, е.в.	63	70	7

Основное достоинство сорта Лидия – высокая зерновая продуктивность, потенциал которой составляет более 11,0 т/га. Отличительная особенность нового сорта – универсальность; независимо от условий выращивания, сорт достоверно по всем изучаемым предшественникам (кукуруза на зерно, черный пар, горох и подсолнечник) превосходил стандартный сорт Дон 107 по урожайности. Эти свойства сорт Лидия унаследовал от сорта Ермак. В Ростовской области сорт рекомендуется для возделывания на высоком, среднем и низком агрофоне.

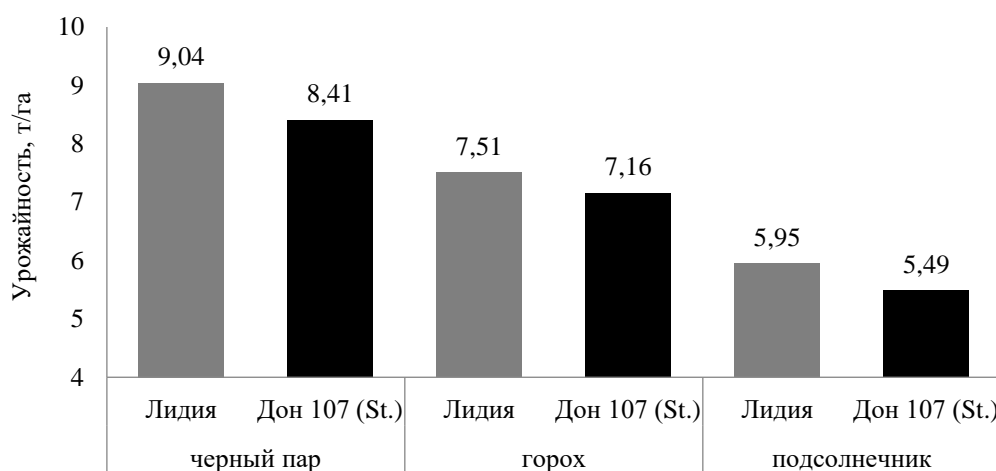
Средний за пять лет исследования сбор зерна сорта Лидия по предшественнику кукуруза на зерно составил 7,87 т/га, превысив стандартный сорт Дон 107 на 0,55 т/га (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Урожайность сорта Лидия по предшественнику кукуруза на зерно, т/га**

*Примечание.* НСР<sub>05</sub> 2015 г. – 0,35; 2016 г. – 0,41; 2017 г. – 0,31; 2018 г. – 0,34; 2019 г. – 0,34.

Высокие достоверные прибавки урожая нового сорта по сравнению со стандартом, отмечены в опытах по предшественникам (рисунок 3): черный пар – на 0,63 т/га, горох – на 0,35 т/га и подсолнечник – на 0,46 т/га.



**Рисунок 3 – Урожайность сорта Лидия в опытах по предшественникам (среднее за 2015–2019 гг.)**

*Примечание.* НСР<sub>05</sub> черный пар – 0,25 т/га, горох – 0,31 т/га, подсолнечник – 0,36 т/га.

В 2018 г. сорт Лидия изучали на сортоучастках в Чеченской Республике, Ингушетии, Северной Осетии, Волгоградской и Саратовской областях. Из 18 сортоучастков на шести получены достоверные прибавки к стандарту (таблица 3), на восьми сорт Лидия формировал урожайность на уровне стандартных сортов.

**Таблица 3 – Урожайность сорта озимой мягкой пшеницы Лидия на сортоучастках в Российской Федерации (2018 г.)**

Сортоучасток	Субъект РФ	Предшественник	Стандарт	Урожайность, т/га		НСР <sub>05</sub>
				St.	Лидия	
Малгобекский	Республика Ингушетия	многолетние травы	Ермак	5,72	7,28	0,13
Назрановский		занятый пар		5,78	6,28	0,13
Сунженский		занятый пар		5,43	5,74	0,13
Октябрьский	Волгоградская область	черный пар	Дон 93	2,86	3,00	0,06
Сурувикинский		черный пар		2,44	2,86	0,08
Гудермесский	Чеченская Республика	черный пар	Таня	3,49	4,49	0,33

Производственные испытания сорта Лидия в ФГБНУ АНЦ «Донской», также подтвердили превышение изучаемого сорта не только по урожайности, но и качественным показателям. Так, например, средняя урожайность за два года (2018–2019 гг.) по предшественнику горох на площади 149 га составила 5,56 т/га, содержание белка – 13,9 %, клейковины – 27,4 %; у сорта Ермак (лидер по занимаемым площадям в Ростовской области) по этому же предшественнику на площади 186 га средняя урожайность составила 5,46 т/га, содержание белка и клейковины – 13,4 и 26,2 % соответственно. Хорошие результаты получены по предшественнику подсолнечник в 2019 г. Средняя урожайность сорта Лидия на площади 241 га составила 4,63 т/га, зерно – третьего класса качества. Урожайность зерна сорта Ермак по этому предшественнику с площади 92 га составил 4,52 т/га, зерно – четвертого класса качества.

Таким образом, для повышения валовых сборов зерна высокого качества, необходимо своевременно проводить сортомену и шире использовать новые сорта озимой мягкой пшеницы, в том числе и Лидию.

#### Выводы

В 2014 г. по Северо-Кавказскому и Нижневолжскому региону допущен к использованию в производстве сорт озимой мягкой пшеницы Лидия. Сорт сочетает высокую зерновую продуктивность с устойчивостью к основным стресс-факторам регионов допуска и хорошим качеством зерна. За годы изучения сорт достоверно превосходил по урожайности стандартный сорт Дон 107 по предшественнику кукуруза на зерно (+0,55 т/га), хорошие прибавки урожая были получены и по другим предшественникам: черный пар (+0,63 т/га), горох (+0,35 т/га) и подсолнечник (+0,46 т/га). Новый сорт обладает высоким уровнем морозостойкости (70,1 %), засухоустойчивости (5 баллов) и жаростойкости (5 баллов). Дальнейшее увеличение посевных площадей под этим сортом благодаря более высокой зерновой продуктивности по сравнению со старыми сортами позволит увеличить валовые сборы зерна не только в Ростовской области, но и в других регионах РФ, обеспечивая продовольственную безопасность нашей страны.

#### Литература

1. Скрипка О. В., Самофалов А. П., Подгорный С. В. Новый сорт озимой мягкой пшеницы Находка // Зерновое хозяйство России. 2015. № 4. С. 32–41.
2. Рыбась И. А., Гуреева А. В., Марченко Д. М., Гричаникова Т. А., Романюкина И. В. Характеристика адаптивных свойств сортов и линий озимой мягкой пшеницы по предшественнику кукуруза // Аграрный вестник Урала. 2015. № 10 (140). С. 10–14.
3. Бельтюков Л. П. Сорт, технология, урожай. Ростов-на-Дону: Книга, 2002. 176 с.
4. Марченко Д. М. Изучение взаимосвязи морфобиологических признаков мягкой озимой пшеницы с зерновой продуктивностью. Дисс. ... канд. с.-х. наук. Зерноград: ГНУ ВНИИЗК Россельхозакадемии, 2012. 147 с.
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2: Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры // подгот. Федин М. А. [и др.]. М.: Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, 1989. 194 с.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Пятое издание, переработанное и дополненное. М.: Альянс, 2014. 351 с.
7. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур // под общ. ред. Федина М. А. М.: Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, 1988. С. 41–74.
8. Марченко Д. М., Костылев П. И., Гричаникова Т. А. Межстанционное испытание сортов озимой мягкой пшеницы в условиях Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2012. № 1 (19). С. 19–23.

#### References

1. Skripka O. V., Samofalov A. P., Podgorny S. V. New variety of winter soft wheat 'Nakhodka' // Grain Economy of Russia. 2015. No. 4. P. 32–41.
2. Rybas I. A., Gureeva A. V., Marchenko D. M., Grichanikova T. A., Romanyukina I. V. Description of adaptive properties of varieties and lines of soft winter wheat sown after predecessor corn // Agrarian Bulletin of the Urals. 2015. No. 10 (140). P. 10–14.
3. Beltyukov L. P. Variety, technology, yield. Rostov-on-Don: Kniga, 2002. 176 p.
4. Marchenko D. M. Study of the correlation between morphological and biological traits of winter soft wheat and its grain productivity. Diss. ... Cand. Sc. (Agr.). Zernograd. All-Russian Scientific Research Institute of Grain Crops of I. G. Kalinenko, 2012. 147 p.
5. Methodology of State variety testing of agricultural crops. Issue 2: grain crops, groats and legumes // ed. by Fedin M. A. Moscow: State Commission for Variety Testing of Agricultural Crops, 1989. 194 p.
6. Dospikhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). 5<sup>th</sup> edition, appr. and add. Moscow: Alians. 2014. 351 p.
7. Methodology of State variety testing of agricultural crops. Technological estimation of grain crops, groats and legumes // ed. by Fedin M. A. Moscow: State Commission for Variety Testing of Agricultural Crops, 1988. P. 41–74.
8. Marchenko D. M., Kostylev P. I., Grichannikova T. A. Among stations testing of mild winter wheat varieties in the conditions of Rostov region // Grain Economy of Russia. 2012. No. 1(19). P. 19–23.



UDC 633.11:631.52

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

**‘LIDIYA’ – THE UNIVERSAL WINTER SOFT WHEAT VARIETY**

**Summary.** *The high level of farming intensification and the wider use of modern plant protection products make it possible to expand winter wheat after non-fallow preceding crops, including maize for grain. In this regard, the farmers face the problem of sowing winter wheat after it. The purpose of the current study was to characterize the new variety of winter soft wheat ‘Lydiya’ from the economic and biological point of view. This variety was bred in the Agricultural Research Center “Donskoy”. The experimental studies were carried out on the trial fields of this Research Center from 2015 to 2019. The object of the research was winter soft wheat variety ‘Lydiya’ included in the State Register of Breeding Achievements in 2014. Variety ‘Don 107’ served as a standard one. Soil – chernozems ordinary (Voronon Chernozems Pachic), which is characterized by the thick humus layer (up to 160 cm). Meteorological conditions in 2015-2019 varied. This made it possible to evaluate the new variety of winter soft wheat ‘Lidiya’ by a complex of economically valuable traits. The experiment was laid using four preceding crops: maize for grain, black fallow, pea, and sunflower. Field experiments were replicated four times. Accounting area of the experimental plot – 25 m<sup>2</sup>. In competitive testing, the average yield of the studied variety sown after maize for grain was 7.87 t/ha exceeding that of the standard variety ‘Don 107’ by 0.55 t/ha. The high yield increase was obtained in the trials when ‘Lidiya’ was sown on black fallow (+0.63 t/ha), after pea (+0.35 t/ha), and after sunflower (+0.46 t/ha). The variety is characterized as a very frost-resistant and drought-tolerant one. It is also highly resistant to wheat leaf rust and loose smut. According to the quality of wheat, this variety is listed as the “valuable” one. In the Rostov region, it is recommended for cultivation on high, medium and low agricultural backgrounds.*

**Keywords:** *winter soft wheat (Triticum aestivum L.), variety, productivity, preceding crop, grain quality, disease resistance.*

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

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

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

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

Ионова Елена Витальевна, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора по науке, ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Научный городок 3; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Гричаникова Татьяна Александровна, агроном лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полунтенсивного типа, ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Научный городок 3; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Романюкина Ирина Васильевна, техник-исследователь лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полунтенсивного типа, ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Научный городок 3; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Дерова Татьяна Григорьевна, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»; 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Научный городок 3; e-mail: derova06@rambler.ru.

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

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

Rybas Irina Alikovna, Cand. Sc. (Agr.), researcher of the Laboratory of breeding and seed production of half-intensive winter soft wheat, FSBSI «Agricultural Research Center «Donskoy»»; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, 347740, Russia; e-mail rybasia@yandex.ru.

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

Ionova Elena Vitalievna, Dr. Sc. (Agr.), deputy director for scientific work, FSBSI «Agricultural Research Center «Donskoy»»; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, 347740, Russia; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Grichanikova Tatyana Aleksandrovna, agronomist of the Laboratory of breeding and seed production of half-intensive winter soft wheat, FSBSI «Agricultural Research Center «Donskoy»»; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, 347740, Russia; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Romanyukina Irina Vasilievna, research technician of the Laboratory of breeding and seed production of half-intensive winter soft wheat FSBSI «Agricultural Research Center «Donskoy»»; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, 347740, Russia; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Derova Tatyana Grigorievna, leading researcher of the Laboratory of plant immunity and protection, FSBSI «Agricultural Research Center «Donskoy»»; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, 347740, Russia; e-mail: derova06@rambler.ru.

*Дата поступления в редакцию – 03.09.2019.*

*Дата принятия к печати – 03.11.2019.*

DOI 10.33952/ 2542-0720-2019-4-20-79-85

УДК 633.11:631.527

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

## ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»

**Реферат.** В работе представлены результаты оценки качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа – Аскет, Изюминка, Лидия, Капитан, Капризуля, Лилит, Краса Дона, Вольница, Вольный Дон, Жаворонок и Полина. Цель исследования – выделить сорта с комплексом ценных признаков для использования в селекции на урожайность и качество зерна в условиях Ростовской области. Исследования проводили на опытном поле ФГБНУ «АНЦ “Донской”» в 2016–2018 гг. Посев осуществляли в оптимальные для зоны сроки сеялкой «Wintersteiger Plotseed» на глубину заделки семян 4–6 см, повторность – шестикратная, площадь делянки – 10 м<sup>2</sup>, предшественник – кукуруза на зерно. В качестве стандарта использовали сорт Дон 107. Метеоусловия в годы экспериментов (2016–2018 гг.) в периоды формирования и налива зерна были контрастными. По влагообеспеченности и температурному режиму 2016 и 2017 гг. оказались благоприятными, а 2018 г. – засушливым. Проведенные исследования позволили выделить сорта озимой мягкой пшеницы Лидия, Лилит, Вольный Дон, Капризуля и Краса Дона, достоверно превысившие стандарт по урожайности (прибавка составила 0,3–0,5 т/га). По признаку «SDS-седиментация» выделены сорта Вольница, Вольный Дон и Жаворонок с наибольшими величинами этого показателя (56,0–56,7 мл). По содержанию белка в зерне (12,0 % и более) выделались сорта Аскет, Лидия, Капитан, Вольница и Жаворонок. Сорта Вольница и Аскет сформировали максимальное количество клейковины в зерне (более 23,0 %). Между SDS-седиментацией и содержанием белка и клейковины в зерне корреляционная связь была слабой положительной ( $r = 0,11$  и  $0,16$  соответственно); между содержанием белка и клейковины – средней положительной ( $r = 0,66$ ). Сорта Лидия, Вольный Дон, Капризуля, Лилит, Краса Дона сочетали урожайность 8,0–8,2 т/га с высокой величиной «SDS-седиментация» (47,0–53,7 мл); сорта Лилит, Капризуля и Краса Дона – высокую урожайность с содержанием белка на уровне 11,5–11,7 %; Капризуля, Лилит и Краса Дона – урожайность и содержание клейковины в зерне на уровне 20,0–21,1 %.

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

### Введение

Озимая пшеница – одна из основных культур, обеспечивающих продовольственную безопасность страны, которая также оказывает влияние и на ее экспортный потенциал [1]. Выведение новых сортов, которые способны формировать высокие и стабильные урожаи с требуемыми технологическими качествами, является одной из главных задач селекции этой культуры [2].

Для успешного решения проблемы повышения качественных показателей пшеницы с помощью селекционного процесса необходимо вовлечение в гибридизацию родительских форм с генетически детерминированным высоким качеством зерна [3]. Поэтому выявление образцов озимой мягкой пшеницы как

источников ценных признаков для селекции на урожайность и качество зерна остается актуальным.

**Цель исследований** – выделить сорта с комплексом ценных признаков для использования в гибридизации при селекции на урожайность и качество зерна в условиях Ростовской области.

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

Исследования проводили на опытном поле ФГБНУ «АНЦ «Донской»» в 2016–2018 гг. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный. Содержание гумуса в пахотном слое – 3,0–3,5 %, рН = 7,0–7,1. Содержание фосфора – 15–20 мг/кг почвы, обменного калия – 300–500 мг/кг [4].

Материал для исследования – семь сортов озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа, внесенных в Государственный реестр селекционных достижений с 2010 г. по 2018 г. – Аскет, Изюминка, Лидия, Капитан, Капризуля, Лилит и Краса Дона; а также четыре сорта, переданных на Государственное сортоиспытание – Вольница, Вольный Дон, Жаворонок, Полина. В качестве стандарта использован сорт Дон 107. Предшественник – кукуруза на зерно. Посев осуществляли в оптимальные для зоны сроки сеялкой «Wintersteiger Plotseed» на глубину заделки семян 4–6 см, повторность – шестикратная, площадь делянки – 10 м<sup>2</sup>. Уборку выполняли комбайном «Wintersteiger Classik». Закладку опытов проводили в соответствии с методикой Государственного испытания [5] и методикой полевого опыта [6].

Оценку образцов по SDS-седиментации выполняли согласно научно-практическим рекомендациям [7]. Содержание белка в зерне определяли по ГОСТ 108460-91 [8]; клейковины – по ГОСТ 54478-2011 [9] и в соответствии с Международным стандартом (ГОСТ 9353-2016) [10].

Статистическую обработку полученных данных выполняли с использованием программ Microsoft Office 2010 и Statistica 10 методом корреляционного анализа [6].

#### **Результаты и их обсуждение**

За годы проведения исследований средняя урожайность изучаемых сортов варьировала от 7,5 т/га (Аскет) до 8,2 т/га (Краса Дона), у стандарта Дон 107 она составляла 7,7 т/га.

Продуктивность на уровне стандарта (7,5–7,9 т/га) сформировали семь изучаемых сортов. Достоверно превысили стандарт по урожайности пять сортов – Лидия, Лилит, Вольный Дон, Капризуля и Краса Дона, прибавка составила 0,3–0,5 т/га ( $HCP_{05} = 0,2$  т/га).

SDS-седиментация – косвенный метод, используемый при оценке хлебопекарных свойств муки. Ф. А. Сухоруковым с коллегами выявлено, что использование разнообразных модификаций седиментационного анализа позволяет дать предварительную оценку качества зерна озимой пшеницы на ранних этапах селекционного процесса, выделить высококачественные генотипы и провести браковку форм с низким содержанием клейковины [11].

Показатели SDS-седиментации у изучаемых сортов находились в пределах от 47,0 мл (Лидия) до 58,3 мл (Дон 107 St.). К сильной пшенице (63–50 мл) отнесено девять образцов – Жаворонок, Вольный Дон, Вольница и др., а средней по качеству пшенице (49–45 мл) соответствовали три изученных сорта (таблица 1).

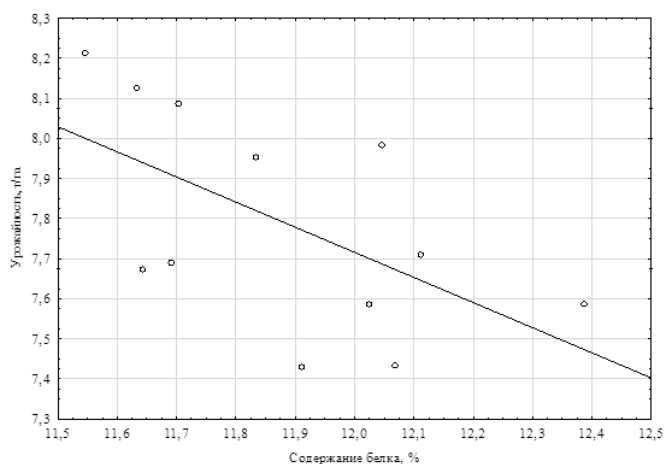
Корреляционный анализ показал слабую отрицательную связь между урожайностью и SDS-седиментацией ( $r = -0,20 \pm 0,06$ ). Сорта Лидия, Вольный Дон, Капризуля, Лилит, Краса Дона сочетали урожайность 8,0–8,2 т/га с высокой величиной «SDS-седиментация» (47,0–53,7 мл).

**Таблица 1 – Урожайность и показатели качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы (среднее за 2016–2018 гг.)**

Сорт	Урожайность, т/га	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	SDS-седиментация, мл
Дон 107 (Ст.)	7,7	11,7	21,1	58,3
Аскет	7,5	12,1	24,9	50,0
Изюминка	7,7	11,6	22,3	50,7
Лидия	8,0	12,0	21,8	47,0
Капитан	7,6	12,0	21,7	49,7
Капризуля	8,1	11,7	20,0	48,0
Лилит	8,1	11,6	21,1	50,7
Краса Дона	8,2	11,5	20,1	53,7
Вольница	7,6	12,4	23,3	56,0
Вольный Дон	8,0	11,8	21,6	56,0
Жаворонок	7,7	12,1	22,4	56,7
Полина	7,5	11,9	20,5	51,0
НСР <sub>05</sub>	0,2	-	-	-

В среднем за годы исследований содержание белка в зерне находилось в пределах от 11,5 % (Краса Дона) до 12,4 % (Вольница), у стандарта Дон 107 оно составило 11,7 %. Все изучаемые в опыте сорта соответствовали требованиям ГОСТ для продовольственных пшениц (см. таблицу 1). По этому показателю выделены сорта – Аскет, Лидия, Капитан, Вольница и Жаворонок, накопившие наибольшее количество белка в зерне (12,0 % и более).

По результатам корреляционного анализа между урожайностью и содержанием белка в зерне установлена средняя отрицательная связь ( $r = -0,51 \pm 0,12$ ) (рисунок 1). Интерес для селекции представляют сорта Лилит, Капризуля и Краса Дона, сочетающие высокую урожайность (8,1–8,2 т/га) с содержанием белка на уровне 11,5–11,7 %.

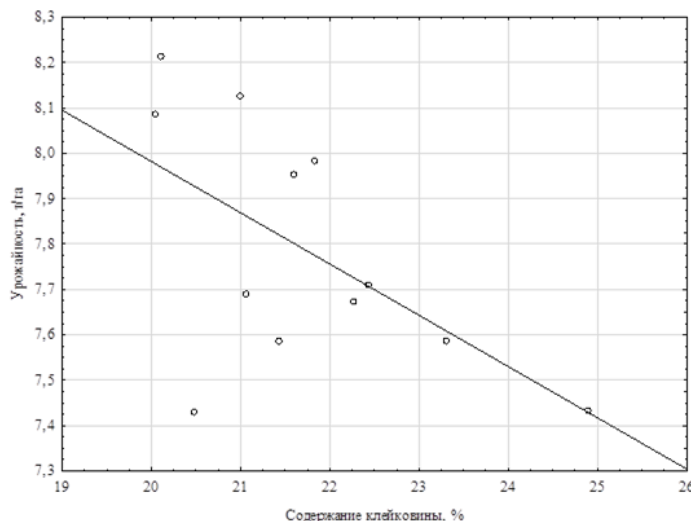
**Рисунок 1 – Взаимосвязь между урожайностью и содержанием белка в зерне у сортов озимой мягкой пшеницы (среднее за 2016–2018 гг.)**

Содержание клейковины в среднем за годы исследований варьировало от 20,0 % (Капризуля) до 24,9 % (Аскет), у стандарта Дон 107 оно составляло 21,1 % (см. таблицу 1). Требованиям, предъявляемым к третьему классу качества (23,0–27,9 %), соответствовало два сорта, и десять относились к четвертому классу качества зерна (18,0–22,9 %). По этому показателю лучшими оказались сорта



Вольница и Аскет, сформировавшие максимальное количество клейковины в зерне (более 23,0 %).

Между урожайностью и содержанием клейковины в зерне наблюдали среднюю отрицательную корреляцию ( $r = -0,55 \pm 0,17$ ) (рисунок 2). Сорты Капризуля, Лилит и Краса Дона сочетали высокую урожайность (8,1–8,2 т/га) и содержание клейковины в зерне на уровне 20,0–21,1 %.



**Рисунок 2 – Взаимосвязь между урожайностью и содержанием клейковины в зерне у сортов озимой мягкой пшеницы (среднее за 2016–2018 гг.)**

Между SDS-седиментацией и содержанием белка в зерне корреляционная связь была слабой положительной ( $r = 0,11 \pm 0,03$ ), как и между SDS-седиментацией и содержанием клейковины в зерне ( $r = 0,16 \pm 0,05$ ). Среднюю положительную корреляцию ( $r = 0,66 \pm 0,21$ ) наблюдали между содержанием белка и содержанием клейковины в зерне.

Таким образом, выделенные сорта Капризуля, Лилит и Краса Дона с комплексом ценных признаков, которые следует использовать в гибридизации при селекции на урожайность и качество зерна в условиях Ростовской области.

#### **Выводы**

Проведенные исследования позволили выделить сорта озимой мягкой пшеницы Лидия, Лилит, Вольный Дон, Капризуля и Краса Дона, достоверно превысившие стандарт по урожайности (прибавка составила от 0,3–0,5 т/га). По признаку «SDS-седиментация» выделились сорта Вольница, Вольный Дон и Жаворонок с максимальной величиной этого показателя (56,0–56,7 мл). По содержанию белка в зерне (12,0 % и более) – сорта Аскет, Лидия, Капитан, Вольница и Жаворонок. Сорта Вольница и Аскет сформировали максимальное количество клейковины в зерне (более 23,0 %).

Выделены сорта Капризуля, Лилит и Краса Дона с комплексом ценных признаков, которые следует шире использовать в гибридизации при селекции на урожайность и качество зерна в условиях Ростовской области. Высокую урожайность (8,0–8,2 т/га) с величиной «SDS-седиментация» на уровне 47,0–53,7 мл сочетали сорта Лидия, Вольный Дон, Капризуля, Лилит, Краса Дона; сорта Лилит, Капризуля и Краса Дона сочетали высокую урожайность (8,1–8,2 т/га) с содержанием белка на уровне 11,5–11,7 %; сорта Капризуля, Лилит и Краса Дона – высокую урожайность (8,1–8,2 т/га) и содержание клейковины в зерне на уровне 20,0–21,1 %.

### Литература

1. Šramková Z., Gregová E., Šturdíka E. Chemical composition and nutritional quality of wheat grain // *Acta Chimica Slovaca*. 2009. Vol. 2. No. 1. P. 115–138.
2. Некрасова О. А., Подгорный С. В., Скрипка О. В., Самофалов А. П., Громова С. Н., Чернова В. Л., Кравченко Н. С. Результаты изучения селекционных линий озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании по урожайности и качеству зерна // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 2. С. 32–34.
3. Сандухадзе Б. И., Беркутова Н. С., Давыдова Е. И. Качество зерна у сортов озимой пшеницы созданных в НИИСХ ЦРНЗ // *Селекция и семеноводство*. 2005. № 4. С. 19–22.
4. Агафонов Е. В., Полуэктов Е. В. Почвы и удобрения Ростовской области: учебное пособие. Персиановка: издательство Донского ГАУ, 1999. 90 с.
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур // под ред. Федина М. А. М.: МСХ СССР, 1985. 267 с.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Пятое издание, переработанное и дополненное. М.: Альянс, 2014. 351 с.
7. Самофалова Н. Е., Копусь М. М., Скрипка О. В., Марченко Д. М., Самофалов А. П., Иличкина Н. П., Гричаникова Т. А. SDS-седиментация в поэтапной оценке селекционного материала озимой пшеницы по качеству зерна (научно-практические рекомендации). Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2014. 32 с.
8. ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. М.: Стандартинформ, 2009. 7 с.
9. ГОСТ 54478-2011. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице. М.: Стандартинформ, 2012. 23 с.
10. ГОСТ 9353-2016. Пшеница. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2012. 16 с.
11. Сухоруков А. Ф., Сухоруков А. А., Шаболкина Е. Н. Использование седиментационной оценки для выявления генетических источников высокого качества зерна озимой мягкой пшеницы в условиях Среднего Поволжья // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2014. Т. 16. № 5 (53). С. 1162–1164.

### References

1. Šramková Z., Gregová E., Šturdíka E. Chemical composition and nutritional quality of wheat grain // *Acta Chimica Slovaca*. 2009. Vol. 2. No. 1. P. 115–138.
2. Nekrasova O. A., Podgorny S. V., Skripka O. V., Samofalov A. P., Gromova S. N., Chernova V. L., Kravchenko N. S. The study results of productivity and grain quality of the breeding lines of winter soft wheat in the competitive variety-testing // *Grain Economy of Russia*. 2019. No. 2. P. 32–34.
3. Sandukhadze B. I., Berkutova N. S., Davydova E. I. Quality of winter wheat grain developed in the RIA CRNZ // *Breeding and seed production*. 2005. No. 4. P. 19–22.
4. Agafonov E. V., Poluektov E. V. Soils and fertilizers of the Rostov region: textbook. Persianovka, 1999. 90 p.
5. Methodology of a State Variety Testing of agricultural crops // Ed. by Fedin M. A. Moscow: Ministry of Agriculture of the USSR, 1985. 267 p.
6. Dospikhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). 5<sup>th</sup> edition, appr. and add. Moscow: Alians, 2014. 351 p.
7. Samofalova N. E., Kopus M. M., Skripka O. V., Marchenko D. M., Samofalov A. P., Ilichkina N. P., Grichanikova T. A. SDS-sedimentation in phased assessment of winter wheat breeding material according to grain quality (scientific and practical recommendations). Rostov-on-Don: “Kniga ZAO” (Close Joint-stock Company). 2014. 32 p.
8. GOST 10846-91. Grain and products of its processing. Method for determination of protein. Moscow: Standartinform, 2009. 7 p.
9. GOST 54478-2011. Grain. Methods for determination of quantity and quality of gluten in wheat. Moscow: Standartinform, 2012. 23 p.
10. GOST 9353-2016. Wheat. Specifications. Moscow: Standartinform, 2012. 16 p.
11. Sukhorukov A. F., Sukhorukov A. A., Shabolkina E. N. Using sedimentation evaluation to identify of high quality genetic sources of winter wheat in the Middle Volga // *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2014. Vol. 16. No. 5 (53). P. 1162–1164.

UDC 633.11:631.527

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

### ESTIMATION OF PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY OF WINTER SOFT WHEAT VARIETIES IN THE ROSTOV REGION

**Summary.** *The current paper presents the results the assessment of grain quality of winter soft wheat of a semi-intensive type. In our research we used such varieties as 'Asket', 'Izyuminka', 'Lydia', 'Kapitan', 'Kaprizulya', 'Lilit', 'Krasa Dona', 'Volnitsa', 'Volny Don', 'Zhavoronok' and 'Polina'. The purpose of the work was to identify the varieties with a complex of valuable traits to use them in hybridization for productivity and grain quality under the conditions of the Rostov region. The study was carried out on the experimental plot of the FSBSI «Agricultural Research Center "Donskoy"» in 2016–2018. Sowing was carried out at the optimum for the region time with the Wintersteiger Plotseed planter. Seeding depth – 4–6 cm. Field experiments were replicated six times. The area of the experimental plot – 10 m<sup>2</sup>. The forecrop – maize for grain. The variety 'Don 107' served as a standard one. The weather conditions in 2016-2018 were different during the periods of grain formation and filling. Years of 2016 and 2017 were favorable in terms of moisture supply and temperature conditions; 2018 - arid. Winter soft wheat varieties 'Lydia', 'Lilit', 'Volny Don', 'Kaprizulya' and 'Krasa Dona' significantly exceeded the standard variety in productivity (the increase was 0.3–0.5 t/ha). According to SDS-sedimentation, varieties 'Volnitsa', 'Volny Don' and 'Zhavoronok' showed the largest values of the trait (56.0–56.7 ml). According to protein content in kernels (12.0 % and more), we identified 'Asket', 'Lydia', 'Kapitan', 'Volnitsa' and 'Zhavoronok' as the best ones. Varieties 'Volnitsa' and 'Asket' yielded the maximum gluten percentage in kernels (more than 23.0 %). Due to the analysis of the correlation between productivity and SDS-sedimentation ( $r = -0.20 \pm 0.06$ ), productivity and protein percentage in kernels ( $r = -0.51 \pm 0.12$ ), productivity and gluten content in kernels ( $r = -0.55 \pm 0.17$ ), varieties 'Kaprizulya', 'Lilit' and 'Krasa Dona' with a complex of valuable traits were identified. They should be used in hybridization for productivity and grain quality in the Rostov region.*

**Keywords:** *Triticum aestivum L., winter soft wheat, variety, productivity, SDS-sedimentation, gluten percentage, protein percentage.*

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

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

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

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

Гричаникова Татьяна Александровна, агроном лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полунинтенсивного типа, ФГБНУ «Аграрный научный центр "Донской"»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Романюкина Ирина Васильевна, техник-исследователь лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полунинтенсивного типа, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Копусь Михаил Мифодьевич, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»; 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru.

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

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

Ivanisov Mikhail Mikhaylovich, junior researcher of the laboratory of breeding and seed production of half-intensive winter soft wheat, FSBSI «Agricultural Research Center «Donskoy»»; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia; e-mail: ivanisov561991@yandex.ru.

Rybas Irina Alikovna, Cand. Sc. (Agr.), researcher, FSBSI «Agricultural Research Center «Donskoy»»; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, 347740, Russia; e-mail rybasia@yandex.ru.

Grichanikova Tatiana Aleksandrovna, agronomist, FSBSI «Agricultural Research Center «Donskoy»»; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, 347740, Russia; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Romanyukina Irina Vasilievna, research technician, FSBSI «Agricultural Research Center «Donskoy»»; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, 347740, Russia; e-mail: vniizk30@mail.ru.

Kopus Mikhail Mifodyevich, Dr. Sc. (Biol.), leading researcher, FSBSI «Agricultural Research Center «Donskoy»»; 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, 347740, Russia; e-mail: vniizk30@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 10.10.2019.*

*Дата принятия к печати – 05.11.2019.*

DOI 10.33952/ 2542-0720-2019-4-20-86-95

УДК 631.8;633.11

Ратников А. Н.<sup>1</sup>, Петров К. В.<sup>1</sup>, Иванкин Н. Г.<sup>1</sup>, Суслов А. А.<sup>1</sup>, Свириденко Д. Г.<sup>1</sup>,  
Яценко В. В.<sup>2</sup>

## **ВЛИЯНИЕ НОВОГО ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА «ГУМИТОН» НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

<sup>1</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»;

<sup>2</sup>Сельскохозяйственный потребительский садово-огородный кооператив «Росток»

**Реферат.** *Обработка гуматными препаратами посевов сельскохозяйственных культур – один из приемов получения высококачественной продукции. Цель исследований – изучить влияние органоминерального комплекса с добавлением микроэлементов (гуматный препарат «Гумитон») на урожайность озимой пшеницы и качественные показатели ее зерновой продукции в условиях стрессовых агроклиматических факторов. Работу выполняли в 2017–2018 гг. в Ростовской области. Схема опыта включала следующие варианты: контроль (технология хозяйства без обработки посевов «Гумитоном»); технология хозяйства + «Гумитон» (1 л/га). Предшественники – черный пар и озимая пшеница. Эксперименты выполняли на озимой пшенице сортов Виктория и Олимп. В годы исследований отмечали повышенный температурный режим и дефицит осадков в весенне-летний период, что оказало неблагоприятное воздействие на рост и развитие растений. Почва – темно-каштановая среднесуглинистая со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 2,5 %; рН<sub>KCl</sub> – 5,75–7,46; Са – 19,6–23,6 моль (экв.)/100 г почвы; Mg – 4,7–5,6 моль (экв.)/100 г почвы; подвижного фосфора и калия – 202–359 мг/кг и 257–473 мг/кг почвы соответственно. В 2017 г. при применении испытуемого препарата по предшественнику черный пар у сорта Олимп зафиксирована прибавка по сравнению с контролем 13,1 ц/га, у сорта Виктория – 13,2 ц/га. По предшественнику озимая пшеница «Гумитон» также способствовал росту урожайности у обоих сортов – на 8,5 ц/га (сорт Олимп) и 7,0 ц/га (сорт Виктория). В 2018 г. достоверные различия зафиксированы только по паровому предшественнику – 5,0 и 6,0 ц/га соответственно. В 2018 г. от применения исследуемого препарата на сортах Виктория и Олимп в варианте предшественника черный пар содержание сырого протеина в зерне достоверно увеличилось на 1,7 и 2,2 %, в 2017 г. это превышение составило 0,5–0,6 %. По предшественнику озимая пшеница применение препарата «Гумитон» способствовало значительному увеличению величины этого показателя только в 2018 г. – на 0,7 и 1,5 %.*

**Ключевые слова:** *озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.), «Гумитон», обработка, урожайность, зерно, качество.*

### **Введение**

Задачи современного агропромышленного производства – сохранение и повышение плодородия почв, получение экологически безопасной продукции, соответствующей действующим санитарно-гигиеническим нормативам [1].

Обработка гуматными препаратами семян и вегетирующих растений – перспективный технологический и энергосберегающий прием, обеспечивающий повышение урожайности сельскохозяйственных культур [2–4]. В наших работах ранее указывалась необходимость обработки вегетирующих растений органоминеральными комплексами в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур [5].



В работах отечественных ученых отмечено, что препараты с высоким содержанием гуминовых веществ повышают усвоение растениями элементов питания, их устойчивость к климатическим и биотическим стрессам [6–8]. В ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» разработан и внесен в реестр разрешенных к использованию препаратов биологически активный органоминеральный комплекс на основе торфа «Геотон», рекомендованный для применения в посевах зерновых культур в различных почвенно-климатических зонах РФ. В этом препарате содержится большое количество водорастворимых гуматов [9]. На его основе в 2017 г. разработан новый органоминеральный комплекс с добавлением микроэлементов – «Гумитон», который проходит производственные испытания в агропромышленных предприятиях.

«Гумитон» представляет собой комплексный универсальный жидкий концентрат темного цвета с содержанием на сухой вес (%) N – 12,0; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 23,0; K<sub>2</sub>O – 30,0; органического вещества – 18–22 %, в том числе гуматов калия – 12–14 %, В – 0,268; Мо – 0,098; Мп – 0,134; зольный остаток – 14,1. «Гумитон» имеет слабый запах аммиака, безвреден при использовании, хорошо растворим в воде, совместим с большинством используемых минеральных удобрений и средств защиты растений. Для производства этого препарата используют низинные торфа со следующими характеристиками: рН – не ниже 5,0, зольность – 11–13 %, содержание гуматов калия – 35–45 %.

Органоминеральный комплекс применяют для:

- обработки посевного и посадочного материала;
- некорневой подкормки вегетирующих растений методом опрыскивания.

По причине четко выраженного антистрессового действия обработку растений не следует совмещать с применением гербицидов. Опыт практического использования химических препаратов показал, что срок обработки посевов составляет семь суток до или семи суток после применения гербицидов [10]. При листовой обработке один–два раза за вегетационный период в начальные фазы развития растений препарат вносят в дозе 1 л/га концентрата (расход рабочей жидкости – 200–300 л/га).

От возбудителей болезней возможно применение совместно с синтетическими протравителями семян.

Эффективность применения препарата «Гумитон» при выращивании озимой пшеницы для повышения продуктивности и качественных показателей выращенной продукции и составила актуальность исследований.

**Цель исследований** – изучить влияние органоминерального комплекса с добавлением микроэлементов (гуматный препарат «Гумитон») на урожайность озимой пшеницы и качественные показатели ее зерновой продукции в условиях стрессовых агроклиматических факторов.

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

Работу выполняли в 2017–2018 гг. на производственных участках СПСОК «Росток» Орловского района Ростовской области на посевах озимой пшеницы сорта Олимп (30 га) и сорта Виктория (100 га).

Почва – темно-каштановая среднесуглинистая со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 2,5 % (по Тюрину в модификации ЦИНАО); рН<sub>KCl</sub> – 5,75–7,46 (ГОСТ 26423-85 [11]); подвижного фосфора и калия (по Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 54650-2011 [12]) – 202–359 мг/кг и 257–473 мг/кг почвы; Са – 19,6–23,6 моль (экв.)/100 г почвы; Mg – 4,7–5,6 моль (экв.)/100 г почвы (ГОСТ 26487-85[13]).

Метеоусловия лет исследования обозначились как неблагоприятные для роста и развития растений озимой пшеницы – наблюдали повышенный температурный режим и дефицит осадков в весенне-летний период. В 2017 г. в апреле, в период интенсивного роста растений, в начале фазы кущения выпало 14 мм осадков при норме 37 мм. Средняя температура воздуха в этом месяце характеризовалась показателями выше среднеголетних (9,7 °С). В апреле 2017 г. в течение пяти дней она превышала 20 °С и достигала 25 °С. В мае, в межфазный период колошение–начало цветения, количество осадков также было на уровне 35 мм, что ниже среднеголетних на 9 мм. Отмечена высокая температура воздуха в дневные часы (14 дней температура превышала 25 °С, достигая 30 °С, в то время как среднеголетняя составляет 16,8 °С). Дефицит осадков и повышенный температурный режим особенно сильно ощущались в июне перед уборкой – осадков за месяц выпало всего 19 мм, против 48 мм в среднем по району, а температура воздуха в течение 10 дней составляла 30 °С, достигая 34 °С при среднеголетней 21,1 °С.

В 2018 г. количество осадков в апреле (8 мм) в начале фазы кущения было значительно ниже среднеголетней нормы (37 мм). Температура воздуха была выше средней на 2–3 °С, в течение семи дней она превышала 20 °С, достигая отметки 27 °С. В мае, в межфазный период колошение–начало цветения, количество осадков находилось на уровне 33 мм, что ниже нормы на 11 мм. Отмечена высокая температура воздуха в дневные часы – 17 дней температура превышала 25 °С, максимальная составляла 30 °С. В июне осадков выпало всего 14 мм, температура воздуха в течение 13 дней превышала 30 °С, достигая 39 °С [14].

Двухфакторный опыт включал следующие варианты:

1. Предшественник (фактор А) – черный пар и озимая пшеница;
2. Обработка препаратом «Гумитон» (фактор В) – контроль (технология хозяйства без обработки); технология хозяйства + «Гумитон» (1 л/га).

Повторность отбора проб на каждом участке – четырехкратная. Проводили листовую обработку препаратом в конце фазы кущения.

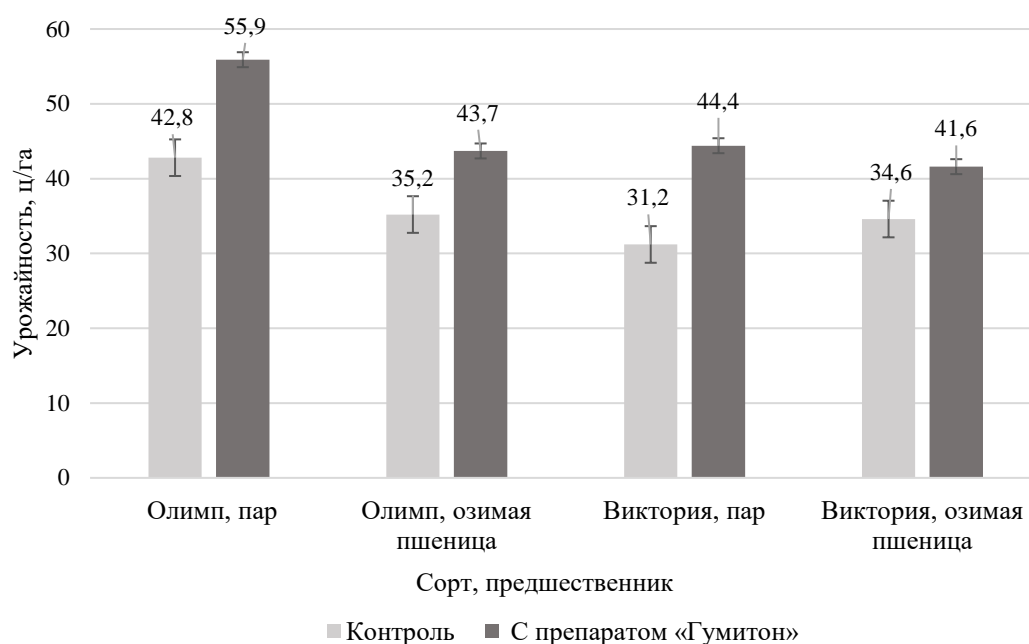
До обработки посевов препаратом «Гумитон» и после уборки урожая отбирали образцы почвы для определения агрохимических показателей по следующим методикам и ГОСТам: содержание органического вещества – по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91 [15]); рН солевой вытяжки – потенциометрическим методом (ГОСТ 26423-85 [11]), определение подвижных  $P_2O_5$  и  $K_2O$  – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91 [12]), обменных Са и Mg – комплексометрическим методом (ГОСТ 26487-85 [13]).

Оценку качества собранного зерна и анализ структуры урожая проводили по ГОСТ Р 50817-95 [16] и руководству по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве [17].

Статистическую обработку результатов исследований выполняли методом двухфакторного дисперсионного анализа с использованием программы Microsoft Excel 2007 с 95 % уровнем значимости результатов по Б. А. Доспехову [18].

### **Результаты и их обсуждение**

В 2017 г. установлено, что урожайность сорта Олимп по предшественникам черный пар и озимая пшеница в вариантах с применением препарата «Гумитон» была выше по сравнению с контролем на 13,1 и 8,5 ц/га соответственно (рисунок 1). У сорта Виктория превышение составило 7,0–13,2 ц/га. У обоих сортов, независимо от применения препарата, в вариантах с предшественником черный пар сбор зерна был выше, чем в вариантах с предшественником озимая пшеница. Сорт Олимп, по сравнению с Викторией, был более продуктивным – по паровому предшественнику прибавка составила 11,6 ц/га.



**Рисунок 1 – Влияние обработки препаратом «Гумитон» на сбор зерна озимой пшеницы (2017 г.)**

*Примечание.* Для сорта Олимп – НСР<sub>05</sub> фактор А – 3,0 ц/га; НСР<sub>05</sub> фактор В – 4,0 ц/га; НСР<sub>05</sub> взаимодействие А×В – 3,8 ц/га; для сорта Виктория – НСР<sub>05</sub> фактор А – 2,6 ц/га; НСР<sub>05</sub> фактор В – 3,1 ц/га; НСР<sub>05</sub> взаимодействие А×В – 2,7 ц/га.

В варианте обработки посевов сорта Виктория препаратом «Гумитон» по предшественнику черный пар масса 1000 зерен достоверно увеличилась на 4,3 г (11 %), по озимой пшенице – на 3,4 г (8 %) (таблица 1).

**Таблица 1 – Влияние обработки препаратом «Гумитон» на показатели качества зерна (2017 г.)**

Сорт	Вариант (фактор В)	Предшественник (фактор А)	Масса 1000 зерен, г	Содержание в зерне, %				
				зола	сырой протеин	сырой жир	сырая клетчатка	сухое вещество
Олимп	контроль	черный пар	42,2	1,42	14,1	2,2	2,4	88,4
	«Гумитон»		44,1	1,47	14,7	2,3	2,5	88,5
	контроль	озимая пшеница	40,0	1,39	15,2	2,4	2,3	88,3
	«Гумитон»		40,6	1,41	15,7	2,5	2,4	88,5
НСР <sub>05</sub> фактор А			2,0	0,09	0,1	0,2	0,2	0,1
НСР <sub>05</sub> фактор В			3,8	0,22	0,3	0,3	0,4	0,2
НСР <sub>05</sub> взаимодействие А×В			3,2	0,18	0,3	0,2	0,4	0,2
Виктория	контроль	черный пар	40,6	1,46	13,3	2,1	2,6	88,8
	«Гумитон»		44,9	1,44	13,2	2,2	2,9	88,1
	контроль	озимая пшеница	43,6	1,30	13,5	2,3	2,4	88,4
	«Гумитон»		47,0	1,33	14,9	2,2	2,7	88,6
НСР <sub>05</sub> фактор А			1,9	0,10	0,1	0,1	0,2	0,1
НСР <sub>05</sub> фактор В			3,2	0,20	0,2	0,2	0,4	0,2
НСР <sub>05</sub> взаимодействие А×В			2,9	0,10	0,2	0,2	0,3	0,2

У сорта Олимп от применения исследуемого препарата отмечено существенное увеличение содержание протеина (в зависимости от предшественника на 0,6 и 0,5 %). По данным 2017 г. изменение качественных показателей зерна в

опытном варианте по сравнению с контролем было недостоверно. По предшественнику черный пар отмечали тенденцию к увеличению сырого протеина, сырой клетчатки по сравнению с непаровым предшественником.

В стрессовых агроклиматических условиях 2018 г. отмечено влияние предшественника на урожайность. На фоне обработки препаратом «Гумитон» у сорта Олимп при посеве по пару продуктивность составила 50,0 ц/га, у сорта Виктория – 45,0 ц/га, достоверно превзойдя контроль на 5,0 ц/га (11,0 %) и 6,0 ц/га (15,4 %) соответственно (рисунок 2). По непаровому предшественнику зафиксирована тенденция к увеличению урожайности от применения органоминерального комплекса – у сорта Олимп на 2,8 ц/га, у сорта Виктория – на 2,4 ц/га, в контроле сбор зерна находился на уровне 15,7 и 20,0 ц/га соответственно.



**Рисунок 2 – Влияние обработки препаратом «Гумитон» на сбор зерна озимой пшеницы (2018 г.)**

*Примечание.* Для сорта Олимп –  $HCP_{05}$  фактор А – 5,8;  $HCP_{05}$  фактор В – 4,5;  $HCP_{05}$  взаимодействие А×В – 5,3; для сорта Виктория –  $HCP_{05}$  фактор А – 4,6;  $HCP_{05}$  фактор В – 3,8;  $HCP_{05}$  взаимодействие А×В – 3,9.

В вариантах с применением препарата «Гумитон» по сравнению с контролем наблюдали достоверную прибавку массы 1000 зерен: у сорта Олимп – на 3,8 и 5,6 г в зависимости от предшественника, у сорта Виктория – на 6,6 и 4,8 г соответственно (таблица 2). Обработка посевов исследуемым препаратом значительно увеличивала содержание сырого протеина в зерне: у сорта Олимп по предшественнику пар – на 2,2 %, по озимой пшенице – на 0,7 %; у сорта Виктория – на 1,7 и 1,5 % соответственно. Сравнивая содержания сырого протеина у сорта Олимп по различным предшественникам можно отметить его увеличение при возделывании пшеницы по черному пару на 1,5 % сравнительно с непаровым предшественником. При посеве по пару, по сравнению с предшественником озимая пшеница, в варианте с внесением «Гумитона» наблюдали увеличение сухого вещества в зерне сорта Виктория на 1,9 %, сырой клетчатки – на 0,3 %.

Эффективность использования гуматных препаратов была показана и другими исследователями в Российской Федерации. К примеру, на новых сортах озимой пшеницы в условиях Среднего Поволжья во влагообеспеченном 2017 г. наиболее отзывчивым на внесение листовых подкормок (препарат «АгроВерм») был

сорт Поволжская нива (3,4 ц/га), а в более засушливом 2018 г. при использовании препаратов «Хелатоник» и «Аминокат» 30 % – сорт Поволжская 86 (2,8 ц/га) [19].

**Таблица 2 – Влияние обработки посевов озимой пшеницы препаратом «Гумитон» на показатели качества зерна (2018 г.)**

Сорт	Вариант (фактор В)	Предшественник (фактор А)	Масса 1000 зерен, г	Содержание в зерне, %				
				зола	сырой протеин	сырой жир	сырая клетчатка	сухое вещество
Олимп	контроль	черный пар	33,0	1,0	15,9	1,5	2,8	90,2
	«Гумитон»		36,8	0,8	18,1	1,2	3,0	90,6
	контроль	озимая пшеница	30,6	1,1	17,0	1,4	2,9	89,3
	«Гумитон»		36,2	1,3	17,7	1,4	2,9	91,3
НСР <sub>05</sub> фактор А			2,9	0,1	0,3	0,2	0,2	0,9
НСР <sub>05</sub> фактор В			3,7	0,2	0,4	0,3	0,2	1,8
НСР <sub>05</sub> взаимодействие А×В			3,5	0,3	0,5	0,4	0,3	1,6
Виктория	контроль	черный пар	42,7	1,2	18,1	1,4	3,0	91,5
	«Гумитон»		49,3	1,1	19,8	1,2	3,1	91,3
	контроль	озимая пшеница	30,3	1,2	15,4	1,6	2,7	90,6
	«Гумитон»		35,1	0,9	16,9	1,3	2,8	89,2
НСР <sub>05</sub> фактор А			2,5	0,1	0,2	0,3	0,1	0,8
НСР <sub>05</sub> фактор В			3,6	0,1	0,3	0,3	0,2	1,7
НСР <sub>05</sub> взаимодействие А×В			3,0	0,2	0,4	0,4	0,3	1,4

В условиях 2010–2014 гг. показана эффективность применения препаратов «Лигногумат» и «Гумат кальция». Прибавка урожайности на полях ООО «Луньга» Ардатовского района Республики Мордовия составила 9,3 и 8,2 ц/га соответственно, при величине этого показателя в контроле 27,9 ц/га [20].

Имеются сведения по экономической эффективности органоминерального комплекса «Геотон», на основе которого был создан препарат «Гумитон». Согласно обобщенным данным авторского коллектива использование препарата «Геотон» в технологической схеме возделывания яровых зерновых культур снижает себестоимость единицы продукции и увеличивает полученную прибыль [10].

### Выводы

Препарат «Гумитон» показал себя как эффективный органоминеральный препарат, обладающий антистрессовым действием при неблагоприятных условиях, повышающий урожайность и качество производимой зерновой продукции озимой пшеницы.

Наибольшую прибавку урожайности от применения изученного препарата отмечали по паровому предшественнику в 2017 г. – у сорта Олимп она составила 13,1 ц/га, у сорта Виктория – 13,2 ц/га. В 2018 г. эти прибавки уменьшились в два раза, но все равно были значимыми – 5,0 и 6,0 ц/га соответственно.

По предшественнику озимая пшеница в варианте с внесением органоминерального комплекса по сравнению с контролем только в 2017 г. зафиксировали достоверное увеличение сбора зерна у обоих сортов – 8,5 ц/га у Олимпа и 7,0 ц/га у Виктории.

При использовании препарата «Гумитон» увеличение крупности зерна отмечали во все годы и по обоим предшественникам только у сорта Виктория: масса 1000 зерен в зависимости от предшественника (черный пар и озимая пшеница) в 2017 г. увеличилась – на 4,3 и 3,4 г, а в 2018 г. – на 6,6 и 4,8 г соответственно. У сорта Олимп достоверный рост величины этого показателя в опыте по сравнению с контролем отмечали только в 2018 г. – на 3,8 и 5,6 г соответственно предшественнику.



В варианте с применением препарата «Гумитон» у сорта Олимп по предшественнику черный пар содержания сырого протеина достоверно увеличилось на 1,7–2,2 % (2018 г.) и на 0,5–0,6 % (2017 г.). По другим показателям качества зерновой продукции достоверных отличий между вариантами не зафиксировано.

### Литература

1. Якименко О. С., Терехова В. А. Гуминовые препараты и проблема оценки их биологической активности для целей сертификации // Почвоведение. 2011. № 11. С. 1334–1340.
2. Мамеев В. В., Сычева И. В., Сычев М. С. Влияние гуминовых и минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы // Агротехнический вестник. 2015. № 5. С. 10–12.
3. Котиков М. В., Мельникова О. В., Мажуго Т. М. Действие гумистима на урожайность зерновых культур и картофеля // Агротехнический вестник. 2009. № 3. С. 36–38.
4. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур // под ред. Вильдфлуш И. Р. [и др.]. Минск: Беларусь наука, 2011. 293 с.
5. Ratnikov A., Suslov A., Sviridenko D., Petrov K. Application of the new organo-mineral complex GEOTON in the cultivation of crops // VIII International Scientific Agricultural Symposium "AgroSym 2017". Book of Abstracts. Jahorina, 2017. P. 814.
6. Уромова И. П. Влияние фиторегуляторов на фотосинтетическую способность растений картофеля // Земледелие. 2009. № 7. С. 35–36.
7. Ратников А. Н., Санжарова Н. И., Свириденко Д. Г., Жигарева Т. Л., Попова Г. И., Петров К. В., Баланова О. Ю., Мазуров В. Н. Эффективность использования препарата «Геотон» в условиях Центрального региона Российской Федерации // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 5. С. 36–39.
8. Золотарев В. Н. Оценка эффективности применения гуминового удобрения при выращивании кормовых культур // Проблемы агрохимии и экологии. 2018. № 1. С. 42–47.
9. Ратников А. Н., Санжарова Н. И., Суслов А. А., Свириденко Д. Г., Попова Г. И., Петров К. В., Иванкин Н. Г., Прудников П. В. Торф – основа для производства высокоэффективного органоминерального комплекса «Геотон» // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3 (67). С. 24–28.
10. Ратников А. Н., Санжарова Н. И., Свириденко Д. Г., Арышева С. П., Петров К. В., Попова Г. И., Баланова О. Ю., Суслов А. А., Иванкин Н. Г., Мазуров В. Н., Семешкина П. Ю., Дадаева Т. А. Рекомендации по применению «Геотона» при возделывании зерновых культур в условиях техногенного загрязнения почв. Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. 27 с.
11. ГОСТ 26423-85. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. М.: Стандартинформ, 2011. 6 с.
12. ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: Стандартинформ, 2011. 11 с.
13. ГОСТ 26487-85. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО. М.: Издательство стандартов, 1985. 16 с.
14. Архив погоды в Орловском. Россия, Ростовская область. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://archieve.orlovskij-rostovskaya-oblast> (дата обращения 17.05.2019).
15. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1993. 8 с.
16. ГОСТ Р 50817-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней ИК области. М.: Госстандарт России, 1995. 10 с.
17. Руководство по проведению регламентных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве: производственно-практическое издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. 220 с.
18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Пятое издание, переработанное и дополненное. М.: Альянс, 2014. 351 с.
19. Абдряев М. Р., Шарапов И. И., Шарапова Ю. А. Влияние листовых подкормок на урожайность и качество зерна новых сортов озимой пшеницы в условиях среднего Поволжья // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 10-1. С. 117–120.
20. Осичкин А. Ю., Камалихин В. Е., Каргин В. И. Эффективность применения биопрепаратов и органоминеральных удобрений в посевах озимой пшеницы на выщелоченном черноземе // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 4 (36). С. 44–47.

### References

1. Yakimenko O. S., Terekhova V. A. Humic preparations and the assessment their biological activity for certification purposes // Soil Science. 2011. No. 11. P. 1334–1340.

2. Mameyev V. V., Sycheva I. V., Sychev M. S. Influence of humic and mineral fertilizers on yield of winter wheat // Agrochemical Herald. 2015. No. 5. P. 10–12.
3. Kotikov M. V., Melnikova O. V., Mazhugo T. M. Activity of humic preparation Humistim for grain crops and potato // Agrochemical Herald. 2009. No. 3. P. 36–38.
4. The effectiveness of micronutrients and growth regulators in the cultivation of crops // ed. by Vildflush I. R. [et al.]. Minsk: Belarus Navuka, 2011. 293 p.
5. Ratnikov A., Suslov A., Sviridenko D., Petrov K. Application of the new organo-mineral complex GEOTON in the cultivation of crops // VIII International Scientific Agricultural Symposium “AgroSym 2017”. Book of Abstracts. Jahorina, 2017. P. 814.
6. Uromova I. P. Influence of phyto regulators on photosynthetic possibility of potato // Zemledelie. 2009. No. 7. P. 35–36.
7. Ratnikov A. N., Sanzharova N. I., Sviridenko D. G., Zhigareva T. L., Popova G. I., Petrov K. V., Balanova O. Yu., Mazurov V. N. Efficacy of preparation GEOTON under conditions of the central region of Russian Federation// Dostizheniya nauki i tekhniki APK (Achievements of Science and Technology of AIC). 2015. Vol. 29. No. 5. P. 36–39.
8. Zolotarev V. N. Evaluation of the effectiveness of the application of humic fertilizer at forage crops // Problemy Agrohimii i Ekologii. 2018. No. 1. P. 42–47
9. Ratnikov A. N., Sanzharova N. I., Suslov A. A., Sviridenko D. G., Popova G. I., Petrov K. V., Ivankin N. G., Prudnikov P. V. Peat as a basis for the production of a new highly efficient organo-mineral complex GEOTON// Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2018. No. 3 (67). P. 24–28.
10. Ratnikov A. N., Sanzharova N. I., Sviridenko D. G., Arysheva S. P., Petrov K. V., Popova G. I., Balanova O. Yu., Suslov A. A., Ivankin N. G., Mazurov V. N., Semeshkina P. Yu., Dadaeva T. A. Recommendations on the use of GEOTON for grain crops cultivation under conditions of technogenic pollution of the soil. Obninsk: Russian Institute of Radiology and Agroecology (RIRAE), 2018. 27 p.
11. GOST 26423-85. Soils. Methods for determination of specific electric conductivity pH and solid residue of water extract. Moscow: Standardinform, 2011. 11 p.
12. GOST P 54650-2011. Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by the Kirsanov method in the modification of CINAO. Moscow: Standardinform, 2011. 11 p.
13. GOST 26487-85. Determination of metabolic calcium and metabolic (mobile) magnesium by CINAO methods. Moscow: Publishing house of standards, 1985. 16 p.
14. Archive of weather in Orlovsky. Russia, Rostov Region. [Electronic resource]. Access point: <http://archieve.orlovskij-rostovskaya-oblast.ru/> (reference’s date 05.17.2019).
15. GOST 26213-91. Soils. Methods of determination of organic matter. Moscow: USSR Standardization and Metrology Committee, 1993. 8 p.
16. GOST R 50817-95. Fodder, mixed fodder and animal feed raw stuff. Spectroscopy in near infra-red region method for determination of crude protein, crude fibre, crude fat and moisture. Moscow: Gosstandard of Russia, 1995. 10 p.
17. Workshop on agrochemistry. Tutorial // Ed. by Mineyev V. G. Moscow: Publishing House of MSU, 2001. 689 p.
18. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). 5th edition, revised and add. Moscow: Alliance, 2014. 351 p.
19. Abdryaev M. R., Sharapov I. I., Sharapova Yu. A. Effect of leaf dressing on yield and grain quality of new varieties of winter wheat in the Middle Volga // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2018. Vol. 10-1. P. 117–120.
20. Osichkin A. Yu., Kamalikhin V. E., Kargin V. I. Usage efficiency of bio compounds and organo-mineral fertilizers in winter wheat seedings on leached black soil// Vestnik of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2016. No. 4 (36). P. 44–47.

UDC 631.8;633.11

Ratnikov A. N., Petrov K. V., Ivankin N. G., Suslov A. A., Sviridenko D. G., Yatsenko V. V.

### **EFFECT OF NEW ORGANIC AND MINERAL PREPARATION ‘GUMITON’ ON PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY OF WINTER WHEAT**

**Summary.** *The treatment of agricultural crops with humate-based preparations is one of the key methods to improve the quality of agricultural products. The purpose of the research was to study the influence of the organo-mineral complex with the addition of trace elements (‘Gumiton’ – humate-based preparation) on the yield of winter wheat and quality indicators of its grain under conditions of stressful agro-climatic factors. The*

*experimental studies were carried out in the Rostov region in 2017–2018. The experimental design included the following options: control (cultivation technology typical for the farm without ‘Gumiton’ application); cultivation technology typical for the farm + ‘Gumiton’ at a rate one litre per hectare. Black fallow and winter wheat – preceding crops. Winter wheat ‘Viktoriya’ and ‘Olimp’ were used in these studies. During the years of research, increased temperature regime and deficit of precipitation during the spring-summer period were noted. These factors had a negative impact on plants' growth and development. The soil – dark chestnuts medium loamy (Haplic Kastanozems) with the following agrochemical parameters: humus content - 2.5%;  $pH_{KCl}$  - 5.75–7.46; Ca – 19.6–23.6 mol (equiv.)/100 g of soil; Mg - 4.7–5.6 mol (equiv.)/100 g of soil; mobile phosphorus and potassium - 202–359 mg/kg and 257–473 mg/kg of soil, respectively. In 2017, an increase by 13.1 cwt/ha was recorded for variety ‘Olimp’ and 13.2 cwt/ha for variety ‘Viktoriya’ (sown on black fallow) after using the test preparation. According to winter wheat as a preceding crop, ‘Gumiton’ also contributed to an increase in yield by 8.5 cwt/ha (variety ‘Olimp’) and 7.0 cwt/ha (variety ‘Viktoriya’). In 2018, significant differences were recorded only for the option with the black fallow - 5.0 cwt/ha and 6.0 cwt/ha, respectively. In 2018, in the variant with the black fallow, the crude protein content in grain significantly increased by 1.7% (‘Viktoriya’) and 2.2% (‘Olimp’) when using the studied preparation. In 2017, this excess was 0.5–0.6%. According to winter wheat as a preceding crop, the use of ‘Gumiton’ contributed to a significant increase in the value of this indicator only in 2018 – by 0.7% and 1.5%.*

**Keywords:** winter wheat (*Triticum aestivum* L.), ‘Gumiton’, treatment, yield, grain, quality.

Ратников Александр Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», 249032, Россия, Калужская область, г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км; e-mail: ratnikov-51@mail.ru.

Суслов Алексей Афанасьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», 249032, Россия, Калужская область, г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км; ecology2003@ukr.net.

Свириденко Дмитрий Георгиевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» 249032, Россия, Калужская область, г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км; e-mail: dgs58@mail.ru.

Иванкин Николай Геннадьевич, научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» 249032, Россия, Калужская область, г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км; e-mail: n.iavankin7@rambler.ru.

Петров Константин Владимирович, научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» 249032, Россия, Калужская область, г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км; e-mail: petrov291150@mail.ru.

Яценко Виктор Васильевич, председатель сельскохозяйственного потребительского садоводческого кооператива «Росток»; 344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Максима Горького, д. 84, кв. 47; e-mail: spsok-rostok@mail.ru.

Ratnikov Alexander Nikolaevich, Dr. Sc. (Agr.), leading researcher Federal State Budget Scientific Institution Russian research institute of radiology and agroecology; 109 km, Kiev highway, Obninsk, Kaluga region, Russia, 249032; e-mail: ratnikov-51@mail.ru.

Suslov Aleksey Afanasievich, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher, leading researcher Federal State Budget Scientific Institution Russian research institute of radiology and agroecology; 109 km, Kiev highway, Obninsk, Kaluga region, Russia, 249032; e-mail: ecology2003@ukr.net.

Sviridenko Dmitry Georgievich, Cand. Sc. (biol.), senior researcher Federal State Budget Scientific Institution Russian research institute of radiology and agroecology; 109 km, Kiev highway, Obninsk, Kaluga region, Russia, 249032; e-mail: dgs58@mail.ru.

Ivankin Nikolay Henadievish, researcher Federal State Budget Scientific Institution Russian research institute of radiology and agroecology; 109 km, Kiev highway, Obninsk, Kaluga region, Russia, 249032; e-mail: n.ivankin7@rambler.ru.

Petrov Konstantin Vladimirovish, researcher Federal State Budget Scientific Institution Russian research institute of radiology and agroecology; 109 km, Kiev highway, Obninsk, Kaluga region, Russia, 249032; e-mail: petrov291150@mail.ru.

Yatsenko Viktor Vasiliyevich, head of the Agricultural Cooperative “Rostok”; 84\47, Maksim Gorkiy str., Rostov-on-Don, 344002, Russia; e-mail: spsok-rostok@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 02.07.2019.*

*Дата принятия к печати – 10.09.2019.*

DOI 10.33952/2542-0720-2019-4-20-96-110

УДК 579(873.71+64)

Рябова О. В.

**PGPR-СВОЙСТВА РИЗОСФЕРНОГО ИЗОЛЯТА *STREPTOMYCES SP. A-4***

ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия»

**Реферат.** Стрептомицеты известны как продуценты различных биологически активных соединений, в том числе с антифунгальной и фиторегуляторной активностями. В связи с этим их можно рассматривать в качестве источника новых биопрепаратов для использования в растениеводстве. Цель исследования – изучение спектра и механизмов антагонистического действия, фиторегуляторной и колонизирующей способности ризосферного изолята *Streptomyces sp. A-4*. Исследования проводили в лабораторных условиях: изучение антагонистической активности *Streptomyces sp. A-4* – в 2008–2011 гг.; колонизирующей активности – 2009 г.; фиторегуляторной – 2012 г.; молекулярно-генетический анализ – 2019 г. Принадлежность штамма к роду *Streptomyces* (кладе *Streptomyces violaceusniger*) установлена на основании культурально-морфологических признаков, а также результатов секвенирования фрагмента гена 16S рРНК. Изучаемый изолят подавлял рост (зона 14–50 мм) фитопатогенных грибов *Fusarium sp.*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium avenaceum*, *Fusarium sporotrichiella*, *Bipolaris sorokiniana*, *Rhizoctonia solani*, *Alternaria sp.* и бактерии *Streptomyces scabiei*. При этом он не ингибировал бактерии родов *Pseudomonas*, *Azospirillum* и *Rhizobium*, являющихся представителями нормальной ризосферной микробиоты. Подавление фитопатогенных грибов стрептомицетом обусловлено сочетанием фунгистатической (ингибирование прорастания конидий микромицетов, ограничение роста мицелия, в том числе благодаря продукции летучих антифунгальных метаболитов) и фунгицидной (лизис грибного мицелия) активностей. Установлена способность изучаемого изолята к синтезу ауксинов (до 18 мкг/мл) и стимуляции роста растений. В частности, на примере пшеницы продемонстрировано увеличение высоты побега (на 38–66 %) и длины корней (на 23–25 %) проростков под влиянием метаболитов стрептомицета. В модельных экспериментах стрептомицет колонизировал корни растений: уровень его численности на корнях в нестерильной почве в течение четырех недель наблюдений не опускался ниже  $10^5$  КОЕ/г корней, что свидетельствует о достаточно высоких конкурентных свойствах этого изолята. Совокупность указанных характеристик *Streptomyces sp. A-4* позволяет отнести его к группе *plant growth-promoting rhizobacteria* (PGPR).

**Ключевые слова:** стрептомицеты, *Streptomyces sp.*, антагонизм, фитопатогены, биопрепараты, ауксины, колонизация корней растений.

**Введение**

На сегодняшний день одним из наиболее экологичных способов повышения продуктивности и улучшения фитосанитарного состояния агроэкосистем является использование биопрепаратов на основе ризосферных бактерий, оказывающих положительное влияние на растения. Такие бактерии принято называть PGPR (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria), то есть стимулирующие рост растений ризобактерии [1]. Можно выделить основные признаки, по которым ризосферные бактерии относят к группе PGPR: антагонистическая активность по отношению к патогенным для растений микроорганизмам, продукция биологически активных веществ (фитогормоны, витамины и др.), способность колонизировать корни растений [1, 2].



Наиболее известные PGPR – бактерии родов *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Flavobacterium* и ряд других представителей филумов *Firmicutes*, *Proteobacteria* и *Bacteroides* [1, 3]. На их основе разработаны такие эффективные средства как «Фитоспорин-М», «Алирин-Б», «Псевдобактерин-2», «Ризоплан», «Флавобактерин», «Азобактерин» и др. [4–6]. Вместе с тем, требуется расширение и постоянное обновление списка возможных биологических агентов для разработки новых биопрепаратов. В этой связи определенный интерес представляет изучение стрептомицетов – мицелиальных актинобактерий, характеризующихся способностью продуцировать различные биологически активные соединения [7, 8]. Среди них известны представители, проявляющие сильную антагонистическую активность в отношении различных фитопатогенных микроорганизмов [7, 9, 10]. Некоторые изоляты способны синтезировать фитогормоны и стимулировать рост растений [7, 9, 11]. Однако термин PGPR к стрептомицетам применяется гораздо реже, чем к перечисленным выше бактериям. Вместе с тем следует отметить увеличение в последнее время количества публикаций, в основном зарубежных, посвященных скринингу актиномицетов, обладающих полезными для растений свойствами [7, 9, 11–13], что свидетельствует об актуальности изучения этих микроорганизмов с целью использования в сельскохозяйственной практике.

**Цель исследований** – изучение спектра и механизмов антагонистического действия, фиторегуляторной и колонизирующей способности ризосферного изолята *Streptomyces sp.* A-4.

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

Исследования осуществлены на базе ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия» и ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого». Объект исследования – штамм *Streptomyces sp.* A-4, выделенный автором в 2004 г. из ризосферы овса (*Avena sativa* L., сорт Аргамак) на кислой ( $\text{pH}_{\text{сол.}} = 4,5$ ) дерново-подзолистой почве Северо-Востока европейской части России (г. Киров, 58°35'47"N, 49°39'37"E) и проявлявший высокую антагонистическую активность в отношении некоторых фитопатогенных грибов [14].

Идентификацию штамма проводили по морфологическим и культуральным свойствам с использованием информационных источников [15, 16], а также на основе секвенирования фрагмента гена 16S рРНК. Молекулярно-генетический анализ выполнен в 2019 г. в ЦКП «Биотехнология» ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии» (г. Москва). Выделение геномной ДНК проводили коммерческим набором «Проба-Экспресс» (Синтол, РФ). ПЦР-анализ и последующее секвенирование нуклеотидных последовательностей гена 16S рРНК проведены с использованием универсальных праймеров 16SF75 (agtggcggacgggtgagtaa) и 16SR1100 (ttactagcattccgactca) с помощью BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Thermo Fisher Scientific, USA). Секвенирование осуществляли по методике Сенгера [17] на генетическом анализаторе ABI3130xl (Thermo Fisher Scientific, USA).

Первичный сравнительный анализ полученных нуклеотидных последовательностей с репрезентативными последовательностями базы данных GenBank проводили с помощью программы NCBI Blast [18]. Множественное выравнивание последовательностей и построение филогенетического дерева осуществляли в программе MAFFT version 7 [19]. Для построения дендрограммы использовали метод объединения «ближайших соседей» – neighbor-joining method. Статистическую достоверность порядка ветвления определяли с помощью «bootstrap»-анализа 1000 альтернативных деревьев. В качестве референсного, не

принадлежащего к роду *Streptomyces*, организма использован штамм *Bifidobacterium bifidum* КСТС 3202.

*Изучение антагонистической активности Streptomyces sp. A-4 (2008–2011 гг.).* Спектр антимикробного действия изучаемого изолята определяли методом агаровых блоков [20]. Блоки со стрептомицетом помещали на поверхность питательной среды одновременно с засевом ее тест-культурой. Через 2–5 суток определяли диаметр стерильной зоны вокруг блока. В качестве тест-культур использовали штаммы фитопатогенных грибов и бактерий, предоставленные руководителем лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (г. Киров) Т. К. Шешеговой, а также выделенные автором из больных растений. Кроме того, оценивали влияние изучаемого изолята на штаммы ассоциативных бактерий из коллекций ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии» (г. Санкт-Петербург) и 46-го Центрального научно-исследовательского института Министерства обороны РФ (г. Киров), а также симбиотических бактерий *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii*, выделенных автором из клубеньков *Trifolium pratense* L. Названия тест-культур представлены в разделе «Результаты и их обсуждение».

Способность стрептомицета к лизису мицелия грибов также изучали методом агаровых блоков, однако в этом случае блоки с культурой *Streptomyces sp. A-4* помещали на поверхность выросшего после пяти суток культивирования на плотной питательной среде грибного мицелия. Диаметр зоны лизиса грибного мицелия вокруг блока оценивали через шесть недель культивирования.

Способность стрептомицета к продукции летучих антифунгальных метаболитов определяли в «бесконтактных» системах: герметизированных пленкой Parafilm в чашках Петри. На одной поверхности производили посев стрептомицета, на другой – тестируемого гриба. Длительность эксперимента – 10 суток. По его окончании рассчитывали радиальную скорость роста (Kr) колоний грибов в присутствии и отсутствии (контроль) *Streptomyces sp. A-4* по формуле [21]:

$$Kr = (d_2 - d_1) / (t_2 - t_1)$$

где Kr – скорость роста колоний грибов, мм/ч;

$d_1$  и  $d_2$  – диаметр колоний в начальный и конечный момент измерения соответственно, мм;

$t_1$  и  $t_2$  – время начального и конечного измерения, ч.

В указанных опытах культивирование *Streptomyces sp. A-4*, а также возбудителя парши обыкновенной картофеля (*Streptomyces scabiei* П-5) осуществляли на среде ISP-3 [16], ассоциативных бактерий – плотной среде RHM [22], клубеньковых бактерий – маннитно-дрожжевом агаре [23] при температуре  $27 \pm 2$  °С в течение 2–5 суток. Фитопатогенные грибы выращивали на агаре Чапека-Докса [24] при  $22 \pm 2$  °С в течение пяти суток.

Влияние *Streptomyces sp. A-4* на прорастание спор грибов определяли следующим способом: из культуральной жидкости (опыт) изучаемого изолята, полученной путем культивирования последнего в жидкой среде ISP-3 на качалке (180 об./мин) при  $27 \pm 2$  °С, и стерильной воды (контроль) готовили препараты «висячая капля», в которые помещали конидии грибов. Через четыре часа путем микроскопирования препаратов (микроскоп «Биомед 6-ЛЮМ», Россия) подсчитывали долю проросших спор микромицетов в обоих вариантах.

*Изучение фиторегуляторной активности Streptomyces sp. A-4 (2012 г.).* Определение ауксинов в культуральной жидкости *Streptomyces sp. A-4* осуществляли колориметрическим методом с реактивом Сальковского [25, 26]. Для постановки

эксперимента стрептомицет культивировали на качалке (180 об./мин) при  $27 \pm 2$  °С в 100 мл жидкой среды RHM с добавлением 200 мкг/мл DL-триптофана и заменой аммонийного азота его нитратной формой [26].

Фиторегуляторную активность изучали методом рулонной культуры на яровой пшенице (*Triticum aestivum* L., сорт Приокская). Перед закладкой опыта семена пшеницы замачивали на 24 ч в суспензии стрептомицета, выращенного как описано выше для методики определения ауксинов. Варианты опыта: 1 – контроль (вода); 2 – контроль (питательная среда); 3 – суспензия *Streptomyces* sp. A-4 в разведении 1:10. Проклюнувшиеся семена раскладывали на увлажнённую дистиллированной водой фильтровальную бумагу, закатывали в рулоны (по 25 шт. в каждом). Рулоны устанавливали вертикально в химические стаканы с водой и помещали в камеру искусственного климата ILKA (Германия) при температуре 25/18 °С (день/ночь), освещённости – 10 клк и фотопериоде – 16 ч. Через шесть суток определяли линейные размеры проростков.

*Изучение колонизирующей активности Streptomyces sp. A-4 (2009 г.)*  
В модельных лабораторных экспериментах на примере растений озимой ржи (*Secale cereale* L., сорт Вятка 2) и овса (*Avena sativa* L., сорт Аргамак) изучали способность *Streptomyces* sp. A-4 колонизировать ризосферу растений. Исследования проводили в стерильных и нестерильных условиях. В первом случае суспензией спор ( $10^6$ – $10^7$  на 1 г семян) *Streptomyces* sp. A-4 инокулировали поверхностно стерилизованные в течение 15 минут смесью 3 % пероксида водорода и 96 % этилового спирта (1:1) семена озимой ржи. Семена высевали в стеклянные пробирки ПБ2 (21 × 200 мм), на треть заполненные увлажненной до 80 % от полной влагоемкости стерильной дерново-подзолистой почвой со следующими агрохимическими показателями: рН<sub>сол.</sub> = 4,5; подвижный алюминий – 0,58 мг/100 г почвы; обменная кислотность – 0,11 мг-экв./100 г почвы; Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> – 154 мг/кг почвы; К<sub>2</sub>О – 168 мг/кг почвы; гумус – 2,7 %. Во втором случае использовали нестерильные семена озимой ржи и овса, которые высевали в пластиковые сосуды (1 л), на треть заполненные той же увлажненной до 80 % от полной влагоемкости дерново-подзолистой почвой, не подвергавшейся стерилизации. В этом случае семена обрабатывали суспензией спор ( $10^6$ – $10^7$  на 1 г семян) изучаемого стрептомицета, предварительно маркированного по устойчивости к стрептомицину, подавлявшему в концентрации от 10 и выше мкг/мл питательной среды рост всех актиномицетов, высеваемых из использованной в исследовании почвы. Устойчивый к стрептомицину штамм (*Streptomyces* sp. A-4 200 str<sup>r</sup>) получали путем отбора спонтанных мутантов в ходе пересевов *Streptomyces* sp. A-4 на плотной питательной среде Гаузе 1 [16] с последовательным увеличением содержания в ней стрептомицина до 200 мкг/мл. В качестве контроля использовали неинокулированные *Streptomyces* sp. A-4 200 str<sup>r</sup> семена.

Растения выращивали в камере искусственного климата ILKA (Германия) при температуре 25/18 °С (день/ночь), освещённости – 10 клк и фотопериоде 16 ч в течение 27 суток.

В экспериментах определяли численность изучаемого изолята в прикорневой зоне, для чего проводили поверхностный посев из разведений образцов ризосферы на плотную среду Гаузе 1. В опыте, осуществляемом в нестерильных условиях, в среду добавляли 100 мкг/мл стрептомицина для исключения роста других актиномицетов.

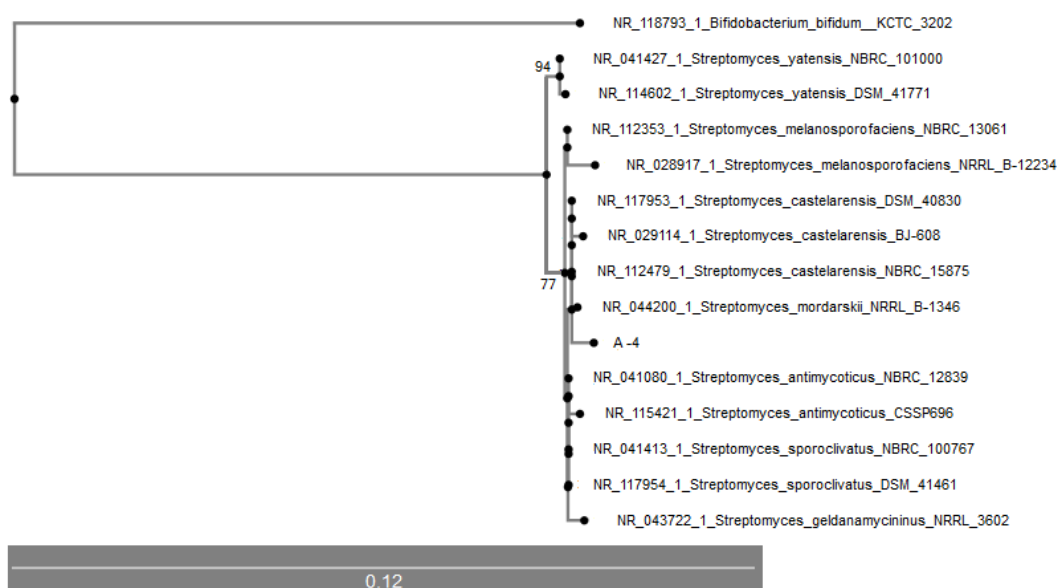
Статистическую обработку результатов проводили с использованием программ Microsoft Excel 7.0 и Statgraphics plus 2.1. Данные представлены в виде средних арифметических значений с доверительными интервалами. Статистическую значимость различий определяли по Стьюденту ( $p < 0,05$ ). Графики построены в

программе Microsoft Excel 7.0.

### Результаты и их обсуждение

*Идентификация Streptomyces sp. A-4.* Ранее [14] на основании морфологических и культуральных свойств с помощью определителя Гаузе с соавторами [16] изучаемый изолят отнесен нами к виду *Streptomyces hygrosopicus*. Проведенная генотипическая идентификация штамма, основанная на анализе фрагмента гена 16S рРНК, показала, что он действительно является представителем рода *Streptomyces*. Ближайшими родственниками (показатель сходства более 98,7 % [27]) изучаемого изолята в базе GenBank были 13 штаммов (приведены на рисунке 1), относящиеся к семи видам. Все они – представители клады *S. violaceusniger* [28, 29].

Множественное выравнивание нуклеотидных последовательностей фрагмента гена 16S рРНК позволило установить, что все штаммы стрептомицетов, за исключением представителей вида *S. yatensis*, образуют одну филогенетическую группу с достоверностью кластеризации 77 % (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Филогенетическое дерево, построенное на основе анализа последовательностей генов 16S рРНК, принадлежащих *Streptomyces sp. A-4* и наиболее близким ему коллекционным штаммам**

*Примечание.* Указаны величины достоверности кластеризации для узлов, характеризующихся значениями выше 60 %. Масштаб соответствует двенадцати заменам на 100 пар оснований.

Наиболее близки к изучаемому изоляту представители видов *S. castelarensis* и *S. mordarskii*. Заметим, что эти виды выделены в статус новых в результате реклассификации некоторых коллекционных штаммов, ранее считавшихся представителями вида *S. hygrosopicus* [29]. Однако достоверность их кластеризации со *Streptomyces sp. A-4* не превысила 54 %. Культурально-морфологические свойства штаммов, объединяющихся в кластер с достоверностью кластеризации 77 %, существенно не различаются и являются типичными для представителей клады *S. violaceusniger* (таблица 1). Таким образом, результаты проведенного анализа не позволяют однозначно установить видовую принадлежность штамма А-4.

*Антагонистическая активность Streptomyces sp. A-4.* В опыте с фитопатогенными микромицетами установлено, что *Streptomyces sp. A-4* подавлял рост всех изученных в работе тест-культур. Зона ингибирования роста

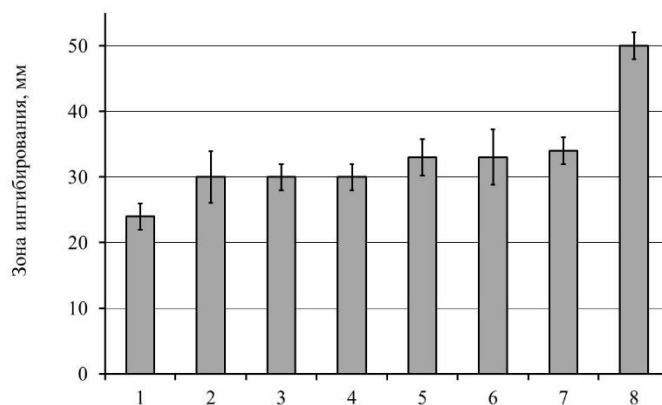
мицелиальных грибов варьировала от 24 до 50 мм в зависимости от вида микромицета (рисунок 2). Наиболее высокую ингибирующую активность в наших экспериментах выявили в отношении гриба *Fusarium avenaceum* 7/2. В работе, проведенной сотрудниками лаборатории иммунитета и защиты растений Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого [30], куда штамм передавали для дополнительных исследований, установлена также его высокая антагонистическая активность (зона ингибирования 46 мм) в отношении конидиальной стадии возбудителя спорыньи – *Sphacelia segetum*, для борьбы с которым в России не зарегистрировано ни одного биофунгицида.

**Таблица 1 – Культурально-морфологические свойства *Streptomyces sp. A-4* и родственных видов [15, 16, 28, 29]**

Вид	Морфология спороносцев	Цвет споровой массы	Автолиз (увлажнение и почернение) воздушного мицелия	Цвет субстратного мицелия	МП
<i>Streptomyces sp. A-4</i>	S	серый	+	бесцветный до светло-желтого	-
<i>S. castelarensis</i>	S	серый	+	желто-серый	-
<i>S. mordarskii</i>	S	серый	+	серо-желтый	-
<i>S. antimycoticus</i>	S	серый	+	бесцветный до зеленовато-желтого	-
<i>S. sporoclivatus</i>	S	серый	+	бесцветный	-
<i>S. geldanamycininus</i>	S	серый	н	бесцветный до коричневого	-
<i>S. melanosporofaciens</i>	S	серый	+	светло-желтый до желто-серовато-оливкового	-

**Примечания:** «S» – спиральные цепочки спор; МП – меланоидные пигменты; «+» – наличие признака; «-» – отсутствие признака; «н» – не описано.

Следует отметить, что в литературе имеется информация о проявлении высокой противогрибковой активности [31, 32], в том числе в отношении фитопатогенных грибов [31], изолятами, наиболее близкими, также как и *Streptomyces sp. A-4*, по нуклеотидной последовательности гена 16S рРНК к видам *S. castelarensis* и *S. mordarskii*. Таким образом, представители клады *S. violaceusniger*, генотипически близкие к указанным видам, можно рассматривать в качестве возможных продуцентов новых биофунгицидов.



**Рисунок 2 – Антагонистическая активность *Streptomyces sp. A-4* в отношении фитопатогенных грибов**

**Примечание.** 1. *Fusarium culmorum* T-8; 2. *Fusarium oxysporum* C-099-k; 3. *Fusarium sp.*; 4. *Bipolaris sorokiniana*; 5. *Rhizoctonia solani* R-1; 6. *Alternaria sp.* T-1; 7. *Fusarium sporotrichiella* K- 8999-k; 8. *Fusarium avenaceum* 7/2.



Антифунгальная активность микроорганизмов к фитопатогенным грибам может быть обусловлена различными механизмами: ингибированием прорастания спор, ограничением роста и/или деградацией грибного мицелия. Во многом это обусловлено продукцией антагонистами антибиотиков, литических ферментов, а также летучих соединений [33].

Изучение механизмов антифунгальной активности *Streptomyces sp.* А-4 позволило установить, что продукты его жизнедеятельности препятствуют прорастанию конидий использованных в работе тест-культур грибов. Так, если доля проросших в течение четырех часов во влажной среде в отсутствии метаболитов актиномицета (контроль) грибных спор составила 33 % для *F. culmorum* Т-8 и 52 % для *F. avenaceum* 7/2, то в их присутствии (опыт) она была соответственно на 29 и 52 % ниже (таблица 2). Ингибирование прорастания спор грибов метаболитами, продуцируемыми представителями клады *S. violaceusniger*, отмечено также в работе [34].

**Таблица 2 – Механизмы антагонистической активности *Streptomyces sp.* А-4 в отношении фитопатогенных грибов**

Механизм	Показатель	Тест-культура	Опыт	Контроль
Ингибирование прорастания грибных конидий (фунгистатическая активность)	доля проросших спор, %	<i>Fusarium culmorum</i> Т-8	4	33
		<i>Fusarium avenaceum</i> 7/2	0	52
Ингибирование роста колоний грибов летучими метаболитами (фунгистатическая активность)	скорость роста гриба (Kr), мм/ч	<i>Fusarium culmorum</i> Т-8	0,18 ± 0,15	0,81 ± 0,20
		<i>Fusarium avenaceum</i> 7/2	0,17 ± 0,10	0,22 ± 0,10
		<i>Alternaria sp.</i> Т-1	0,14 ± 0,06	0,35 ± 0,10
Лизис грибного мицелия (фунгицидная активность)	зона лизиса, мм	<i>Fusarium culmorum</i> Т-8	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
		<i>Fusarium avenaceum</i> 7/2	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
		<i>Alternaria sp.</i> Т-1	19,5 ± 0,9	0,0 ± 0,0
		<i>Fusarium oxysporum</i> И-1	18,3 ± 0,8	0,0 ± 0,0
		<i>Rhizoctonia solani</i> R-1	22,5 ± 0,8	0,0 ± 0,0

Фунгистатическое действие изучаемого изолята проявлялось также в задержке роста колоний грибов, обусловленной продукцией им летучих метаболитов. Скорость роста всех изучаемых тест-культур грибов в присутствии *Streptomyces sp.* А-4 (опыт) была достоверно ( $p < 0,05$ ) ниже по сравнению с таковой в его отсутствии (контроль) (см. таблицу 2). Подавление роста грибов летучими метаболитами стрептомицетов также продемонстрировано в ряде работ зарубежных авторов [35, 36]. Отмечено, что стрептомицеты, продуцирующие летучие антифунгальные соединения, могут быть весьма эффективны в ограничении активности фитопатогенных микромицетов в гетерогенных субстратах [35], каковыми являются почва и ризосфера.

В отношении трех из пяти тест-культур фитопатогенных грибов (*Alternaria sp.* Т-1, *Rhizoctonia solani* R-1 и *Fusarium oxysporum* И-1) изучаемый изолят проявлял литическую активность: зона лизиса грибного мицелия в зависимости от тест-культуры составляла 18–23 мм (см. таблицу 2). Можно предположить, что данный вид активности связан с продукцией стрептомицетом внеклеточных гидролитических ферментов, таких как хитиназа и 1,3-β-глюканаза, разрушающих соответственно хитин и 1,3-β-глюкан в составе клеточных стенок грибов. Так, сочетание у представителей клады *S. violaceusniger* продукции данных гидролаз с противогрибковой активностью установлено в работах [37, 38].

Спектр антибактериальной активности *Streptomyces sp.* А-4 был уже, чем антифунгальной. Под влиянием стрептомицета наблюдали подавление роста только

одной из четырех тест-культур грамотрицательных бактерий – *Flavobacterium sp.* L.30 (ВНИИСХМ) (таблица 3). Грамположительные бактерии (*Arthrobacter simplex* Dr-12 (ВНИИСХМ), *Bacillus subtilis* и *Streptomyces scabiei* П-5) были более чувствительны к метаболитам актиномицета. Подавление роста возбудителя парши обыкновенной может быть использовано на практике для контроля численности данного фитопатогена в посадках картофеля. Примечательно, что *Streptomyces sp.* А-4 не проявлял антибактериальной активности в отношении ассоциативных бактерий родов *Pseudomonas*, *Azospirillum* и клубеньковых бактерий клевера, что свидетельствует о возможности их совместного использования в агротехнологиях.

**Таблица 3 – Антагонистическая активность *Streptomyces sp.* А-4 в отношении бактерий**

Зона ингибирования тест-культур, мм							
ассоциативные и симбиотические				фитопатогенные			
граммотрицательные				грамположительные			
1	2	3	4	5	6	7	8
0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	34,5 ± 1,0	34,8 ± 1,2	43,0 ± 2,5	0,0 ± 0,0	14,0 ± 1,8

**Примечание.** 1. *Pseudomonas fluorescens* 540 (ИМ МО РФ); 2. *Azospirillum brasilense* Sp-7 (ВНИИСХМ); 3. *Rhizobium leguminosarum* bv.trifolii Ч-7; 4. *Flavobacterium sp.* L.30 (ВНИИСХМ); 5. *Arthrobacter simplex* Dr-12 (ВНИИСХМ); 6. *Bacillus subtilis*; 7. *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* K-3-2; 8. *Streptomyces scabiei* П-5.

**Фиторегуляторная активность *Streptomyces sp.* А-4.** Влияние бактерий группы PGPR на растения не ограничивается только защитными свойствами. Важной их функцией является регуляция роста растений. Исследование фиторегуляторной активности метаболитов *Streptomyces sp.* А-4 выявило их ростстимулирующий эффект: в опытном варианте, в отличие от контрольных, у проростков пшеницы наблюдали достоверное увеличение значений высоты побега на 38–66 % и длины корней на 23–25 % (таблица 4). Аналогичный эффект отмечен у изолята *Streptomyces sp.* N3-3b, выделенного в Индии из ризосферы черного риса, и имевшего наибольшее генотипическое сходство с представителями видов *S. castelarensis* и *S. mordarskii* [31]. Авторами установлено, что одним из механизмов стимуляции роста растений является продукция стрептомицетом ауксинов. В нашем исследовании также выявлена способность *Streptomyces sp.* А-4 продуцировать ауксины, максимальный выход которых (18 мкг/мл) в культуральной жидкости наблюдали на 4–5 сутки роста культуры (рисунок 3). Очевидно, эти фитогормоны могли обуславливать стимуляцию роста проростков пшеницы, семена которой были обработаны культуральной жидкостью изучаемого изолята, выращенного в присутствии предшественника ауксинов – триптофана.

**Таблица 4 – Фиторегуляторная активность *Streptomyces sp.* А-4 в отношении *Triticum aestivum* L., сорт Приокская**

Вариант	Высота побега, мм	Длина корня, мм	Доля невсхожих семян, %
Контроль 1	38,5 ± 5,5	79,7 ± 9,6	7,0 ± 5,3
Контроль 2	31,9 ± 5,5	81,1 ± 9,6	12,0 ± 5,3
<i>Streptomyces sp.</i> А-4	53,0 ± 5,5*	99,4 ± 9,6*	8,0 ± 5,3

**Примечание.** \* – Достоверно отличается от контроля при  $p < 0,05$  (однофакторный дисперсионный анализ).

**Колонизация *Streptomyces sp.* А-4 корней растений.** Важным этапом на пути создания биопрепаратов на основе живых микробных клеток является доказательство способности микроорганизмов заселять местообитание, в которое

они интродуцируются. Только способность размножаться непосредственно в прикорневой зоне растений может обеспечить PGPR подавление развития фитопатогенов и стимуляцию роста растений [39].

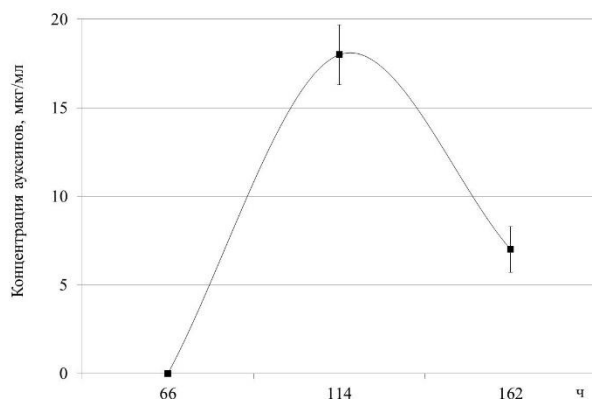


Рисунок 3 – Динамика синтеза ауксинов *Streptomyces sp. A-4*

Анализ динамики численности *Streptomyces sp. A-4* в ризосфере растений, выращиваемых в стерильных условиях, показал, что актиномицет в отсутствие других микроорганизмов способен активно заселять данное местообитание: уже на шестые сутки эксперимента его численность составляла  $2,5 \times 10^6$  КОЕ/г, постепенно увеличиваясь к окончанию опыта до  $5,5 \times 10^7$  КОЕ/г (рисунок 4).

Однако положительные результаты, полученные в стерильных условиях, не всегда подтверждаются при выращивании растений в естественной среде, что в первую очередь связано с активным развитием в прикорневой зоне аборигенной микробиоты, препятствующей заселению корней полезными интродуцированными микроорганизмами. Поэтому в ходе работы необходимо было подтвердить способность изучаемых штаммов актиномицетов колонизировать ризосферу в нестерильных условиях.

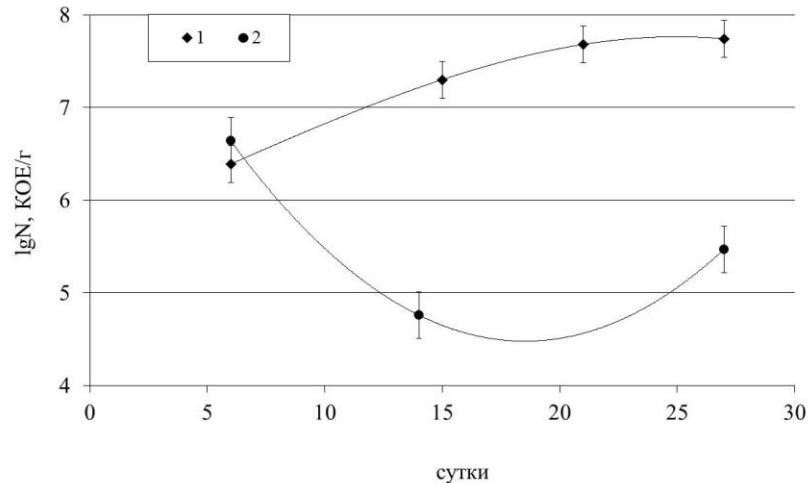
Проследить за динамикой численности стрептомицетов в нестерильной почве, где обитает большое количество различных микроорганизмов, в том числе других актиномицетов, невозможно без предварительной их маркировки. Наиболее доступным и простым методом маркировки микроорганизмов является повышение их резистентности к антибиотикам.

Для получения маркированного актиномицетного штамма нами выбран стрептомицин, к которому многие микроорганизмы весьма чувствительны. *Streptomyces sp. A-4* также являлся высокочувствительным к стрептомицину (диаметр зоны ингибирования –  $49 \pm 2$  мм), что позволило использовать этот антибиотик для его последующей маркировки, в результате которой получен штамм *Streptomyces sp. A-4 200str<sup>r</sup>*.

Численность *Streptomyces sp. A-4 200str<sup>r</sup>* в ризосфере нестерильных растений на первых этапах эксперимента (шестые сутки) составляла  $4,4 \times 10^6$  КОЕ/г (рисунок 4), что сопоставимо с численностью *Streptomyces sp. A-4* в этот период в стерильных условиях. Однако к четырнадцатым суткам количество актиномицетных зачатков в прикорневой зоне существенно снизилось. К окончанию эксперимента (двадцать седьмые сутки) вновь наблюдали некоторое повышение численности *Streptomyces sp. A-4 200str<sup>r</sup>* (до  $3,0 \times 10^5$  КОЕ/г), хотя величина этого показателя оставалась на более низком уровне по сравнению с таковым для *Streptomyces sp. A-4* в стерильных условиях ( $5,5 \times 10^7$  КОЕ/г). Более низкий уровень численности стрептомицета в ризосфере растений, выращенных в нестерильных условиях по сравнению со

стерильными обусловлен, по всей видимости, конкуренцией со стороны аборигенной микробиоты.

В ризосфере четырехнедельных проростков овса, выращенных в нестерильных условиях, уровень численности *Streptomyces sp. A-4* 200str<sup>r</sup> был сопоставим с таковым в ризосфере озимой ржи и составил  $2,2 \times 10^5$  КОЕ/г. Таким образом, доказана способность изучаемого штамма выживать в жестких условиях ризосферы.



**Рисунок 4 – Динамика численности *Streptomyces sp. A-4* и маркированного *Streptomyces sp. A-4* 200str<sup>r</sup> в ризосфере озимой ржи Вятка 2 соответственно в стерильной (1) и нестерильной (2) почве**

Учитывая собственные результаты, а также данные других авторов [31], можно рекомендовать использование представителей клады *S. violaceusniger* [28, 29] близких по нуклеотидной последовательности гена 16S рРНК к видам *S. castelarensis* и *S. mordarskii*, в качестве основы новых биопрепаратов для стимуляции роста и защиты растений.

#### Выводы

На основании изучения культурально-морфологических признаков и анализа фрагмента гена 16S рРНК ризосферный изолят А-4 отнесен к роду *Streptomyces* (клада *S. violaceusniger*).

*Streptomyces sp. A-4* проявлял основные свойства PGPR: способность подавлять развитие фитопатогенов, продуцировать ауксины (до 18 мкг/мл), стимулировать рост (увеличение значений высоты побега на 38–66 % и длины корней на 23–25 %) и колонизировать корни (уровень численности в нестерильной ризосферной почве  $10^5$ – $10^6$  КОЕ/г) растений.

Антифунгальная активность изолята обусловлена сочетанием таких механизмов как ингибирование прорастания грибных спор, ограничение роста и лизис мицелия грибов, ограничение развития грибов благодаря летучим соединениям.

#### Литература

1. Феоктистова Н. В., Марданова А. М., Хадиева Г. Ф., Шарипова М. Р. Ризосферные бактерии // Ученые записки Казанского университета. Серия «Естественные науки». 2016. Т. 158. Кн. 2. С. 207–224.

2. Saharan B. S., Nehra V. Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review // Life Sciences and Medicine Research. 2011. Vol. 2011. LSMR-21. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pdfs.semanticscholar.org/4bd8/7791af3a7e8cb1cd165e22bd6b67b47c7aca.pdf> (дата обращения 28.07.2019).
3. Сиунова Т. В., Анохина Т. О., Сизова О. И., Соколов С. Л., Сазонова О. И., Кочетков В. В., Боронин А. М., Patil S. G., Chaudhari A. B. Штаммы PGPR *Pseudomonas*, перспективные для создания биопрепаратов для защиты и стимуляции роста растений // Биотехнология. 2017. Т. 33. № 2. С. 56–67. DOI: 10.21519/0234-2758-2017-33-2-56-67.
4. Гамзаева Р. С. Влияние биопрепаратов Флавобактерин и Мизорин на физиолого-биохимические показатели различных сортов ячменя // Известия Санкт-Петербургского аграрного государственного университета. 2015. № 40. С. 38–41.
5. Михайловская Н. А. Азоспириллы и их влияние на злаковые культуры (обзор литературы) // Почвоведение и агрохимия. 2015. № 2 (55). С. 167–181.
6. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М.: Минсельхоз России, 2017. 938 с.
7. Sousa J. A. J., Olivares F. L. Plant growth promotion by streptomycetes: ecophysiology, mechanisms and applications // Chemical and Biological Technologies in Agriculture. 2016. Vol. 3:24. P. 1–12. DOI: 10.1186/s40538-016-0073-5.
8. Harir M., Bendif H., Bellahcene M., Fortas Z., Pogni R. *Streptomyces* secondary metabolites // Basic Biology and Applications of Actinobacteria. Chapter 6 // Ed. by Enany S. IntechOpen. 2018. P. 99–122. DOI: 10.5772/intechopen.7989.
9. Gangwar M., Rani S., Sharma N. Investigating endophytic actinomycetes diversity from rice for plant growth promoting and antifungal activity // International Journal of Advanced Life Sciences. 2012. Vol. 1. P. 10–21.
10. El-Safey E. M., Atta H. M., Al Jaralah K. M. Antibiotic production by *Streptomyces hygrosopicus*, M 121 isolated from Kingdom of Saudi Arabia // Life Science Journal. 2013. Vol. 10. No. 2. P. 1157–1163.
11. Rashad F. M., Hayam F. M., El-Zayat A. S. Isolation and characterization of multifunctional *Streptomyces* species with antimicrobial, nematicidal and phytohormone activities from marine environments in Egypt // Microbiological Research. 2015. Vol. 175. P. 34–47.
12. Singh M. G., Padmavathy S. Isolation, screening and characterization of endophytic PGPR actinomycetes presents commonly Inneem & Tulsi leaves – *in vitro* study (tomato) // International Journal of Recent Scientific Research. 2014. Vol. 5. Iss. 3. P. 574–579.
13. Anwar S., Ali B., Sajid I. Screening of rhizospheric actinomycetes for various *in-vitro* and *in-vivo* plant growth promoting (PGP) traits and for agroactive compounds // Frontiers in Microbiology. 2016. Vol. 7. P. 1–11. DOI: 10.3389/fmicb.2016.01334.
14. Рябова О. В., Широких И. Г. Рост и антифунгальная активность стрептомицетов на фоне повышенной кислотности среды // Сельскохозяйственная биология. 2014. Т. 49. № 3. С. 100–107.
15. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Vol. 5 // ed. by Goodfellow M., Kämpfer P., Busse H.-J., Trujillo M. E., Suzuki K., Ludwig W., Whitman W. B. New York: Springer-Verlag, 2012. 2028 p. DOI: 10.1007/978-0-387-68233-4.
16. Гаузе Г. Ф., Преображенская Т. П., Свешникова М. А., Терехова Л. П., Максимова Т. С. Определитель актиномицетов. М.: Наука, 1983. 245 с.
17. Sanger F., Air G. M., Barrell B. G., Brown N. L., Coulson A. R., Fiddes C. A., Hutchison C. A., Slocombe P. M., Smith M. Nucleotide sequence of bacteriophage phi X174 DNA // Nature. 1977. Vol. 265 (5596). P. 687–695.
18. Basic local alignment search tool. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/> (дата обращения 28.07.2019).
19. MAFFT version 7. Multiple alignment program for amino acid or nucleotide sequences [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mafft.cbrc.jp/alignment/server/> (дата обращения 28.07.2019).
20. Егоров Н. С. Основы учения об антибиотиках. М.: Наука, 2004. 528 с.
21. Зенова Г. М., Оборотов Г. Ф., Норовсурэн Ж., Федотова А. В., Яковлева Л. В. Галофильные и алкалофильные актиномицеты засоленных почв // Почвоведение. 2007. № 11. С. 1347–1351.
22. Belimov A. A., Dietz K.-J. Effect of associative bacteria on element composition of barley seedlings grown in solution culture at toxic cadmium concentrations // Microbiological Research. 2000. Vol. 155. P. 113–121.
23. Методы общей бактериологии. Т. 2 // под ред. Герхарда Ф. М.: Мир, 1983. 469 с.
24. Сэги Й. Методы почвенной микробиологии // под ред. Муромцева Г. С. М.: Колос, 1983. 296 с.
25. Цавкелова Е. А., Чердынцева Т. А., Нетрусов А. И. Образование ауксинов бактериями, ассоциированными с корнями орхидей // Микробиология. 2005. Т. 74. № 1. С. 55–62.



26. Мерзаева О. В., Широких И. Г. Образование ауксинов эндофитными актинобактериями озимой ржи // Прикладная биохимия и микробиология. 2010. Т. 46. № 1. С. 51–57.
27. Kim M., Oh H. S., Park S. C., Chun J. Towards a taxonomic coherence between average nucleotide identity and 16S rRNA gene sequence similarity for species demarcation of prokaryotes // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2014. Vol. 64. P. 346–351.
28. Goodfellow M., Kumar Y., Labeda D. P., Sembiring L. The *Streptomyces violaceusniger* clade: a home for streptomycetes with rugose ornamented spores // Antonie van Leeuwenhoek. 2007. Vol. 92. P. 173–199. DOI: 10.1007/s10482-007-9146-6.
29. Kumar Y., Goodfellow M. Five new members of the *Streptomyces violaceusniger* 16S rRNA gene clade: *Streptomyces castelarensis* sp. nov., comb. nov., *Streptomyces himastatinicus* sp. nov., *Streptomyces mordarskii* sp. nov., *Streptomyces rapamycinicus* sp. nov. and *Streptomyces ruanii* sp. nov. // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2008. Vol. 58. P. 1369–1378. DOI: 10.1099/ijs.0.65408-0.65408G.
30. Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М. Некоторые приемы и средства защиты озимой ржи от спорыньи // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 3. С. 47–50.
31. Ningthoujam D. S., Chanu S. B., Tamreihao K., Lynda R., Devi K. A., Jeeniita N. Plant growth promotion and biocontrol potential of a *Streptomyces* sp. strain N3-3b isolated from the rhizosphere of Chakhao, a black rice variety of Manipur, India // British Microbiology Research Journal. 2016. Vol. 16. No. 2. P. 1–11. DOI:10.9734/BMRJ/2016/27422.
32. Mojićević M., Grahovac J., Petković M., Vučković I., Dodić J., Dodić S., Vojnović S. Production of nigericin and niphimycin by soil isolate *Streptomyces* sp. MS1: anti-*Candida* bioassay guided response surface methodology for the optimized culture medium // FACTA UNIVERSITATIS. Series “Physics, Chemistry and Technology”. 2017. Vol. 15. No. 1. P. 1–16. DOI: 10.2298/FUPCT1701001M.
33. Noumavo P. A., Agbodjato N. A., Baba-Moussa F., Adjanohoun A., Baba-Moussa L. Plant growth promoting rhizobacteria: beneficial effects for healthy and sustainable agriculture // African Journal of Biotechnology. 2016. Vol. 15 (27). P. 1452–1463. DOI: 10.5897/AJB2016.15397.
34. Igarashi Y., Iwashita T., Fujita T. Clethramycin, a new inhibitor of pollen tube growth with antifungal activity from *Streptomyces hygroscopicus* TP-A0623II. Physico-chemical properties and structure determination // The J. of Antibiotics. 2003. Vol. 56. No. 8. P. 705–708.
35. Schöller C. E. G., Gürtler H., Pedersen R., Molin S., Wilkins K. Volatile metabolites from actinomycetes // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2002. Vol. 50. No. 9. P. 2615–2621.
36. Cordovez V., Carrion V., Etalo D. W., Mumm R., Zhu H., Van Wezel G. P., Raaijmakers J. M. Diversity and functions of volatile organic compounds produced by *Streptomyces* from a disease-suppressive soil // Frontiers in Microbiology. 2015. Vol. 6. P. 1–13. DOI: 10.3389/fmicb.2015.01081.
37. Prapagdee B., Kuekulvong C., Mongkolsuk S. Antifungal potential of extracellular metabolites produced by *Streptomyces hygroscopicus* against phytopathogenic fungi // International Journal Biological Science. 2008. Vol. 4 (5). P. 330–337.
38. Haggag W. M., Abdallah E. G. Purification and characterization of chitinase produced by endophytic *Streptomyces hygroscopicus* against some phytopathogens // Journal of Microbiology Research 2012. Vol. 2 (5). P. 145–151.
39. Ahmad F., Husain F. M., Ahmad I. Rhizosphere and root colonization by bacterial inoculants and their monitoring methods: a critical area in PGPR research // Microbes and Microbial Technology: Agricultural and Environmental Applications. Chapter 14 // ed. by Ahmad I. F., Pichtel A. J. Springer Science+Business Media, LLC, 2011. P. 363–391. DOI: 10.1007/978-1-4419-7931-5\_14.

## References

1. Feoktistova N. V., Mardanova A. M., Hadiyeva G. F., Sharipova M. R. Rhizosphere bacteria // Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki (Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series). 2016. Vol. 158. No. 2. P. 207–224.
2. Saharan B. S., Nehra V. Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review // Life Sciences and Medicine Research. 2011. Vol. 2011. LSMR-21. [Electronic resource]. Access point: <https://pdfs.semanticscholar.org/4bd8/7791af3a7e8cb1cd165e22bd6b67b47c7aca.pdf> (reference's date 28.07.2019).
3. Siunova T. V., Anokhina T. O., Sizova O. I., Sokolov S. L., Sazonova O. I., Kochetkov V. V., Boronin A. M., Patil S. G., Chaudhari A. B. PGPR *Pseudomonas* strains promising for the development of bioformulations for plant protection and stimulation // Biotekhnologiya (Biotechnology). 2017. Vol. 33. No. 2. P. 56–67. DOI: 10.21519/0234-2758-2017-33-2-56-67.
4. Gamzaeva R. C. Influence biopreparations "Flavobakterin" and "Mizorin" on physiological and biochemical indicators of various varieties of barley // Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University 2015. No. 40. P. 38–41.

5. Mikhailovskaya N. A. *Azospirillum* spp. and their influence on grain crop (review) // Pochvovedenie i agrokhimiya. 2015. No. 2 (55). P. 167–181.
6. State catalogue of pesticides and agrochemicals approved for use at the Russian Federation. Moscow: Ministry of Agriculture of Russia, 2017. 938 p.
7. Sousa J. A. J., Olivares F. L. Plant growth promotion by streptomycetes: ecophysiology, mechanisms and applications // Chemical and Biological Technologies in Agriculture. 2016. Vol. 3:24. P. 1–12. DOI: 10.1186/s40538-016-0073-5.
8. Harir M., Bendif H., Bellahcene M., Fortas Z., Pogni R. *Streptomyces* secondary metabolites // Basic Biology and Applications of Actinobacteria. Chapter 6 // ed. by S. Enany. Intech Open, 2018. P. 99–122. DOI: 10.5772/intechopen.7989.
9. Gangwar M., Rani S., Sharma N. Investigating endophytic actinomycetes diversity from rice for plant growth promoting and antifungal activity // International Journal of Advanced Life Sciences. 2012. Vol. 1. P. 10–21.
10. El-Safey E. M., Atta H. M., Al Jaralah K. M. Antibiotic production by *Streptomyces hygroscopicus*, M 121 isolated from Kingdom of Saudi Arabia // Life Science Journal. 2013. Vol. 10. No. 2. P. 1157–1163.
11. Rashad F. M., Hayam F. M., El-Zayat A. S. Isolation and characterization of multifunctional *Streptomyces* species with antimicrobial, nematicidal and phytohormone activities from marine environments in Egypt // Microbiological Research. 2015. Vol. 175. P. 34–47.
12. Singh M. G., Padmavathy S. Isolation, screening and characterization of endophytic PGPR actinomycetes presents commonly Inneem & Tulsi leaves – *in vitro* study (tomato) // International Journal of Recent Scientific Research. 2014. Vol. 5. Iss. 3. P. 574–579.
13. Anwar S., Ali B., Sajid I. Screening of rhizospheric actinomycetes for various *in-vitro* and *in-vivo* plant growth promoting (PGP) traits and for agroactive compounds // Frontiers in Microbiology. 2016. Vol. 7. P. 1–11. DOI: 10.3389/fmicb.2016.01334.
14. Ryabova O. V., Shirokikh I. G. Growth and antifungal activity of streptomycetes influenced by acidic conditions // Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya (Agricultural Biology). 2014. Vol. 49. No. 3. P. 100–107.
15. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Vol. 5 // Ed. by Goodfellow M., Kämpfer P., Busse H.-J., Trujillo M. E., Suzuki K., Ludwig W., Whitman W. B. New York: Springer-Verlag, 2012. 2028 p. DOI: 10.1007/978-0-387-68233-4.
16. Gauze G. F., Preobrazhenskaya T. P., Sveshnikova M. A., Terekhova L. P., Maksimova T. S. Manual of Actinomycetes. Moscow: Nauka, 1983. 245 p.
17. Sanger F., Air G. M., Barrell B. G., Brown N. L., Coulson A. R., Fiddes C.A., Hutchison C. A., Slocombe P. M., Smith M. Nucleotide sequence of bacteriophage phi X174 DNA // Nature. 1977. Vol. 265 (5596). P. 687–695.
18. Basic local alignment search tool. [Electronic resource]. Access point: <http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/> (reference's date 28.07.2019).
19. MAFFT version 7. Multiple alignment program for amino acid or nucleotide sequences [Electronic resource]. Access point: <https://mafft.cbrc.jp/alignment/server/> (reference's date 28.07.2019).
20. Egorov N. S. Fundamentals of the doctrine of antibiotics. Moscow: Nauka, 2004. 528 p.
21. Zenova G. M., Oborotov G. F., Norovsuren Zh., Fedotova A.V., Yakovleva L. V. Halophilic and alcaliphilic actinomycetes in salt-affected soils // Eurasian Soil Science. 2007. No. 11. P. 1347–1351.
22. Belimov A. A., Dietz K.-J. Effect of associative bacteria on element composition of barley seedlings grown in solution culture at toxic cadmium concentrations // Microbiological Research. 2000. Vol. 155. P. 113–121.
23. Methods of general bacteriology. Vol. 2 // ed. by Gerhard F. Moscow: Mir, 1983. 469 p.
24. Segi Y. Methods of soil microbiology // ed. by Muromtsev G. S. Moscow: Kolos, 1983. 296 p.
25. Tsavkelova E. A., Cherdyntseva T. A., Netrusov A. I. Auxin production by bacteria associated with orchid roots // Microbiology. 2005. Vol. 74. No. 1. P. 55–62.
26. Merzaeva O. V., Shirokikh I. G. The production of auxins by the endophytic bacteria of winter rye // Applied Biochemistry and Microbiology. 2010. Vol. 46. No. 1. P. 51–57.
27. Kim M., Oh H. S., Park S. C., Chun J. Towards a taxonomic coherence between average nucleotide identity and 16S rRNA gene sequence similarity for species demarcation of prokaryotes // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2014. Vol. 64. P. 346–351.
28. Goodfellow M., Kumar Y., Labeda D. P., Sembiring L. The *Streptomyces violaceusniger* clade: a home for streptomycetes with rugose ornamented spores // Antonie van Leeuwenhoek. 2007. Vol. 92. P. 173–199. DOI: 10.1007/s10482-007-9146-6.
29. Kumar Y., Goodfellow M. Five new members of the *Streptomyces violaceusniger* 16S rRNA gene clade: *Streptomyces castelarensis* sp. nov., comb. nov., *Streptomyces himastatinicus* sp. nov., *Streptomyces mordarskii* sp. nov., *Streptomyces rapamycinicus* sp. nov. and *Streptomyces ruanii* sp. nov. //

- International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2008. Vol. 58. P. 1369–1378. DOI: 10.1099/ijs.0.65408-0.65408 G.
30. Sheshegova T.K., Shchekleina L.M. Some ways and means of ergot protection of winter rye// Dostizheniya nauki i tekhniki APK (Achievements of Science and Technology of AIC). 2014. No. 3. P. 47–50.
  31. Ningthoujam D. S., Chanu S. B., Tamreihao K., Lynda R., Devi K. A., Jeeniita N. Plant growth promotion and biocontrol potential of a *Streptomyces* sp. strain N3-3b isolated from the rhizosphere of Chakhao, a black rice variety of Manipur, India // British Microbiology Research Journal. 2016. Vol. 16. No. 2. P. 1–11. DOI:10.9734/BMRJ/2016/27422.
  32. Mojićević M., Grahovac J., Petković M., Vučković I., Dodić J., Dodić S., Vojnović S. Production of nigericin and niphimycin by soil isolate *Streptomyces* sp. MS1: anti-Candida bioassay guided response surface methodology for the optimized culture medium // Facta Universitatis Series “Physics, Chemistry and Technology”. 2017. Vol. 15. No. 1. P. 1–16. DOI: 10.2298/FUPCT1701001M.
  33. Noumavo P. A., Agbodjato N. A., Baba-Moussa F., Adjanohoun A., Baba-Moussa L. Plant growth promoting rhizobacteria: beneficial effects for healthy and sustainable agriculture // African Journal of Biotechnology. 2016. Vol. 15 (27). P. 1452–1463. DOI: 10.5897/AJB2016.15397.
  34. Igarashi Y., Iwashita T., Fujita T. Clethramycin, a new inhibitor of pollen tube growth with antifungal activity from *Streptomyces hygroscopicus* TP-A0623II. Physico-chemical properties and structure determination // The J. of Antibiotics. 2003. Vol. 56. No. 8. P. 705–708.
  35. Schöller C. E. G., Gürtler H., Pedersen R., Molin S., Wilkins K. Volatile metabolites from actinomycetes // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2002. Vol. 50. No. 9. P. 2615–2621.
  36. Cordovez V., Carrion V., Etalo D. W., Mumm R., Zhu H., Van Wezel G. P., Raaijmakers J. M. Diversity and functions of volatile organic compounds produced by *Streptomyces* from a disease-suppressive soil // Frontiers in Microbiology. 2015. Vol. 6. P. 1–13. DOI: 10.3389/fmicb.2015.01081.
  37. Prapagdee B., Kuekulvong C., Mongkolsuk S. Antifungal potential of extracellular metabolites produced by *Streptomyces hygroscopicus* against phytopathogenic fungi // International Journal Biological Science. 2008. Vol. 4(5). P. 330–337.
  38. Haggag W. M., Abdallah E. G. Purification and characterization of chitinase produced by endophytic *Streptomyces hygroscopicus* against some phytopathogens // Journal of Microbiology Research. 2012. Vol. 2(5). P. 145–151.
  39. Ahmad F., Husain F. M., Ahmad I. Rhizosphere and root colonization by bacterial inoculants and their monitoring methods: a critical area in PGPR research // Microbes and Microbial Technology: Agricultural and Environmental Applications. Chapter 14 // ed. by Ahmad I. F., Pichtel A. J. Springer Science+Business Media, LLC, 2011. P. 363–391. DOI: 10.1007/978-1-4419-7931-5\_14.

UDC 579(873.71+64)

Ryabova O. V.

#### PGPR-PROPERTIES OF THE RHIZOSPHERE ISOLATE *STREPTOMYCES* SP. A-4

**Summary.** *Streptomyces* – are bacteria able to synthesize wide variety of different bioactive compounds. Accordingly, they can be rated as a source of new bio-based products for use in a plant-growing. The goal of the research is to study variety and mechanisms of the antagonistic action, phyto regulatory and the colonizing ability of a rhizospheric isolate *Streptomyces* sp. A-4. All studies are carried out in a laboratory setting. The affiliation of a strain with the *Streptomyces* genus (clade *Streptomyces violaceusniger*) is based on the cultural-morphological characteristics and results of the piece of the 16S rRNA gene sequencing. The studied strain inhibited growth (14–50 mm area) of the plant pathogenic fungi *Fusarium* sp., *F. culmorum*, *F. oxysporum*, *F. avenaceum*, *F. sporotrichiella*, *Bipolaris sorokiniana*, *Rhizoctonia solani*, *Alternaria* sp. and bacteria *Streptomyces scabiei*. In addition, it did not inhibit bacteria of *Pseudomonas*, *Azospirillum* and *Rhizobium* genera, that are representatives of normal rhizospheric flora. The suppression of pathogenic fungi by the *Streptomyces* is caused by a combination of fungistatic (an inhibition of micromycetes' conidial germination, a limitation of mycelial growth partly owing to the production of fungal volatile metabolites) and fungicidal (lysis of a floccus) activities. The ability of the studied isolate to synthesize auxins (till 18 mcg/ml) and initiate the growth of plants was established. In particular, the increase in shoot length (38–66 %) and the roots elongation (23–25 %) of germs under the influence of the *Streptomyces* metabolites were

*demonstrated using wheat as an example. In a model experiments the Streptomyces colonized roots of plants. Its population on plant roots in non-sterile soil did not go below the level of 10<sup>5</sup> CFU/g of roots, it indicates quite high competitive properties of the isolate. The combination of reported Streptomyces sp. A-4 characteristics allows us to place it into the plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) group.*

**Keywords:** *streptomyces, antagonism, phytopathogens, biologic drugs, auxins, colonization of plant roots.*

Рябова Ольга Вениаминовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры микробиологии, ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 614990, Россия, г. Пермь, ул. Полевая, 2; e-mail: olga06.03@mail.ru.

Ryabova Olga Veniaminovna, Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Department of microbiology, Perm State Pharmaceutical Academy; 2, Polevaya str., Perm, 614990, Russia; e-mail: olga06.03@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 14.09.2019.*

*Дата принятия к печати – 24.09.2019.*



DOI 10.33952/ 2542-0720-2019-4-20-111-116

УДК 633.11«324»:631.526.32:631.529

Соколенко Н. И., Комаров Н. М.

## АДАПТИВНЫЕ ПРИЗНАКИ СОРТООБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»

**Реферат.** Создание адаптивных сортов пшеницы – сложная селекционная задача, требующая дальнейшего поиска исходного материала среди генетических источников и доноров ценных признаков. Цель исследований – оценка и выявление среди сортообразцов мировой коллекции мягкой озимой пшеницы генотипов с низкой вариабельностью урожайности, высокой гомеостатичностью и экологической пластичностью для дальнейшего включения в селекционный процесс. Работу проводили в ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» в 2014–2018 гг. Материал для исследований – 100 сортообразцов пшеницы. Опыт закладывали по пару в одной повторности с расположением стандарта сорта Айвина через десять номеров, площадь делянки – 1 м<sup>2</sup>. Статистическую обработку данных проводили по Б. А. Доспехову, гомеостатичность (Ном) сортообразцов определяли по В. В. Хангильдину, экологическую пластичность ( $b_i$ ) – по S. A. Eberhart, W. A. Russell в редакции В. З. Пакудина. По результатам пяти лет изучения выделено девять наиболее урожайных сортообразцов, у которых сбор зерна превысил 800 г/м<sup>2</sup>. Средняя урожайность в целом по опыту составила 633,9 г/м<sup>2</sup>, у стандарта Айвина – 721,6 г/м<sup>2</sup>. По сбору зерна достоверно превзошел стандарт сорт Charming из США (971,8 г/м<sup>2</sup>). Высокие величины этого показателя отмечены у сорта Августа (887 г/м<sup>2</sup>), Samanta (873,4 г/м<sup>2</sup>), Myrlena (859,0 г/м<sup>2</sup>), Крыжинка (842,2 г/м<sup>2</sup>). Варьирование урожайности сортов по годам составило 7,67–29,2 %, у стандарта Айвина – 28,5 %. Незначительное варьирование продуктивности отмечено у сортов Августа (7,74 %), Добрина (7,67 %) и Крыжинка (9,18 %), проявивших высокую гомеостатичность по признаку урожайности по годам: 63,0; 66,9 и 48,6. По экологической пластичности выделены четыре группы сортов. Сорта Элегия, Charming, Sara, Myrlena формировали урожайность в полном соответствии с изменениями условий выращивания (коэффициент линейной регрессии  $b_i$  близок к единице). Такие сорта, как Samanta, Sideral и стандарт Айвина хорошо отзывались на улучшение условий ( $b_i > 1$ ), тогда как Августа и Добрина оказались слабо отзывчивыми на улучшение условий ( $b_i < 1$ ), а сорт Крыжинка на них не реагировал ( $b_i = 0$ ).

**Ключевые слова:** озимая пшеница (*Triticum L.*), сорт, урожайность, адаптация, вариабельность, гомеостатичность, экологическая пластичность.

### Введение

Агроклиматические условия Ставропольского края позволяют возделывать мягкую озимую пшеницу на площади, составляющей около 1800 тыс. га или 80 % в общекраевой структуре зерновых посевов. По данным Госсортсети края в 2018 г. 68,3 % площадей было занято сортами краснодарской селекции, 8,1 % – ростовской селекции и 17,2 % – ставропольской селекции [1]. Современные сорта, возделываемые в крае, отличаются высоким потенциалом урожайности. Однако значительное варьирование этого признака по годам приводит к недобору зерна. Решение этой проблемы возможно благодаря внедрению в производство более адаптивных сортов, способных обеспечивать высокую и устойчивую продуктивность в различных условиях среды [2]. Стабильность урожая является результатом проявления сортовой гомеостатичности, то есть способности генетических механизмов сводить к минимуму последствия неблагоприятных внешних условий [3]. Адаптивность сорта можно рассматривать и с позиции



экологической пластичности [4]. Создание адаптивных сортов – сложная селекционная задача, которая требует дальнейшего поиска исходного материала для селекции [5].

**Цель исследований** – оценка и выявление среди сортообразцов мировой коллекции пшеницы генотипов с низкой вариабельностью урожайности, высокой гомеостатичностью и экологической пластичностью для дальнейшего включения в селекционную работу.

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

Работу выполняли в ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» в 2014–2018 гг. на опытном поле лаборатории отдаленной гибридизации по чистому пару. Почва опытного участка – чернозём обыкновенный среднесуглинистый слабогумусированный среднесуглинистый со следующими агрохимическими показателями: гумуса в пахотном слое (ГОСТ 26213-91 [6]) – 4,3–4,5 %, общего азота – 0,22 % (ГОСТ 26107-84 [7]), подвижного фосфора и калия (ГОСТ 26205-91 [8]) – 19–22 и 200–220 мг/кг соответственно; реакция среды (ГОСТ 27753-88 [9]) – слабощелочная (рН = 7,2–7,3); сумма обменных оснований (ГОСТ 27821-88 [10]) – 35,2 мг-экв./100 г почвы.

В качестве материала для исследований использовали 100 сортообразцов мягкой озимой пшеницы мировой коллекции различного эколого-географического происхождения. Стандарт – сорт мягкой озимой пшеницы Айвина.

Погодные условия в годы проведения исследований были различными и в основном типичными для зоны. По многолетним данным среднегодовая температура воздуха составила 9,23 °С. В годы исследований (2014–2018 гг.) она была выше среднемноголетней и составила: 9,62; 10,64; 10,11; 10,46 и 10,84 °С соответственно. Количество осадков превышало среднемноголетнее количество (559,6 мм) в 2014 г. (572,0 мм), 2016 г. (649,0 мм) и 2017 г. (631 мм), меньше их было в 2015 г. (528,0 мм) и 2018 г. (544,6 мм). Величины ГТК в 2014 г. (1,14), 2016 г. (1,20) и 2017 г. (1,08) оказались близкими к среднемноголетнему значению – 1,06, что характеризует годы как умеренно-влажные. В 2015 и 2018 гг. ГТК был ниже климатической нормы – 0,64 и 0,68 соответственно, что свидетельствует о засушливых условиях в эти годы.

Изучение урожайности сортообразцов проводили на делянках площадью 1 м<sup>2</sup> по методике, разработанной в Ставропольском научно-исследовательском институте сельского хозяйства [11]. Стандарт располагали через десять сортообразцов. Опыт закладывали в оптимальные для культуры сроки в одной повторности ручной сеялкой РС-1 с использованием диска «сплошной посев». Статистическую обработку данных проводили по Б. А. Доспехову [12], используя критерии оценки бесповторных номеров в бесповторных посевах [13]. Гомеостатичность (Ном) определяли по В. В. Хангильдину [3], экологическую пластичность (b<sub>i</sub>) – по S. A. Eberhart, W. A. Russell [14] в редакции В. З. Пакудина [4].

#### **Результаты и их обсуждение**

Пятилетняя оценка урожайности 100 сортообразцов мягкой озимой пшеницы мировой коллекции позволила выделить девять наиболее урожайных, у которых сбор зерна превысил 800 г/м<sup>2</sup> (таблица 1).

Средняя урожайность в целом по опыту составила 633,9 г/м<sup>2</sup>, у стандарта Айвина – 721,6 г/м<sup>2</sup>. Сорт Charmany из США достоверно превзошел по продуктивности сорт Айвина (971,8 г/м<sup>2</sup>). Высокие величины этого показателя отмечены у сортов: Августа (887 г/м<sup>2</sup>), Samanta (873,4 г/м<sup>2</sup>), Myrlena (859,0 г/м<sup>2</sup>), Крыжинка (842,2 г/м<sup>2</sup>).

Анализ средней по годам продуктивности показал, что более благоприятными для формирования урожая зерна были погодные условия,

сложившиеся в 2015 и 2018 гг. Сбор зерна в эти годы составлял 960,0 и 980,1 г/м<sup>2</sup>, тогда как в неблагоприятные годы (2014, 2016 и 2017 гг.) – 782,7; 810,6; 762,4 г/м<sup>2</sup> соответственно. В эти годы отмечены отрицательные значения индексов среды (–98,0; –43,0 и –72,5). На урожае 2014 г. негативно сказались наряду с другими факторами поздневесенние заморозки, а на урожае 2017 г. – раннее наступление низких отрицательных температур осенью 2016 г., когда растения были в фазе двух-трех листьев.

**Таблица 1 – Урожайность озимой пшеницы и индекс условий среды, г/м<sup>2</sup>**

Сорт	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	$\bar{X}_i^{***}$
Айвина (St.)	636	1011	611	500	850	721,6
Августа (Россия)	812	850	875	903	994	887,0
Добринка (Украина)	764	794	792	750	906	801,2
Крыжинка (Украина)	800	939	819	903	750	842,2
Myrlena (Украина)	848	961	806	597	1083	859,0
Элегия (Украина)	784	1050	736	750	833	830,6
Charmany (США)	1180	1056	600	806	1217	971,8
Samanta (Чехия)	472	1067	1042	764	1022	873,4
Sara (Сербия)	776	956	806	653	994	837,0
Sideral (Франция)	608	967	819	736	1022	830,4
$\bar{X}_j^*$	782,7	960,0	810,6	762,4	980,1	859,2
$I_j^{**}$	–98,0	95,6	–43,0	–72,5	117,7	–
S	47,4	50,5	45,9	36,5	24,7	–
НСР <sub>05</sub>	–	–	–	–	–	190,4

*Примечание.* \* – средняя урожайность за год; \*\* – индекс условий среды; \*\*\* – средняя урожайность *i*-го сорта за годы изучения.

Выделенные сорта по-разному реагировали на условия выращивания. Варьирование урожайности сортов по годам составило 7,67–29,2 %, у стандарта Айвина – 28,5 % (таблица 2).

**Таблица 2 – Изменчивость урожайности озимой пшеницы, параметры адаптивности (среднее за 2014–2018 гг.)**

Сорт	Урожайность, г/м <sup>2</sup>		Коэффициент вариации (Cv), %	Гомеостатичность, (Ном)	Экологическая пластичность (b)
	max.	min.			
Айвина (St.)	1011	500	28,5	5,07	1,81
Августа (Россия)	994	812	7,74	63,0	0,40
Добринка (Украина)	906	750	7,67	66,9	0,49
Крыжинка (Украина)	939	750	9,18	48,6	-0,02
Myrlena (Украина)	1083	597	21,2	8,35	1,47
Элегия (Украина)	1050	736	15,4	17,1	0,90
Charmany (США)	1217	600	27,0	5,82	1,12
Samanta (Чехия)	1067	472	29,2	5,02	1,91
Sara (Сербия)	994	653	16,6	14,8	1,27
Sideral (Франция)	1022	608	20,3	9,87	1,63

Слабое варьирование изучаемого признака отмечено у сортов Августа (7,74 %), Добринка (7,67 %) и Крыжинка (9,18 %); варьирование средней степени – у сортов Элегия (15,4 %) и Sara (16,6 %). Остальные сорта отличались сильной изменчивостью урожайности по годам (Cv = 20,3–29,2 %).

В процессе изучения изменчивости урожайности сортов установлена тесная отрицательная связь между коэффициентом вариации (Cv) и гомеостатичностью

( $r = -0,90$ ) и гомеостатичностью и экологической пластичностью ( $r = -0,85$ ). Обратно пропорциональная связь между признаками установлена нами в предыдущих исследованиях по тритикале и ячменю [15, 16].

Высокой гомеостатичностью (Ном) отличались пшеницы Августа (63,0), Добрина (66,9) и Крыжинка (48,6), средней – Элегия (17,1) и Sara (14,8). Низкая гомеостатичность отмечена у сортов Samanta (5,02), Charmany (5,82) и у стандарта Айвина (5,07). Таким образом, источниками гомеостатичности в селекции на урожайность озимой пшеницы могут быть в первую очередь такие сорта, как Августа, Добрина и Крыжинка.

Оценка сортов пшеницы на экологическую пластичность по коэффициенту регрессии ( $b_i$ ) позволила выделить четыре группы сортов. У первой группы –  $b_i$  был близок к единице, у второй –  $b_i$  больше единицы, у третьей –  $b_i$  меньше единицы и четвертой группы –  $b_i$  равным нулю. У стандарта Айвина коэффициент регрессии составил 1,81.

К первой группе мы отнесли сорта Элегия (0,90), Charmany (1,12), Sara (1,27), Myrlena (1,47), ко второй – Sideral (1,63), Samanta (1,91) и стандарт Айвина (1,81), к третьей – Августа (0,40) и Добрина (0,49) и к четвертой – сорт Крыжинка (-0,02).

По представлениям В. З. Пакудина [4], сорта Элегия, Charmany, Sara, Myrlena формируют урожайность в полном соответствии с изменениями условий выращивания. Такие сорта пшеницы, как Samanta, Sideral и стандарт Айвина хорошо отзывчивы на улучшение условий; сорта Августа и Добрина слабо отзывчивы на улучшение условий, а сорт Крыжинка не реагировал на условия выращивания.

Таким образом, сорта Элегия, Charmany, Sara, Myrlena можно отнести к сортам экологически пластичным, сорта Samanta, Sideral и Айвина – к интенсивным, сорта Августа и Добрина – к экстенсивным, а сорт Крыжинка – к универсальным.

#### Выводы

В результате пятилетних исследований выделено девять сортов мягкой озимой пшеницы мировой коллекции с урожайностью более 800 г/м<sup>2</sup>. Достоверно превысил стандарт по величине этого показателя сорт Charmany (971,8 г/м<sup>2</sup>) из США. Вариабельность урожайности по годам у сортов была разной и составила 7,67–29,2 %. Наибольшей гомеостатичностью (Ном) отличались сорта Августа (63,0), Добрина (66,9) и Крыжинка (48,6), экологической пластичностью – сорта Элегия, Charmany, Sara, и Myrlena, у которых коэффициент регрессии ( $b_i$ ) был близок к единице.

В селекции на адаптивность в условиях юга России в качестве исходного материала могут быть использованы высоко гомеостатичные пшеницы Августа, Добрина, Крыжинка и сорта, сочетающие гомеостатичность и экологическую пластичность, – Элегия (Ном = 17,1;  $b_i = 0,90$ ) и Sara (Ном = 14,8;  $b_i = 1,27$ ).

#### Литература

1. Дубина В. В., Батагова Е. А., Мазнищина О. Г., Фадеева О. Б., Немашкалова Е. С. Результаты работы Госсортсети Ставропольского края за 2018 год. Рекомендации производству. Ставрополь: Бюро новостей, 2018. 72 с.
2. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). Т. 1. М.: РУДН, 2001. 780 с.
3. Хангильдин В. В. Параметры оценки гомеостатичности сортов и селекционных линий в испытаниях колосовых культур // Научно-технический бюллетень ВСГИ. 1986. № 2 (60). С. 36–41.
4. Пакудин В. З. Параметры оценки экологической пластичности сортов и гибридов // В кн. Теория отбора в популяциях растений. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1976. С. 178–189.
5. Неттевич Э. Д. Избранные труды. Селекция и семеноводство яровых зерновых культур. Немчиновка: НИИСХ ЦРНЗ, 2008. 348 с.
6. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1993. 8 с.

7. ГОСТ 26107-84. Почвы. Методы определения общего азота. М.: Издательство стандартов, 1984. 11 с.
8. ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1993. 10 с.
9. ГОСТ 27753-88. Грунты тепличные. Метод определения органического вещества. М.: Издательство стандартов, 1988. 11 с.
10. ГОСТ 27821-88. Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. М.: Издательство стандартов, 1988. 10 с.
11. Программа и методика селекции озимой мягкой пшеницы и тритикале // сост. Н. М. Комаров, Н. И. Соколенко. Михайловск: СНИИСХ, 2001. 102 с.
12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Пятое издание, переработанное и дополненное. М.: Альянс, 2014. 351 с.
13. Комаров Н. М. Критерии оценки бесповторных номеров в бесповторных посевах // Зерновое хозяйство. 2005. № 8. С. 28–30.
14. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. 1966. Vol. 6. No. 1. P. 36–40.
15. Соколенко Н. И., Комаров Н. М., Годин Е. А., Дубина В. В., Худикова А. С. Селекционно-ориентированное изучение тритикале в условиях Северо-Кавказского региона // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 6. С. 42–45.
16. Соколенко Н. И., Комаров Н. М. Оценка гомеостатичности и экологической пластичности сортов озимого ячменя, возделываемых на Ставрополье // Известия Оренбургского ГАУ. 2019. № 3 (77). С. 76–79.

### References

1. Dubina V. V., Batagova E. A., Maznitsina O. G., Fadeeva O. B., Nemashkalova E. S. The results of the State Commission on variety testing of the Stavropol territory for 2018. Recommendation production. Stavropol: News Bureau, 2018. 72 p.
2. Zhuchenko A. A. Adaptive system of plant breeding (ecological and genetic basis). Vol. 1. Moscow: RUDN, 2001a. 780 p.
3. Khangildin V. V. Evaluation parameters of homeostasis of varieties and breeding lines in the cereal crops trials // Scientific and technical bulletin of WSGI. 1986. No. 2 (60). P. 36–41.
4. Pakudin V. Z. Evaluation parameters of ecological plasticity of varieties and hybrids // In book "The theory of selection in plant populations". Novosibirsk: Nauka. Siberian branch, 1976. P. 178–189.
5. Nettevich E. D. Selected works. Selection and seed production of spring crops. Nemchinovka. Research Institute CRNS, 2008. 348 p.
6. GOST 26213-91. Soils. Methods for determination of organic matter. Moscow: USSR Standardization and Metrology Committee, 1993. 8 p.
7. GOST 26107-84. Soils. Methods for determination of total nitrogen. Moscow: Standards publishing, 1984. 11 p.
8. GOST 26205-91. Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Machigin method modified by CINAО. Moscow: USSR Standardization and Metrology Committee, 1993. 10 p.
9. GOST 27753-88. Greenhouse grounds. Method for determination of organic matter. Moscow: Standards publishing, 1988. 11 p.
10. GOST 27821-88. Soils. Determination of base absorption sum by Kappen method. Moscow: Standards publishing, 1988. 10 p.
11. Program and methods of breeding of winter common wheat and triticale // comp. N. M. Komarov, N. I. Sokolenko. Михайловск: СНИИСХ, 2001. 102 p.
12. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). 5<sup>th</sup> edition, revised and add. Moscow: Alliance, 2014. 351 p.
13. Komarov N. M. Evaluation criteria of non-repeating numbers in crops // Grain farming. 2005. No. 8. P. 28–30.
14. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. 1966. Vol. 6. No. 1. P. 36–40.
15. Sokolenko N. I., Komarov N. M., Godin E. A., Dubina V. V., Khudikova A. S. Breeding-oriented study of triticale under the conditions of the North-Caucasus region // Dostizheniya nauki i tekhniki APK (Achievements of Science and Technology of AIC). 2018. Vol. 32. No. 6. P. 42–45.
16. Sokolenko N. I., Komarov N. M. Evaluation of homeostatic and ecological plasticity of winter barley varieties cultivated in the Stavropol Region // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2019. No. 3 (77). P. 76–79.

UDC 633.11«324»:631.526.32:631.529

Sokolenko N. I., Komarov N. M.

## ADAPTIVE FEATURES OF WINTER WHEAT VARIETIES OF THE WORLD COLLECTION

**Summary.** *The creation of adaptive varieties of wheat is a difficult breeding task. It needs a further search for the source material among the genetic sources and donors of valuable traits. The aim of the research is to evaluate and identify genotypes with low yield variability, high homeostasis, and ecological plasticity among the varieties of the world collection of common winter wheat for further inclusion in the selection process. The studies were conducted in FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre” in 2014–2018. 100 wheat varieties served as research material. The preceding crop in the experiment was black fallow. The square of fields was 1 m<sup>2</sup>, single replication. Every tenth number in the experiment was the standard variety ‘Aivina’. Statistical processing of data was carried out according to B. A. Dospikhov methodology. Indicators of homeostasis ( $H_m$ ) were calculated by V. V. Khangildin. Ecological plasticity ( $b_i$ ) – by S. A. Eberhart, W. A. Russell in the edition of V. Z. Pakudin. According to the results of a five-year study, 9 most productive varieties were identified, the grain harvest of which exceeded 800 g/m<sup>2</sup>. The average yield in the experiment was 633.9 g/m<sup>2</sup>, the standard ‘Aivina’ – 721.6 g/m<sup>2</sup>. Variety ‘Charmany’ from the United States significantly exceeded the yield of ‘Aivina’ (971.8 g/m<sup>2</sup>). Varieties ‘Avgusta’ (887 g/m<sup>2</sup>), ‘Samanta’ (873.4 g/m<sup>2</sup>), ‘Myrlena’ (859.0 g/m<sup>2</sup>), and ‘Kryzhinka’ (842.2 g/m<sup>2</sup>) were the most highly-productive. Variation in yield indicators by years was 7.67–29.2 %, for the standard variety ‘Aivina’ - 28.5%. A slight variation was observed for varieties ‘Avgusta’ (7.74 %), ‘Dobrina’ (7.67 %) and ‘Kryzhinka’ (9.18 %) that showed high homeostasis, respectively, 63.0; 48.6 and 66.9. Four groups of varieties were identified according to ecological plasticity. Varieties ‘Elegy’, ‘Charmany’, ‘Sara’, ‘Myrlena’ formed yield in full compliance with the changes of growing conditions (coefficient of the linear regression of  $b_i$  close to one). Varieties ‘Samanta’, ‘Sideral’ and standard ‘Aivina’ were well-responsive to improved conditions ( $b_i > 1$ ), while ‘Avgusta’ and ‘Dobrina’ responded poorly to improved conditions ( $b_i < 1$ ). Variety ‘Kryzhinka’ did not show any reaction to growing conditions ( $b_i=0$ ).*

**Keywords:** *winter wheat (Triticum L.), variety, yield, adaptation, variability, homeostatic, ecological plasticity.*

Соколенко Нина Ивановна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории отдаленной гибридизации ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; 356241, Ставропольский край, Шпаковский район, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; e-mail: sokolenko-sniish@mail.ru.

Комаров Николай Михайлович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории отдаленной гибридизации ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; 356241, Ставропольский край, Шпаковский район, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; e-mail: nickkomaroff@mail.ru.

Sokolenko Nina Ivanovna, Cand. Sc. (Biol.), leading researcher of the Laboratory of distant hybridization, FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre”; 49, Nikonova str., Mikhaylovsk, Shpakovskiy district, Stavropol Territory, 356241, Russia; e-mail: sokolenko-sniish@mail.ru.

Komarov Nikolay Mikhailovich, Cand. Sc. (Biol.), leading researcher of the Laboratory of distant hybridization, FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre”; 49, Nikonova str., Mikhaylovsk, Shpakovskiy district, Stavropol Territory, 356241, Russia; e-mail: nickkomaroff@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 17.09.2019.

Дата принятия к печати – 01.10.2019.



DOI 10.33952/ 2542-0720-2019-4-20-117-122

УДК 579.64; 579.222.3;636.034

Фокина Н. А., Урядова Г. Т., Карпунина Л. В.

**ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОГО ЭКЗОПОЛИСАХАРИДА НА  
МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У  
ПТИЦЫ**

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова»

**Реферат.** Цель исследований – изучение влияния бактериального экзополисахариды (ЭПС) *Streptococcus thermophilus* на массу тела, общее микробное число (ОМЧ) и количество молочнокислых бактерий у птицы (цыплят-бройлеров кросса Хаббард ИЗА Ф-15 яичной продуктивности – родительского стада). Эксперимент проводили в период с июля 2014 г. по июнь 2015 г. на базе ООО «Возрождение – 1» (с. Идолга, Татищевский район, Саратовская область). Для этого исследуемые цыплята-бройлеры распределены на контрольную и опытную группы по десять голов в каждой. В контроле цыплята получали основной рацион кормления. В опытной же группе, помимо основного рациона, цыплята получали перорально по 10 мл раствора ЭПС *S. thermophilus* (0,06 г/кг массы птицы) два раза в неделю в течение первого месяца жизни. В работе использовали экзополисахарид культуры *Streptococcus thermophilus*, предоставленной ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности» (г. Москва). Определение массы тела цыплят проводили путем их взвешивания в течение десяти месяцев. Показатели ОМЧ и молочнокислых бактерий определяли в экскрементах птицы в течение четырех месяцев. Установлено, что введение в корм цыплят кросса Хаббард ИЗА Ф-15 бактериального ЭПС к двум месяцам их жизнедеятельности способствует увеличению их массы тела. Увеличение молочнокислых бактерий происходило на протяжении всего периода определения бактерий и превышало контрольные значения, начиная с первого месяца, в 1,4 раза, а через четыре месяца – в 4,2 раза на фоне уменьшения общего микробного числа. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования данного ЭПС в качестве пребиотика при выращивании птицы.

**Ключевые слова:** птица, цыплята-бройлеры, масса тела, микрофлора, бактерии, молочнокислые бактерии, экзополисахариды, *Streptococcus thermophilus*.

**Введение**

Микробные экзополисахариды (ЭПС) находят широкое применение в ветеринарии и медицине, пищевой, косметической промышленности и др. [1–3]. Экзополисахариды, полученные из микроорганизмов, обладают рядом преимуществ по сравнению с полисахаридами растительного и животного происхождения. Это связано с разнообразием продуцентов среди родов и видов, доступностью их получения вне зависимости от климатических условий, с варьированием заданных свойств, хорошей растворимостью в воде, экологическим аспектом. Среди микроорганизмов большой интерес представляют ЭПС бактерий, а среди них – ЭПС молочнокислых бактерий. Значительное внимание в последние годы уделяют изучению влияния ЭПС молочнокислых бактерий на физиологические реакции в организме животных. Есть сведения о том, что ЭПС молочнокислых бактерий обладают иммуномодулирующими свойствами, противораковой и антиоксидантной активностью [4–10]. Однако, несмотря на имеющиеся публикации, функции этих биополимеров до конца не изучены. В связи с этим исследование роли ЭПС в организме птицы является актуальным.

**Цель исследований** – изучение влияния бактериального экзополисахарида (ЭПС) *Streptococcus thermophilus* на массу тела, общее микробное число (ОМЧ) и количество молочнокислых бактерий у птицы (цыплят-бройлеров кросса Хаббард ИЗА Ф-15 яичной продуктивности – родительского стада).

**Материалы и методы исследований**

Исследования проводили в период с июля 2014 г. по июнь 2015 г. В работе использовали экзополисахарид (ЭПС), выделенный ранее [11] из культуры *Streptococcus thermophilus*, предоставленной ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности» (г. Москва). Объект исследования – цыплята-бройлеры кросса Хаббард ИЗА Ф-15 яичного направления продуктивности (родительское стадо, ООО «Возрождение – 1», с. Идолга, Татищевский район, Саратовская область). Цыплята-бройлеры распределены на две группы по десять особей в каждой. Способ содержания цыплят – напольный. В контрольной группе кормление цыплят осуществляли по основному рациону, принятому в ООО «Возрождение – 1» (таблица 1), а в опытной группе в основной рацион дополнительно был включен ЭПС *S. thermophilus*, который вводили в виде раствора перорально по 10 мл из расчета 0,06 г/кг массы птицы два раза в неделю в течение одного месяца с последующей коррекцией дозировки ЭПС с учетом привеса. Взвешивание цыплят проводили в течение десяти месяцев, начиная с 22-х суток, когда происходило явное изменение массы относительно контроля, а также на 25; 28; 31; 60; 90; 120 сутки и в возрасте десяти месяцев. В экскрементах птицы на протяжении четырех месяцев один раз в месяц определяли общее микробное число (ОМЧ), используя для этого мясопептонный агар (МПА), и количество молочнокислых бактерий, используя для этого лактобакагар и MRS-агар [12].

**Таблица 1– Рецептúra полнорационного комбикорма № ПК-ИЗА-15-8 для цыплят кросса Хаббард ИЗА Ф-15**

Компонент	Расход по норме, %	Количество, кг	Количество с потерями, кг
Пшеница	61,664	616,640	622,806
Отруби пшеничные	13,000	130,000	131,300
Шрот подсолнечный СП (35 %), СК (17 %)	9,724	97,240	98,212
Овес	8,000	80,000	80,800
Соя полножирная экструдированная СП	2,000	20,000	20,200
Премикс для молодого поголовья ДСМ	1,100	11,000	11,110
Мел кормовой	1,000	10,000	10,100
Монокальций фосфат	0,844	8,440	8,524
Масло подсолнечное	0,700	7,000	7,070
Известняк	0,700	7,000	7,070
Монохлоридрат лизина (98 %)	0,300	3,000	3,030
Сульфат натрия	0,269	2,690	2,717
Элитокс	0,150	1,500	1,515
Соль поваренная	0,140	1,400	1,414
DL- метионин (98,5 %)	0,140	1,400	1,400
Асид лак	0,100	1,000	1,010
L- треонин (98 %)	0,069	0,690	0,697
Овокрак	0,050	0,500	0,505
Альбак	0,030	0,300	0,303
Калий углекислый безводный	0,020	0,200	0,202

**Результаты и их обсуждение**

В процессе исследований показано, что первоначально у новорожденных цыплят-бройлеров кросса Хаббард ИЗА Ф-15 масса тела была в пределах 40 г.

Дальнейший прирост в обеих группах (контрольной и опытной) проходил практически равномерно и составлял через одни сутки – 55–56 г, через 21 сутки – 539–545 г. Разница в массе птицы контрольных и опытных групп начинала проявляться через 22 суток. В опытной группе цыплят, где в корм был добавлен ЭПС *S. thermophilus*, масса тела птицы составила 625,2 г, что на 10,9 % превосходило массу тела цыплят в контрольной группе. Разницу в массе птицы опытной и контрольной групп отмечали на протяжении двух месяцев. К концу второго месяца (60 дней) в опытной группе цыплят масса тела была равна 1041 г, что было выше контроля на 8,2 % (таблица 2). В процессе дальнейшего развития цыплят происходило увеличение их массы тела, но достоверной разницы между опытной и контрольной группами цыплят не обнаружено.

**Таблица 2 – Влияние ЭПС *S. thermophilus* на привес цыплят-бройлеров кросса Хаббард ИЗА Ф-15 (М ± m), г (2014–2015 гг.)**

Группа	Сутки				Месяц			
	22	25	28	31	2	3	4	10
Опытная	625,2 ± 11,17*	706,0 ± 11,47*	689,0 ± 10,80*	700,0 ± 6,8*	1041,0 ± 30,12*	1508,0 ± 28,8	1735,0 ± 50,12	3442,0 ± 50,0
Контрольная	564,0 ± 18,04	649,0 ± 15,2	636,0 ± 14,19	645,0 ± 9,08	962,0 ± 21,07	1462,0 ± 36,0	1664,0 ± 44,0	3328,0 ± 100,3

*Примечание.* \* – различия достоверны ( $p \leq 0,05$ ) относительно контроля.

При определении микробиологических показателей показано (таблица 3), что на второй месяц жизнедеятельности у цыплят опытной группы снизилось ОМЧ на 50 % ( $p \leq 0,05$ ) по сравнению с контролем, а количество молочнокислых бактерий увеличилось на 33,3 % ( $p \leq 0,05$ ). На третий месяц опыта отмечено аналогичное снижение ОМЧ, а количество молочнокислых бактерий стало больше на 75,0 % ( $p \leq 0,05$ ). На четвертый месяц опыта по показателю ОМЧ разницы не наблюдали.

**Таблица 3 – Влияние ЭПС *S. thermophilus* на микрофлору цыплят-бройлеров, КОЕ/г (2018–2019 гг.)**

Группа	Месяц опыта							
	1		2		3		4	
	ОМЧ	Количество молочнокислых бактерий	ОМЧ	Количество молочнокислых бактерий	ОМЧ	Количество молочнокислых бактерий	ОМЧ	Количество молочнокислых бактерий
Опытная	$1,0 \times 10^{10}$ ± 0,9*	$7,0 \times 10^8$ ± 0,4*	$1,0 \times 10^9$ ± 0,2*	$4,0 \times 10^9$ ± 0,2*	$1,0 \times 10^{11}$ ± 0,2*	$7,0 \times 10^8$ ± 0,5*	$7,0 \times 10^8$ ± 0,01	$3,0 \times 10^7$ ± 0,4*
Контрольная	$5,0 \times 10^9$ ± 0,9	$5,0 \times 10^8$ ± 0,4	$2,0 \times 10^9$ ± 0,2	$3,0 \times 10^9$ ± 0,2	$2,0 \times 10^{11}$ ± 0,2	$4,0 \times 10^8$ ± 0,5	$7,0 \times 10^8$ ± 0,01	$7,0 \times 10^6$ ± 0,4

Таким образом, в опытной группе цыплят-бройлеров количество молочнокислых бактерий превышало их количество в контрольной группе, начиная с первого месяца в 1,4 раза и оставалось выше на протяжении всего эксперимента. Через четыре месяца количество молочнокислых бактерий в опытной группе цыплят-бройлеров было выше в 4,2 раза, чем в контрольной группе цыплят.

Анализируя полученные данные, можно говорить о том, что введение в корм цыплятам-бройлерам кросса Хаббард ИЗА Ф-15 ЭПС *S. thermophilus* способствует достоверному увеличению их массы тела на первых этапах жизнедеятельности на протяжении двух месяцев, по сравнению с контролем, на общем фоне увеличения количества молочнокислых бактерий и снижения ОМЧ.

#### Выводы

Таким образом установлено, что введение в корм цыплятам-бройлерам кросса Хаббард ИЗА Ф-15 ЭПС *S. thermophilus* способствует достоверному увеличению их массы тела на первых этапах их жизнедеятельности на протяжении двух месяцев. Обнаружено, что введение в корм цыплятам-бройлерам ЭПС *S. thermophilus* повышает количество молочнокислых бактерий в опытной группе через один месяц в 1,4 раза, а через четыре месяца – в 4,2 раза по сравнению с контролем. Эти результаты позволяют говорить о том, что ЭПС *S. thermophilus* можно использовать в перспективе в птицеводстве в качестве пребиотической добавки к основному рациону кормления.

#### Литература

1. García-Ochoa F., Santos V. E., Casas J. A., Gómez E. Xanthan gum: production, recovery, and properties // *Biotechnology Advances*. 2000. Vol. 18. P. 549–579.
2. Cottrell I. W. Industrial potential of fungal and bacterial polysaccharides // *Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev.* 1983. Vol. 28. P. 456–460.
3. Kang K. S., Veeder G. T., Cottrell I. W. Some novel bacterial polysaccharides of recent development // *Progr. Ind. Microbiol.* 1983. No. 18. P. 231–253.
4. Zeidan A. A., Kuzina P. V., Janzen T., Buldo P. D., Patrick M. F., Øregaard G., Rute N. A. Polysaccharide production by lactic acid bacteria: from genes to industrial applications // *FEMS Microbiology Reviews*. 2017. No. 41. P. 168–200.
5. Mazmanian S. K., Kasper D. L. The love-hate relationship between bacterial polysaccharides and the host immune system // *Nat. Rev. Immunol.* 2006. Vol. 6. P. 849–858.
6. Caggianiello G., Kleerebezem M., Spano G. Exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria: from health-promoting benefits to stress tolerance mechanisms // *Appl. Microbiol. Biot.* 2016. No. 100. P. 3877–3886.
7. Полукаров Е. В., Горельникова Е. А., Карпунина Л. В., Тихомирова Е. И. Влияние экзополисахаридов *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus* на цитокиновый статус лабораторных мышей // *Медицинская иммунология*. 2009. № 4-5. С. 309–310.
8. Правдивцева М. И., Карпунина Л. В., Бухарова Е. Н. Влияние лаксаранов на процесс заживления ран у животных // Сборник научных статей VI Всероссийской научно-практической конференции «Аграрная наука в XXI веке; проблемы и перспективы». Саратов: ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2012. С. 82–84.
9. Li W., Ji J., Chen X., Jiang M., Rui X., Dong M. Structural elucidation and antioxidant activities of exopolysaccharides from *Lactobacillus helveticus* MB2-1 // *Carbohydr. Polym.* 2014. Vol. 102. P. 351–359.
10. Li W., Tang W., Ji J., Xia X., Rui X., Chen X., Jiang M. Characterization of a novel polysaccharide with anti-colon cancer activity from *Lactobacillus helveticus* MB2-1 // *Carbohydr. Res.* 2015. Vol. 411. P. 6–4.
11. Фокина Н. А., Урядова Г. Т., Карпунина Л. В. Влияние условий культивирования на продукцию экзополисахарида *Streptococcus thermophilus* // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия «Химия. Биология. Экология»*. 2018. Т. 18. Вып. 2. С. 179–181. DOI: 10.18500/1816-9775-2018-18-2-179-181.
12. Лабинская А. С. Микробиология с техникой микробиологических исследований. М.: Медицина, 1978. 394 с.

#### References

1. García-Ochoa F., Santos V. E., Casas J. A., Gomez E. Xanthan gum: production, recovery, and properties // *Biotechnology Advances*. 2000. Vol. 18. P. 549–579.
2. Cottrell I. W. Industrial potential of fungal and bacterial polysaccharides // *Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev.* 1983. Vol. 28. P. 456–460.

3. Kang K. S., Veeder G.T., Cottrell I.W. Some novel bacterial polysaccharides of recent development // Progr. Ind. Microbiol. 1983. No. 18. P. 231–253.
4. Zeidan A. A., Kuzina P. V., Janzen T., Buldo P. D., Patrick M. F., Øregaard G., Rute N. A. Polysaccharide production by lactic acid bacteria: from genes to industrial applications // FEMS Microbiology Reviews. 2017. No. 41. P. 168–200.
5. Mazmanian S. K., Kasper D. L. The love-hate relationship between bacterial polysaccharides and the host immune system. // Nat. Rev. Immunol. 2006. Vol 6. P. 849–858.
6. Caggianiello G., Kleerebezem M., Spano G. Exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria: from health-promoting benefits to stress tolerance mechanisms // Appl. Microbiol. Biot. 2016. No. 100. P. 3877–3886.
7. Polukarov E. V., Gorelnikova E. A., Karpunina L. V., Tikhomirov E. I. Effect of exopolysaccharides *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus* on the cytokine status of laboratory mice // Medical immunology (Russia). 2009. No 4–5. P. 309–310.
8. Pravdivtseva M. I., Karpunina L. V., Bukharova E. N. Influence of lacerans on the healing process of wounds in animals // Agronomy in the XXI century; problems and prospects: Collection of scientific articles of the VI All-Russian Scientific and Practical Conference. Saratov: Saratov State Vavilov Agrarian University, 2012. P. 82–84.
9. Li W., Ji J., Chen X., Jiang M., Rui X., Dong M. Structural elucidation and antioxidant activities of exopolysaccharides from *Lactobacillus helveticus* MB2-1 // Carbohydr. Polym. 2014. Vol 102. P. 351–359.
10. Li W., Tang W., Ji J., Xia X., Rui X., Chen X., Jiang M. Characterization of a novel polysaccharide with anti-colon cancer activity from *Lactobacillus helveticus* MB 2-1 // Carbohydr. Res. 2015. Vol. 411. P. 6–14.
11. Fokina N. A., Uryadova G. T., Karpunina L. V. The influence of culture conditions on production of exopolysaccharide of *Streptococcus thermophilus* // Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Chemistry. Biology. Ecology. 2018. Vol. 18. Iss. 2. P. 179–181.
12. Labinskaya A. S. Microbiology with the technique of microbiological research. Moscow: Meditsina, 1978. 394 p.

UDC 579.64; 579.222.3; 636.034

Fokina N. A., Uryadova G. T., Karpunina L. V.

### **EFFECT OF BACTERIAL EXOPOYSACCHARIDE ON MORPHOLOGICAL AND MICROBIOLOGICAL INDICES OF BIRDS**

**Summary.** *The aim of the research was to study the effect of *Streptococcus thermophilus* bacterial exopolysaccharide (EPS) on body weight, total microbial number (TMN) and the number of lactic acid bacteria (LAB) in poultry (Hubbard IZA F-15 broiler chickens with egg productivity – parent flock). The experiment was conducted between July 2014 and June 2015 in Vozrozhdenie-1 LLC. The studied broiler chickens were divided into control and experimental groups of 10 animals each. In the control group, chickens received the main diet. In the experimental group, in addition to the main diet, chickens were orally given 10 ml of *S. thermophilus* EPS solution (0.06 g/1 kg of bird weight) twice a week for the first month of life. We used an exopolysaccharide of *Streptococcus thermophilus* culture obtained from the All-Russian Research Institute of Dairy Industry (Moscow). The chickens' body weight was determined by weighing them for 10 months. Indicators of TMN and LAB were determined in bird excrement during four months. The introduction of bacterial EPS into the food of chickens of the cross Hubbard IZA F-15 for 2 months of their vital activity contributed to an increase in their body weight. The increase in LAB occurred throughout the entire period of bacteria determination and exceeded the control values, starting from the first month by 1.4 times, and after 4<sup>th</sup> months – by 4.2 times on the background of a decrease in the total microbial number. The obtained results indicated the possibility of using this EPS as a prebiotic in poultry rearing.*

**Keywords:** *poultry, broilers, weight gain, microflora, bacteria, lactic acid bacteria, exopolysaccharide (EPS), *Streptococcus thermophilus*.*



Фокина Надежда Александровна, микробиолог испытательного центра ветеринарных препаратов ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова»; 410005, Россия, г. Саратов, ул. Большая Садовая, 220; e-mail: fockina.nadejda@yandex.ru.

Урядова Галина Тимофеевна, микробиолог испытательного центра ветеринарных препаратов ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова»; 410005, Россия, г. Саратов, ул. Большая Садовая, 220; e-mail: eni\_galina@mail.ru.

Карпунина Лидия Владимировна, доктор биологических наук, профессор кафедры микробиологии, биотехнологии и химии ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова»; 410005, Россия, г. Саратов, ул. Большая Садовая, 220; e-mail: karpuninal@mail.ru.

Fokina Nadezhda Aleksandrovna, microbiologist of the Veterinary Testing Center, Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov; 220, Bolshaya Sadovaya str., Saratov, 410005, Russia; e-mail: fockina.nadejda@yandex.ru.

Uryadova Galina Timofeevna, microbiologist of the Veterinary Testing Center, Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov; 220, Bolshaya Sadovaya str., Saratov, 410005, Russia; e-mail: eni\_galina@mail.ru.

Karpunina Lidia Vladimirovna, Dr. Sc. (Biol.), Professor of the Department of microbiology, biotechnology and chemistry, Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov; 220, Bolshaya Sadovaya str., Saratov, 410005, Russia; e-mail: karpuninal@mail.ru.

*Дата поступления в редакцию – 02.07.2019.*

*Дата принятия к печати – 16.11.2019.*

DOI 10.33952/2542-0720-2019-4-20-123-132

УДК 579.2: 581.1: 632.122: 633.11

Чайковская Л. А., Баранская М. И., Овсиенко О. Л., Клименко Н. Н.

**ВЛИЯНИЕ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА АДАПТИВНЫЙ  
ПОТЕНЦИАЛ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ  
МЕТАЛЛОВ**

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

**Реферат.** В статье приведены результаты влияния микробных препаратов на компоненты неферментативной антиоксидантной системы защиты озимой пшеницы *Triticum aestivum* L. при загрязнении почвы тяжелыми металлами (ТМ) (чернозем южный тяжелосуглинистый). Цель исследований – изучение влияния КМП (комплекс микробных препаратов) на формирование адаптивного потенциала (неферментативной антиоксидантной системы защиты) озимой пшеницы при загрязнении почвы ТМ (Pb, Cu, Cr) в условиях модельных микрополевых опытов. Полевые исследования проводили в 2016–2018 гг. в Республике Крым. Для предпосевной инокуляции семян использовали КМП, включающий «Диазофит», препарат на основе *Lelliottia nimipressuralis* ССМ 32-3 и «Биополицид», в соотношении 1:1:1. Определены физиолого-биохимические параметры растений: содержание в листьях фотосинтезирующих пигментов (сумма хлорофиллов a + b) и функционирование антиоксидантных неферментативных систем (аскорбиновая кислота и глутатион) как показателя их адаптивности к ТМ. Установлено, что загрязнение почвы ТМ приводило к увеличению содержания аскорбиновой кислоты и глутатиона в листьях озимой пшеницы и снижению содержания фотосинтетических пигментов. Показано, что бактеризация способствует снижению содержания аскорбиновой кислоты и глутатиона в листьях пшеницы в условиях микрополевых опытов на 8–20 % и 5–25 % против контроля соответственно. Выявлено, что содержание фотосинтезирующих пигментов в листьях бактеризованных растений повышается как в вариантах фона (без внесения ТМ), так и при загрязнении почвы ТМ, сумма хлорофиллов (a + b) в листьях в фазе весеннего кущения пшеницы возрастала на 8–15 % против контроля. Установлено положительное влияние бактеризации на зерновую продуктивность озимой пшеницы: она возрастала на 40–56 % (0,08–0,09 кг/м<sup>2</sup>) против контроля.

**Ключевые слова:** микробные препараты, озимая пшеница, тяжелые металлы, аскорбиновая кислота, глутатион, зерновая продуктивность.

**Введение**

В природных условиях растения подвергаются воздействию различных неблагоприятных факторов. Формирование защитных эффектов адаптации обеспечивается не только активацией генетического аппарата, но также изменением метаболизма клеток и функционирования основных систем организма. Одним из универсальных звеньев стрессового ответа растений является окислительный стресс. При этом в клетках увеличивается образование активных форм кислорода, что может привести к гибели организма. Развитие окислительного стресса отмечено при воздействии на растения вирусной и бактериальной инфекции, засухи, засоления, тяжелых металлов (ТМ) и др. Растения обладают различными эффективными системами защиты от окислительного стресса: синтезируют ферменты и антиоксиданты неферментативной природы (аскорбиновая кислота, глутатион и др.), устраняющие токсичные кислородные радикалы. В литературных

источниках отмечено повышение содержания в растениях окислительных ферментов [1], а также глутатиона и аскорбиновой кислоты [2–5] при воздействии ТМ.

Известно, что ТМ – одни из наиболее распространенных загрязнителей окружающей среды. Включаясь в трофические цепи, они изменяют интенсивность метаболических процессов растений, что снижает их продуктивность и качество урожая. Так, выявлена позитивная корреляция между интенсивностью фотосинтеза и зерновой продуктивностью сельскохозяйственных растений [6, 7]. В загрязненных ТМ почвах нарушается интенсивность микробиологических процессов, снижается количество полезных микроорганизмов, что также негативно влияет на культурные растения [8, 9]. В экспериментальных исследованиях доказано, что микроорганизмы являются посредниками между почвенными условиями и растениями и могут значительно повысить устойчивость макросимбионта к стрессу [10]. За последние годы созданы эффективные микробные препараты, которые успешно применяют в технологиях выращивания культурных растений [11–13]. Использование препаратов на основе полезных штаммов микроорганизмов – это важный аспект биологизации современного земледелия [14–16], способствующий улучшению качества растительной продукции, снижению пестицидной нагрузки и стабилизирующий функционирование агроэкосистем. Именно поэтому поиск приемов, повышающих устойчивость растений к негативному воздействию ТМ, не теряет актуальности. Особое место среди биопрепаратов занимают комплексные полифункциональные микробные препараты, созданные на основе ассоциаций микроорганизмов. В России и Украине разработаны технологические аспекты производства и применения комплексных микробных препаратов (КМП) на основе симбиотических, ассоциативных азотфиксирующих и фосфатмобилизующих бактерий [17, 18]. Применение этих препаратов позволяет эффективно защитить растения от различных стрессов, стимулировать их урожайность и качество продукции, а также сохранить плодородие почвы.

**Цель исследований** – изучение влияния КМП на формирование адаптивного потенциала (неферментативной антиоксидантной системы защиты) озимой пшеницы при загрязнении почвы ТМ (Pb, Cu, Cr) в условиях модельных микрополевых опытов.

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

Полевые исследования проводили на опытном участке отдела сельскохозяйственной микробиологии ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» в 2016–2018 гг. Почва участка – чернозем южный малогумусный карбонатный тяжелосуглинистый. Агрохимическая характеристика почвы: содержание гумуса – 2,5 %; подвижных форм азота и фосфора – 5,3 и 2,6 мг/100 г почвы соответственно; pH водной вытяжки – 7,0–7,2. Общая площадь делянки составляла 5 м<sup>2</sup>, учетной – 2 м<sup>2</sup>, их размещение рендомизированное; повторность опытов – четырехкратная. Ранней весной в почву вносили водные растворы солей ТМ: Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>, CuSO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> в соответствии с различными уровнями ПДК загрязнения: 5; 10 и 20 ПДК. В контрольных вариантах растворы ТМ в почву не вносили. Схема полевых экспериментов: 1 – контроль (без инокуляции), 2 – КМП, 3 – ТМ (5 ПДК), 4 – ТМ (5 ПДК) + КМП, 5 – ТМ (10 ПДК), 6 – ТМ (10 ПДК) + КМП, 7 – ТМ (20 ПДК), 8 – ТМ (20 ПДК) + КМП.

Для предпосевной инокуляции семян озимой пшеницы *Triticum aestivum* L. использовали комплекс микробных препаратов (КМП): «Диазофит» (основа – *Rhizobium radiobacter* 204, обладающий способностью к азотфиксации и продуцирующий ростстимулирующие вещества); препарат на основе *Lelliottia nimipressuralis* ССМ 32-3, обладающий способностью к трансформации

труднорастворимых соединений фосфора, продуцент фитогормонов [19], «Биополицид» (основа – *Raenibacillus polymyxa* П, синтезирует хитиназу и антифунгальные компоненты) в соотношении 1:1:1. В контроле семена увлажняли водой.

Отбор растений для анализов в лабораторных опытах проводили в следующие фазы развития озимой пшеницы: весеннее кущение и выход в трубку. Определяли биохимические параметры растений, отвечающие за функционирование неферментативной антиоксидантной системы защиты (аскорбиновая кислота и глутатион), а также количественное содержание фотосинтезирующих пигментов. Определение массовой доли аскорбиновой кислоты и глутатиона в листьях озимой пшеницы осуществляли по методике Петга в модификации Прокошева [20]. Экстракцию фотосинтезирующих пигментов проводили 96 % этанолом, а их количественное содержание (сумма хлорофиллов *a + b*) определяли колориметрическим методом [21]. Полевые эксперименты, а также статистическую обработку полученных результатов проводили согласно общепринятым методам [22] и с использованием программы Statistica 7.0.

#### Результаты и их обсуждение

Результаты исследований, полученные в условиях микрополевых опытов, показали, что содержание аскорбиновой кислоты в листьях пшеницы бактеризованных и контрольных растений на делянках без внесения ТМ составляло в фазы весеннего кущения и трубкования 0,16 и 0,18 мг/% соответственно (таблица 1). Выявлено, что загрязнение почвы ТМ приводит к возрастанию содержания аскорбиновой кислоты в листьях пшеницы. Так, в фазу весеннего кущения оно варьировало незначительно: в пределах 0,17–0,20 мг/% (контроль – 0,16 мг/%). В фазе трубкования содержание аскорбиновой кислоты в листьях неинокулированных растений озимой пшеницы на загрязненных ТМ делянках составляло 0,19–0,25 мг/% (0,18 мг/% в контроле).

**Таблица 1 – Содержание аскорбиновой кислоты в листьях озимой пшеницы, мг/% (среднее за 2016–2018 гг.)**

Вариант	Фаза развития растений	
	весеннее кущение	выход в трубку
Контроль (без ТМ)		
Без инокуляции	0,16	0,18
КМП	0,16	0,18
НСП <sub>05</sub>	0,03	0,02
ТМ (5 ПДК)		
Без инокуляции	0,17	0,19
КМП	0,16	0,17
НСП <sub>05</sub>	0,02	0,01
ТМ (10 ПДК)		
Без инокуляции	0,17	0,25
КМП	0,16	0,20
НСП <sub>05</sub>	0,01	0,02
ТМ (20 ПДК)		
Без инокуляции	0,20	0,25
КМП	0,16	0,23
НСП <sub>05</sub>	0,02	0,01

Установлено положительное воздействие предпосевной инокуляции семян КМП на содержание аскорбиновой кислоты в листьях бактеризованных растений: оно снижалось на 8–20 % по сравнению с растениями, выращенными из

неинокулированных семян (в зависимости от уровня загрязнения почвы). Так, уже в фазе весеннего кущения выявлена тенденция к снижению количества аскорбиновой кислоты в листьях бактеризованных растений пшеницы при загрязнении почвы на уровне 5 и 10 ПДК ТМ (см. таблицу 1). Достоверное уменьшение содержания аскорбиновой кислоты в листьях бактеризованных растений пшеницы (на 20 %) отмечено только при высоком уровне загрязнения почвы ТМ (20 ПДК). Однако наиболее четкое и достоверное влияние предпосевной инокуляции семян отмечено в фазе выхода в трубку: содержание аскорбиновой кислоты в листьях бактеризованных растений снижалось на 10 % (5 ПДК ТМ), 20 % (10 ПДК ТМ) и 8 % (20 ПДК ТМ) по сравнению с неинокулированными. На наш взгляд, это свидетельствует об уменьшении окислительного стресса, возникающего вследствие загрязнения почвы ТМ.

Известно, что глутатион – активный антиоксидант и один из наиболее четких показателей, характеризующий стрессовое воздействие ТМ на растения. Результаты наших исследований показали, что в фазе весеннего кущения содержание глутатиона в листьях озимой пшеницы в контроле (делянки без внесения ТМ), было практически одинаковым для растений, выращенных из неинокулированных и бактеризованных семян, и составляло 27,7 и 28,9 мг/г соответственно (таблица 2).

**Таблица 2 – Содержание глутатиона в листьях озимой пшеницы, мг/г (среднее за 2016–2018 гг.)**

Вариант	Фаза развития растений	
	весеннее кущение	выход в трубку
Контроль (без ТМ)		
Без инокуляции	27,7	59,8
КМП	28,9	59,4
НСР <sub>05</sub>	2,8	3,0
ТМ (5 ПДК)		
Без инокуляции	32,7	71,1
КМП	32,5	67,9
НСР <sub>05</sub>	1,5	3,0
ТМ (10 ПДК)		
Без инокуляции	43,2	74,9
КМП	31,9	71,0
НСР <sub>05</sub>	2,1	2,3
ТМ (20 ПДК)		
Без инокуляции	64,8	80,4
КМП	54,7	72,1
НСР <sub>05</sub>	3,3	2,4

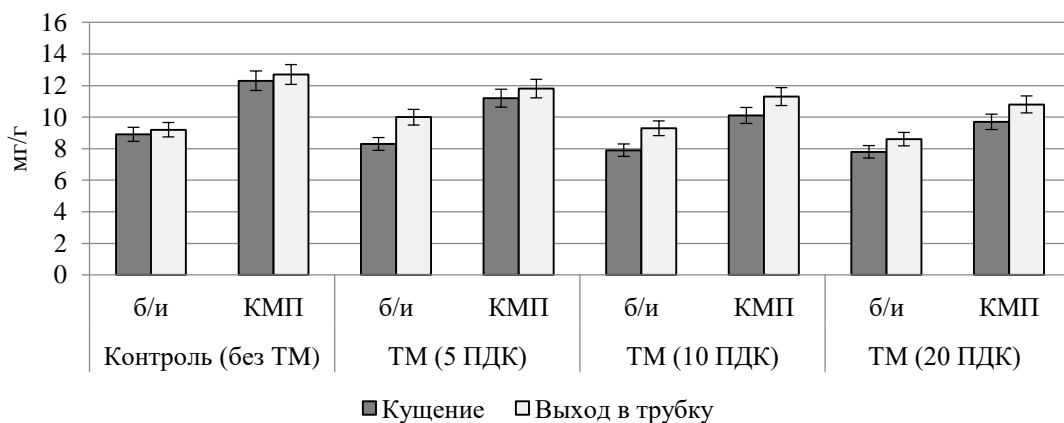
Выявлено, что внесение в почву ТМ приводит к увеличению массовой доли глутатиона в листьях озимой пшеницы во всех изучаемых вариантах загрязнения. Так, загрязнение почвы на уровне 5; 10 и 20 ПДК ТМ привело к возрастанию его количества в листьях пшеницы до 32,7; 43,2 и 64,8 мг/г, что превышало контроль на 14 %, 56 % и в 2,3 раза соответственно. Подобная тенденция отмечена и в фазе выхода в трубку: содержание глутатиона в листьях пшеницы, выращенной на загрязненной почве, превышало контроль на 19–33 % и достигало максимальных значений: 71,1; 74,9; 80,4 мг/г на уровне 5, 10 и 20 ПДК ТМ соответственно против 59,8 мг/г в контроле.

Рассмотрим влияние предпосевной бактеризации на содержание глутатиона в листьях озимой пшеницы, выращенной на делянках, загрязненных ТМ. Установлено, что применение КМП для инокуляции семян способствовало



снижению массовой доли глутатиона в листьях бактеризованных растений по сравнению с неинокулированными на 5–25 %. На наш взгляд, это свидетельствует о повышении адаптивного потенциала бактеризованных растений к негативным воздействиям ТМ и менее интенсивном развитии окислительного стресса. Однако необходимо отметить, что в фазе весеннего кущения не выявлено существенной разницы в содержании глутатиона в листьях бактеризованных растений по сравнению с неинокулированными (32,7 и 32,5 мг/г соответственно) при загрязнении почвы на уровне 5 ПДК ТМ. В то же время отмечено достоверное снижение массовой доли глутатиона в листьях пшеницы, выращенной из бактеризованных семян, по сравнению с неинокулированными, при загрязнении почвы на уровне 10 и 20 ПДК ТМ: на 25 % и 15 % соответственно (таблица 2). Подобные результаты получены и в фазе выхода в трубку: разница в содержании глутатиона в листьях неинокулированных и бактеризованных растений, выращенных при загрязнении почвы на уровне 5 ПДК ТМ, а также в контроле, была незначительной. Так, массовая доля глутатиона в листьях пшеницы, выросшей из неинокулированных и бактеризованных семян на контрольных делянках, достигала 59,8 и 59,4 мг/г, а при загрязнении почвы на уровне 5 ПДК ТМ – 71,1 и 67,9 мг/г соответственно. Следует подчеркнуть, что применение КМП для предпосевной инокуляции семян способствовало достоверному снижению содержания глутатиона в листьях пшеницы в фазе трубкования при загрязнении почвы на уровне 10 и 20 ПДК ТМ: на 5 % и 11 % соответственно. Установленный факт снижения массовой доли антиоксидантов неферментативной природы (аскорбиновой кислоты и глутатиона) в листьях бактеризованных растений озимой пшеницы на наш взгляд свидетельствует о формировании адаптивных реакций к воздействию ТМ.

Анализ результатов, полученных в условиях модельного микрополевого эксперимента, показал, что загрязнение почвы ТМ приводит к снижению содержания фотосинтезирующих пигментов в листьях озимой пшеницы (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Содержание фотосинтезирующих пигментов (сумма хлорофиллов *a* + *b*) в листьях озимой пшеницы, мг/г сырой массы (среднее за 2016–2018 гг.)**

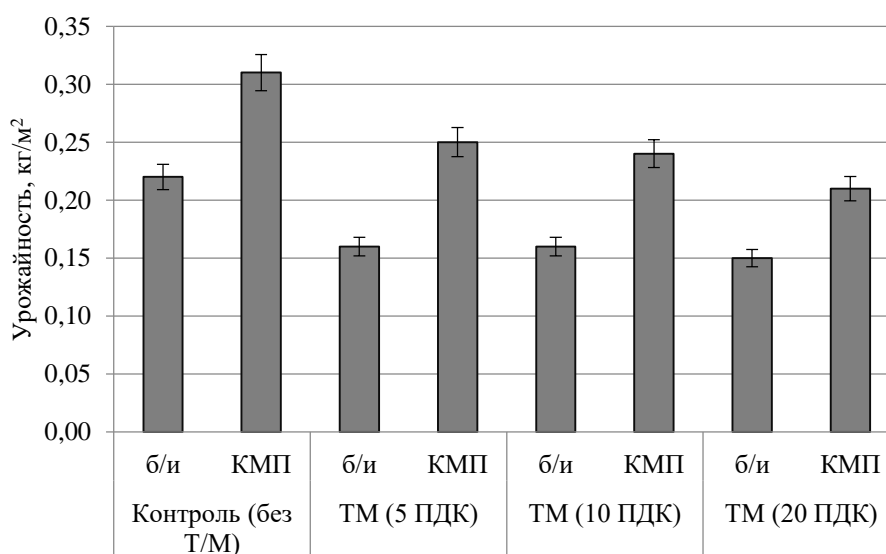
*Примечание.* б/и – без инокуляции.

Так, в фазе весеннего кущения сумма хлорофиллов *a* + *b* в листьях растений контрольного варианта составляла 8,9 мг/г сырой массы, а при загрязнении почвы их содержание снижалось на 7–11 % в зависимости от уровня ПДК ТМ. В фазе выхода в трубку отмечено повышение содержания количества фотосинтезирующих

пигментов в листьях пшеницы всех вариантов на 11–35 % по сравнению с фазой весеннего кущения. Однако, загрязнение почвы ТМ также негативно повлияло на этот показатель: сумма хлорофиллов  $a + b$  в листьях небактеризованных растений снизилась на 9–22 % против контроля.

Применение микробных препаратов для предпосевной инокуляции семян способствовало достоверному возрастанию содержания фотосинтезирующих пигментов в листьях озимой пшеницы в фазе весеннего кущения: как в контроле (фон), так и при загрязнении почвы ТМ – на 3 % и 8–15 % соответственно. Подобная тенденция выявлена и в фазе выхода в трубку озимой пшеницы: содержание суммы хлорофиллов  $a + b$  в листьях бактеризованных растений было выше, чем без инокуляции. Полученные результаты подтверждают наши предыдущие исследования, в которых установлено положительное влияние КМП на содержание фотосинтезирующих пигментов в листьях озимой пшеницы в условиях вегетационных опытов [23].

Рассмотрим воздействие изучаемых микробных препаратов на зерновую продуктивность озимой пшеницы. Анализ результатов, полученных в модельном микрополевым опыте, свидетельствует о том, что предпосевная бактеризация семян способствовала возрастанию урожайности зерна озимой пшеницы как в контрольном варианте, так и при загрязнении почвы ТМ (рисунок 2). Так, применение КМП обеспечило прибавку урожая на 41 % (0,09 кг/м<sup>2</sup> или 0,9 т/га) в контрольном варианте. При загрязнении почвы на уровне 5; 10 и 20 ПДК ТМ зерновая продуктивность пшеницы возрастала на 56; 50 и 40 % соответственно.



**Рисунок 2 – Зерновая продуктивность озимой пшеницы в условиях модельного микрополевого опыта (среднее за 2016–2018 гг.)**

*Примечание.* б/и – без инокуляции.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о положительном влиянии предпосевной инокуляции семян озимой пшеницы КМП на физиолого-биохимические параметры (на примере содержания массовой доли аскорбиновой кислоты и глутатиона как компонентов неферментативной антиоксидантной системы защиты) и фотосинтезирующих пигментов в листьях, что способствует формированию адаптивного потенциала растений к стрессовому воздействию ТМ. Установлено также положительное влияние КМП на зерновую

продуктивность озимой пшеницы: она возростала на 40–56 % в зависимости от варианта опытов по сравнению с вариантом без инокуляции.

### Выводы

Исследовано влияние предпосевной бактеризации комплексом микробных препаратов на физиолого-биохимические показатели растений озимой пшеницы при загрязнении почвы ТМ (Pb, Cu, Cr) в условиях модельных микрополевых опытов (почва чернозем южный тяжелосуглинистый). Определены физиолого-биохимические параметры растений: содержание в листьях фотосинтезирующих пигментов (сумма хлорофиллов  $a + b$ ) и массовая доля компонентов неферментативной антиоксидантной системы (аскорбиновой кислоты и глутатиона) как показателей их адаптивности к ТМ.

Установлено, что загрязнение почвы ТМ приводило к увеличению содержания аскорбиновой кислоты и глутатиона в листьях озимой пшеницы и снижению количества фотосинтетических пигментов. Показано, что бактеризованные растения озимой пшеницы обладают большей устойчивостью к окислительному стрессу благодаря снижению содержания важных компонентов антиоксидантных систем: аскорбиновой кислоты и глутатиона в листьях.

Показано, что бактеризация способствует снижению содержания аскорбиновой кислоты и глутатиона в листьях пшеницы на 8–20 % и 5–25 % против контроля соответственно. Выявлено, что содержание фотосинтезирующих пигментов в листьях бактеризованных растений повышается как в вариантах фона (без внесения ТМ), так и при загрязнении почвы ТМ (сумма хлорофиллов  $a + b$  в листьях в фазе весеннего кущения пшеницы возростала на 8–15 % против контроля). Это обстоятельство может служить объяснением повышения продуктивности растений под воздействием микробных препаратов. Выявлено положительное влияние бактеризации на зерновую продуктивность озимой пшеницы: в условиях модельных микрополевых опытов она возростала на 40–56 % (0,08–0,09 кг/м<sup>2</sup>) против контроля.

### Литература

1. Синютина С. Е., Можаров А. В., Зайченко М. А. Влияние солей свинца и никеля на ферментативную активность ячменя // Вестник Тамбовского государственного университета. 2013. Т. 18. Вып. 1. С. 255–257.
2. Сыщиков Д. В. Состояние антиоксидантной глутатионзависимой системы проростков кукурузы при действии соединений кадмия // Вестник Харьковского аграрного университета. Серия «Биология». 2009. Вып. 1 (16). С. 45–51.
3. Grishko V. N. Functioning of some links of the non-enzymatic antioxidant protection system of plant cell at the fluorine action // Материалы Международной конференции «Современная физиология растений: от молекул до экосистем». Часть 2. Сыктывкар, 2007. С. 101–103.
4. Maier E. A., Matthews R. D., McDowell J. A., Walden R. R., Ahner B. A. Environmental cadmium levels increase phytochelatin and glutathione in lettuce grown in a chelator-buffered nutrient solution // J. Environ. Qual. 2003. Vol. 32. No. 4. P. 1356–1364.
5. Чайковская Л. А., Баранская М. И., Овсиенко О. Л., Клименко Н. Н. Влияние бактеризации на устойчивость пшеницы озимой к воздействию тяжелых металлов // Научные труды SWorld. 2015. Вып. 12. № 3 (40). С. 7–12.
6. Прядкина Г. А., Шадчина Т. М. Связь между показателями мощности развития фотосинтетического аппарата и зерновой продуктивностью озимой пшеницы в разные по погодным условиям годы // Физиология и биохимия культурных растений. 2009. Т. 41. № 1. С. 59–68.
7. Прядкина Г. А., Шадчина Т. М., Стасик О. О., Киризий Д. А. Фотосинтез // Фотосинтез и продуктивность растений. Т. 3. Киев: Логос, 2015. 480 с.
8. Иутинская Г. А. Математическое моделирование в микробиологическом мониторинге почв, загрязненных тяжелыми металлами // Почвоведение. 2005. № 5. С. 594–599.
9. Биорегуляция микробно-растительных систем: Монография // под общ. ред. Иутинской Г. А., Пономаренко С. П. Киев: Ничлава, 2010. 464 с.

10. Белимов А. А., Тихонович И. А. Микробиологические аспекты устойчивости и аккумуляции тяжелых металлов у растений // Сельскохозяйственная микробиология. 2011. № 3. С. 17–22.
11. Чеботарь В. К., Завалин А. А., Кипрушкина Е. Н. Эффективность применения биопрепарата Экстрасол. М.: Издательство ВНИИА, 2007. 216 с.
12. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур // За заг. ред. Волкогона В. В. Київ: Аграрна наука, 2011. 156 с.
13. Біотехнологія ризосфери овочевих рослин: Монографія // за ред. Патики В. П. Вінниця: «ПП«ТД Едельвейс і К», 2015. 266 с.
14. Тихонович И. А., Проворов Н. А. Сельскохозяйственная микробиология как основа экологически устойчивого агропроизводства: фундаментальные и прикладные аспекты // Сельскохозяйственная микробиология. 2011. № 3. С. 3–9.
15. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика // за заг. ред. Волкогона В. В. Київ: Аграрна наука, 2006. 312 с.
16. Завалин А. А., Алметов Н. С. Применение биопрепаратов и биологический азот в земледелии Нечерноземья. М.: Издательство ВНИИА, 2009. 152 с.
17. Новые технологии производства и применения биопрепаратов комплексного действия // под ред. Завалина А. А., Кожемякова А. П. СПб: ХИМИЗДАТ, 2010. 64 с.
18. Iutynska G. O., Biliavska L. O., Tytova L. V., Leonova N. O., Yamborko N. A., Petruk T. V., Vozniuk S. V., Litovchenko A. M. Microbial bioformulations for plant growing. Methodical recommendations. Kyiv, 2017. 83 p.
19. Патент РФ № 2676926 «Фосфатмобилизующий штамм почвенных бактерий *Lelliottia nimipressuralis* ССМ 32-3 и биопрепарат на его основе для оптимизации минерального питания растений, стимуляции их роста и повышения урожайности» // Л. А. Чайковская, Т. Н. Мельничук, И. А. Каменева, М. И. Баранская, О. Л. Овсиенко. 2019. Бюлл. № 2. 12 с.
20. Грицаенко З. М., Грицаенко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. 320 с.
21. Гавриленко В. Ф., Ладыгина М. Е., Хандобина Л. М. Большой практикум по физиологии растений: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1975. 392 с.
22. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Книга по требованию, 2012. 351 с.
23. Чайковская Л. А., Баранская М. И., Овсиенко О. Л., Клименко Н. Н. Содержание хлорофиллов в листьях пшеницы озимой при инокуляции комплексом биопрепаратов в условиях загрязнения почвы тяжелыми металлами // Материалы XXXIX Международной научно-практической конференции «Научная дискуссия: вопросы математики, физики, химии, биологии». № 3 (31). М.: Издательство «Интернаука», 2016. С. 84–88.

## References

1. Sinyutina S. E., Mozharov A. V., Zaichenko M. A. Influence of lead and nickel salts on enzymatic activity of barley // Tambov University Reports. Series “Natural and Technical Sciences”. 2013. Vol. 18. Iss. 1. P. 255–257.
2. Syshchikov D. V. State of antioxidant glutationedependent system of maize plantlets at actions of cadmium compounds // The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University: Series “Biology”. 2009. Iss. 1 (16). P. 45–51.
3. Grishko V. N. Functioning of some links of the non-enzymatic antioxidant protection system of plant cell at the fluorine action // Materials of International Conference “The modern plant physiology: from molecules to ecosystems”. Part 2. Syktyvkar, 2007. P. 101–103.
4. Maier E. A., Matthews R. D., McDowell J. A., Walden R. R., Ahner B. A. Environmental cadmium levels increase phytochelatin and glutathione in lettuce grown in a chelator-buffered nutrient solution // J. Environ. Qual. 2003. Vol. 32. No. 4. P. 1356–1364.
5. Chaikovskaya L. A., Baranskaya M. I., Ovsienko O. L., Klimenko N. N. The influence of bacterization on the resistance of winter wheat to the effects of heavy metals // Scientific papers of SWorld. 2015. Vol. 12. No. 3 (40). P. 7–12.
6. Priadkina G. A., Shadchina T. M. Relationship between parameters of power development of the photosynthetic apparatus and yield of winter wheat plants grown in years with different weather conditions // Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants. 2009. Vol. 41. No. 1. P. 59–68.
7. Priadkina G. A., Shadchina T. M., Stasik O. O., Kiriziy D. A. Photosynthesis // Photosynthesis and plant productivity. Vol. 3. Kyiv: Logos, 2015. 480 p.
8. Iutynskaya G. A. Mathematical modeling in the microbiological monitoring of soils contaminated with heavy metals // Pochvovedenie. 2005. No. 5. P. 594–599.
9. Bioregulation of microbial-plant systems: Monography // Ed. by Iutynskaya G. O., Ponomarenko S. P. Kyiv: JSC “NICHЛАVA”, 2010. 464 p.

10. Belimov A. A., Tikhonovich I. A. Microbiological aspects of resistance and accumulation of heavy metals by plants // *Sel'skokhozyaistvennaya Biologia [Agricultural Biology]*. 2011. No. 3. P. 10–15.
11. Chebotar V. K., Zavalin A. A., Kiprushkina E. N. Efficiency of application of biopreparation Extrasol. Moscow. Publishing house of All Russia Research Institute of Agrochemistry, 2007. 216 p.
12. Methodology and practice of using microbial agents in agricultural crop cultivation technologies // Ed. by Volkogon V. V. Kyiv: Agrarna Nauka, 2011. 156 p.
13. Biotechnology of vegetable plants rhizosphere: Monograph // Ed. by Patyka V. P. Vinnitsa: Publishing house "SH Edelweiss & K", 2015. 266 p.
14. Tikhonovich I. A., Provorov N. A. Agricultural microbiology as the basis of ecologically sustainable agriculture: fundamental and applied aspects // *Sel'skokhozyaistvennaya Biologia [Agricultural Biology]*. 2011. No. 3. P. 3–9.
15. Microbial preparations in agriculture. Theory and practice: Monograph // Ed. by Volkogon V. V. Kyiv: Agrarna Nauka, 2006. 312 p.
16. Zavalin A. A., Almetov N. S. Application of biological preparations and biological nitrogen in agriculture of non-Chernozem region. Moscow: Publishing house ARRIA, 2009. 152 p.
17. New technologies of production and application of complex action biopreparations // Ed. by Zavalin A. A., Kozhemyakov A. P. Saint-Petersburg: KHIMIZDAT, 2010. 64 p.
18. Patent RF No. 2676926 "Phosphate-mobilizing strains of soil bacteria *Lelliottia nimipressuralis* CCM 32-3 and biopreparation on its basis for the optimization of mineral nutrition of plants, stimulates their growth and increase yields application" // Chaikovskaya L. A., Melnichuk T. N., Kameneva I. A., Baranskaya M. I., Ovsienko O. L. *Bul. No. 2. 11.01.2019.* 12 p.
19. Gritsaenko Z. M., Gritsaenko A. A., Karpenko V. P. Methods of biological and agrochemical research of plants and soils. Kyiv: JSC "NICHLAVA", 2003. 320 p.
20. Gavrilenko V. F., Ladygina M. E., Khandobina L. M. Big tutorial on plant physiology: Textbook. Moscow: Vyschaya shkola, 1975. 392 p.
21. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Kniga po trebovaniyu, 2012. 351 p.
22. Chaikovskaya L. A., Baranskaya M. I., Ovsienko O. L., Klimenko N. N. The content of chlorophylls in winter wheat leaves at inoculation by a complex of biological preparations in the conditions of soil pollution by heavy metals // Materials of the XXXIX International scientific and practice conference "Scientific discussion: questions of mathematics, physics, chemistry, biology". No. 3 (31). Moscow: Internauka, 2016. P. 84–88.

UDC 579.2: 581.1: 632.122: 633.11

Chaikovskaya L. A., Baranskaya M. I., Ovsienko O. L., Klimenko N. N.

### **EFFECT OF MICROBIAL PREPARATIONS ON THE ADAPTIVE POTENTIAL OF WINTER WHEAT UNDER THE INFLUENCE OF HEAVY METALS**

**Summary.** *The article presents the results of the influence of microbial preparations on the components of the non-enzymatic antioxidant protection system of winter wheat *Triticum aestivum* L. when soil (southern Chernozem heavy loam) is contaminated with heavy metals (HM). For pre-sowing inoculation of seeds, a complex of microbial preparations (CMP) was used, including 1) Diazophyte; 2) preparation based on *Lelliottia nimipressuralis* CCM 32-3; 3) Biopolycid in a ratio of 1:1:1. The aim of our research was to study the influence of CMP on the formation of adaptive potential (non-enzymatic antioxidant protection system) of winter wheat under soil contamination with HM (Pb, Cu, Cr) in model microfield experiments. The physiological and biochemical parameters of plants were determined: the content of photosynthetic pigments in the leaves (the sum of chlorophylls a+b) and the functioning of antioxidant non-enzymatic systems (ascorbic acid and glutathione) as an indicator of their adaptability to HM. Soil contamination with HM led to an increase in the content of ascorbic acid and glutathione in the leaves of winter wheat and a decrease in the content of photosynthetic pigments. Bacterization helps to reduce the content of ascorbic acid and glutathione in wheat leaves under microfield experiments: by 8–20 % and 5–25 % compared to control, respectively. The content of photosynthetic pigments in leaves of bacterized plants increases both in the control variant (without HM) and in the variant with contaminated soil (the amount of*



*chlorophyll (a+b) in leaves in the phase of spring tillering increased by 8–15 % compared to control. The positive effect of bacterization on grain productivity of winter wheat was established. It increased by 40–56 % (0,08–0,09 kg/m<sup>2</sup>) compared to control.*

**Keywords:** *microbial preparations, winter wheat, heavy metals, ascorbic acid, glutathione, grain productivity.*

Чайковская Людмила Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории растительно-микробного взаимодействия ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295000, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: ludachaika@mail.ru.

Баранская Марина Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории растительно-микробного взаимодействия ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295000, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: baranskaya@rambler.ru.

Овсиенко Ольга Леонидовна, старший научный сотрудник лаборатории растительно-микробного взаимодействия ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295000, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: olov sien@mail.ru.

Клименко Нина Николаевна, научный сотрудник ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: ninaklymenko@yandex.ru.

Chaikovskaya Ludmila Aleksandrovna, Dr. Sc. (Agr.), senior researcher, chief researcher, Laboratory of plant-microbe interaction, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295000, Russia; e-mail: ludachaika@mail.ru.

Baranskaya Marina Ivanovna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher, Laboratory of plant-microbe interaction, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295000, Russia; e-mail: baranskaya@rambler.ru.

Ovsienko Olga Leonidovna, senior researcher, Laboratory of plant-microbe interaction, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295000, Russia e-mail: olov sien@mail.ru.

Klivenko Nina Nikolaevna, researcher of FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295000, Russia; e-mail: ninaklymenko@yandex.ru.

*Дата поступления в редакцию – 02.09.2019.*

*Дата принятия к печати – 01.10.2019.*

DOI 10.33952/2542-0720-2019-4-20-133-143

УДК 633.15:631.5

Черкашина А. В.<sup>1</sup>, Сотченко Е. Ф.<sup>2</sup>**ВЛИЯНИЕ СРОКОВ И ГУСТОТЫ ПОСЕВА НА УРОЖАЙНОСТЬ И  
УБОРОЧНУЮ ВЛАЖНОСТЬ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ В  
НЕОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ КРЫМА**<sup>1</sup>ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»;<sup>2</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы»

**Реферат.** В условиях усиления засушливости климата степной зоны Крыма особое значение приобретают элементы технологии возделывания кукурузы на богаре, такие, как ранние сроки сева и оптимальная густота стояния растений. Цель исследований – установить оптимальные сроки сева и густоту стояния растений для раннеспелого гибрида кукурузы Нур в степной зоне Крыма на богаре. Исследования проводили в 2016–2019 гг. на опытном поле ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (с. Клепинино, Республика Крым) в соответствии с методическими рекомендациями по проведению полевых опытов по кукурузе. Схема опыта включала следующие варианты: сроки сева (фактор А) – 5, 15 и 25 апреля; густота стояния растений (фактор В) – 40; 50; 60; 70 тыс. растений/га; метеоусловия лет исследований (фактор С). Общая площадь делянки – 50 м<sup>2</sup>, учетная – 25 м<sup>2</sup>, повторность – четырехкратная. Почва – чернозем южный слабогумусированный. Метеоусловия 2016 г. характеризовались повышенной влагообеспеченностью (ГТК = 1,46), в 2017 г. наблюдали среднюю засуху (ГТК = 0,42), в 2018 г. – слабую засуху (ГТК = 0,65), в 2019 г. обеспеченность влагой была недостаточной (ГТК = 0,86). В среднем за годы исследования продолжительность периода «посев–всходы» была наибольшей при самом раннем сроке сева пятого апреля и составила 20,5 суток, при сроке сева 15 апреля – 14 суток, при сроке 25 апреля величина этого показателя была наименьшей – 12,3 суток. Наибольшее влияние на сбор зерна оказали гидротермические условия года (доля действия этого фактора на урожай зерна кукурузы – 89,9 %). В среднем за четыре года лучшим сроком сева было 15 апреля при густоте стояния растений – 60 тыс. шт./га: урожайности – 1,97 т/га, уборочной влажности зерна – 15,1 %. Корреляция между урожайностью зерна и количеством початков на 100 растениях была тесной положительной ( $r = 0,75$ ). Уборочная влажность зерна варьировала от 10,0 до 25,5 % в зависимости от условий года, срока и густоты посева и в среднем по опыту составила 14,95 %. Самая низкая величина этого показателя отмечена в варианте при посеве 15 апреля с густотой стояния растений 40 и 50 тыс. шт./га – 13,3 и 13,8 % соответственно.

**Ключевые слова:** кукуруза (*Zea mays L.*), урожайность, уборочная влажность зерна, срок сева, густота стояния растений.

**Введение**

В последние годы доля раннеспелых гибридов в рекомендованном соотношении биотипов кукурузы для степной зоны увеличилась с 10 % в 1995 г. [1] до 30–35 % в 2017 г. [2]. Такое изменение способствует снижению энергозатрат на сушку зерна и дает возможность быстрее освобождать поля для подготовки под посев озимых культур [2, 3].

Изменяя густоту стояния растений раннеспелых гибридов и сроки их сева даже в неблагоприятные по метеоусловиям годы при высоком уровне агротехники можно получать высокие урожаи. Зерно раннеспелых гибридов по сравнению с

другими группами спелости быстрее отдает влагу при созревании, что позволяет заметно уменьшить затраты на его доработку [3].

В степной зоне Крыма при оптимальных сроках сева уборочная влажность зерна может находиться на уровне 7–9 %, а в среднем составлять 14–19 % [4]. Продуктивность кукурузы на богаре низкая и урожаи нестабильны по годам, поэтому площади этой культуры в Крыму остаются незначительными. В 2019 г. в регионе ее посевы на зерно занимали 2,5 тыс. га, на зеленый корм – 3,6 тыс. га [5].

В степной зоне при исходных запасах продуктивной влаги в слое 0–100 см в 150 мм, и осадках за май–август – 200 мм урожайность зерна может достигать 4,0 т/га [3]. Агротехника должна быть направлена на накопление, сохранение и экономное расходование почвенной влаги в посевах.

В технологии возделывания кукурузы исключительно важное значение имеют сроки сева. От них зависят своевременность, дружность, полнота всходов, темпы роста и развития растений, а также уровень урожая [3, 6–8].

В условиях дефицита влаги ранние сроки сева для кукурузы, как поздней яровой культуры, приобретают особое значение и являются способом преодоления засухи [9]. Ранние посевы более рационально используют почвенные запасы влаги [2], при этом обеспечиваются более благоприятные условия для растений в критический период развития во время цветения и налива зерна [10].

Кукуруза – теплолюбивая культура. Поэтому при выборе сроков сева необходимо учитывать три фактора: установление средних суточных температур на глубине заделки семян 10 °С, количество продуктивной влаги в слое почвы 0–10 см больше 15 мм, в пахотном слое – 25–35 мм, прекращение опасных заморозков [11]. Благоприятное их сочетание возможно лишь в отдельные годы, в большинстве случаев необходимый прогрев почвы и отсутствие угрозы повреждения заморозками наступает, когда количество продуктивной влаги недостаточно. Оптимальным сроком сева кукурузы в Крыму ранее считали третью декаду апреля – начало мая [11, 12]. В более ранних рекомендациях лучшим сроком указывали вторую декаду апреля и в зависимости от метеоусловий года посев рекомендовали передвигать в ту или иную сторону, но всегда заканчивать в апреле [13].

В последние годы в степной зоне Крыма почва на глубине 10 см прогревается до температуры 10 °С уже в первой декаде апреля [14], что создало предпосылки для изучения возможности посева культуры в более ранние сроки.

Одним из факторов, определяющим уровень урожайности кукурузы в районах недостаточного увлажнения, является оптимальная густота посева. В благоприятные по осадкам годы урожай зерна при недостаточной густоте снижается на 0,5–0,7 т/га [15], а в засушливые, в результате загущения посева, початки вообще могут не сформироваться. Варьирование числа растений на единице площади отражается на их жизнеспособности, росте и развитии, особенностях поступления и использования солнечной радиации, потребления влаги, питательных веществ, и, в итоге, на урожайности зерна [16].

Для каждого гибрида в конкретных условиях необходимо подбирать агротехнические приемы (сроки сева [12], индивидуальную оптимальную густоту растений [15, 17] и др.) для формирования наибольшей урожайности и наименьшей уборочной влажности зерна.

**Цель исследований** – установить оптимальные сроки сева и густоту стояния растений раннеспелого гибрида кукурузы Нур в условиях степной зоны Крыма на богаре.

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

Исследования проводили в 2016–2019 гг. на опытном поле отделения полевых культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (с. Клепинино Красногвардейского района Республики Крым). Почва –

чернозем южный слабогумусированный, развитый на четвертичных желто-бурых лессовидных легких глинах [18]. Мощность гумусового слоя (горизонт А) составляет 24–36 см, всего – 57–70 см. На пашне содержание гумуса составляет 2,4–2,7 %. В пахотном слое на 100 г абсолютно сухой почвы содержится: легкогидролизуемого азота – 5,2 мг, фосфора – 1–2,5 мг, калия – 42 мг. Сумма поглощенных щелочей – 28,5–38,3 мг-экв/100 г почвы. Валового азота в пашне – 0,11–0,12 %, фосфора – 0,20 %, калия – 1,96 %. Реакция почвенного раствора – слабощелочная в верхнем горизонте (рН = 7,7–7,9) [19].

Материал для исследований – раннеспелый гибрид кукурузы Нур (ФАО 150) – раннеспелый, холодостойкий, трехлинейный гибрид универсального направления использования.

Схема опыта включала следующие варианты: сроки посева (фактор А) – 5; 15 и 25 апреля; густота стояния растений (фактор В) – 40; 50; 60; 70 тыс. растений/га; метеоусловия лет исследований (фактор С).

Предшественник – зерновые колосовые культуры. Исследования проводили в соответствии с методическими рекомендациями по проведению полевых опытов с кукурузой [20]. Общая площадь делянки – 50 м<sup>2</sup>, учетная – 25 м<sup>2</sup>, повторность – четырехкратная. Посев осуществляли сеялкой «СПУ-8». Густоту стояния растений формировали вручную в фазе четырех–пяти листьев [20]. Статистическую обработку результатов проводили методом трехфакторного дисперсионного и корреляционного анализов по Б. А. Доспехову [21].

Для характеристики метеоусловий за годы исследований использовали материалы многолетних наблюдений метеостанции Клепинино (таблицы метеорологических и агрометеорологических сведений ТСХ-8, агрометеорологические обзоры). Для оценки условий увлажнения рассчитывали гидротермический коэффициент (ГТК), предложенный Г. Т. Селяниновым [22]. Средние многолетние данные приведены по агроклиматическому справочнику за 1986–2005 гг. [23].

В среднем за четыре года метеоусловия периода с апреля по август характеризовались повышенным температурным режимом. Превышение над среднемноголетней суммой активных температур варьировало от 57,2 °С в 2017 г. до 474,8 °С в 2018 г. В среднем за четыре года величина этого показателя составила 2938,3 °С, превысив норму на 9,5 % (таблица 1).

**Таблица 1 – Характеристика метеорологических условий периода вегетации кукурузы (апрель–август)**

Показатель	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	Среднемноголетнее значение
Сумма активных температур, °С	2979,2	2741,2	3158,8	2873,9	2938,3	2684,0
Количество осадков, мм	436,8	149,8	206,1	245,8	259,6	219,0
Гидротермический коэффициент	1,46	0,42	0,65	0,86	0,85	0,82
Количество дней с влажностью воздуха 30 % и ниже	15,0	71,0	67,0	20,0	43,3	39,6

Количество осадков за период вегетации кукурузы резко различалось по годам исследований. В 2016 г. выпало 436,8 мм осадков (199,5 % нормы), в 2017 г. – 149,8 мм (68,4 % нормы), однако дожди были ливневыми и прошли в первой и третьей декаде мая (56,6 и 80,7 мм), первой декаде июня (194,8 мм) и второй декаде сентября (84,4 мм). Поэтому, несмотря на аномально высокий уровень осадков, растения кукурузы во второй половине вегетации страдали от недостатка влаги, что

проявлялось в быстром усыхании листьев и снижении продуктивности. В 2018 г. наблюдали недобор 5,6 % урожая.

За вегетационные периоды 2016–2019 гг. количество дней с влажностью воздуха 30 % и ниже превысило среднемноголетнее значение на 3,7 дней (9,3 %). Величина этого показателя варьировала в пределах от 15 дней в 2016 г. до 71 дня в 2017 г., что составило 179,3 % нормы.

Среднемноголетнее значение ГТК в зоне проведения исследования за период апрель – август составляет 0,82, что, по шкале Т. В. Хомяковой и Е. К. Зоидзе [24], характеризуется как недостаточная влагообеспеченность. Метеоусловия 2016 г. характеризовались как повышенная влагообеспеченность (ГТК = 1,46), 2017 г. – средняя засуха (ГТК = 0,42), 2018 г. – слабая засуха (ГТК = 0,65), 2019 г. – недостаточная влагообеспеченность (ГТК = 0,86).

Почва прогревалась быстро, средняя температура на глубине 10 см уже в первой декаде апреля во все годы исследований превысила 10 °С, во второй декаде была выше 12 °С (за исключением 2019 г.), в третьей декаде – 14 °С и выше (кроме 2017 г.) (таблица 2).

**Таблица 2 – Средняя температура почвы на глубине 10 см в апреле, °С**

Декада	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	Среднемноголетняя
1	12,3	10,8	11,7	10,1	11,2	9,0
2	16,6	12,0	14,5	10,3	13,4	11,0
3	15,2	8,8	17,9	14,1	14,0	13,0

Запасы продуктивной влаги в посевной период во все сроки посева за все годы проведения опытов были достаточными для получения всходов (таблица 3).

**Таблица 3 – Запасы продуктивной влаги в почве в период сева кукурузы, мм**

Срок сева	Горизонт, см	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	Среднемноголетнее значение
5 апреля	0–20	11	19	22	20	18	28
	0–50	40	53	44	39	44	69
	0–100	113	89	63	89	88	134
15 апреля	0–20	28	21	23	30	25	27
	0–50	85	61	48	69	66	69
	0–100	189	116	68	150	131	134
25 апреля	0–20	23	29	16	28	24	27
	0–50	41	73	32	65	53	67
	0–100	79	145	61	136	105	129

В среднем за четыре года наибольшие запасы продуктивной влаги в почве отмечены 15 апреля.

Самыми благоприятными для вегетации кукурузы оказались метеорологические условия 2019 и 2016 гг. Самым неблагоприятным по условиям увлажнения был 2017 г., что подтверждено наименьшей продуктивностью.

#### **Результаты и их обсуждение**

Продолжительность периода «посев–всходы» кукурузы определяется температурным режимом [8]. В среднем за четыре года продолжительность этого периода была максимальной при самом раннем сроке сева пятого апреля и составила 20,5 суток, при сроке сева 15 апреля – 14,0 суток, при сроке 25 апреля была минимальной – 12,3 суток (таблица 4).



**Таблица 4 – Продолжительность периода «посев-всходы» гибрида кукурузы Нур в зависимости от сроков сева, сутки**

Срок сева	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
5 апреля	14	27	17	24	20,5
15 апреля	12	18	13	13	14,0
25 апреля	11	13	12	13	12,3

В 2017 и 2019 гг. температура почвы в первой декаде апреля была низкой (10,8 и 10,1 °С), что и обусловило увеличение периода «посев–всходы» до 27 и 24 дней соответственно.

Минимальный в опыте сбор зерна 0,18 т/га отмечен в 2017 г. при посеве 25 апреля и густоте 70 тыс./га, максимальный – 3,99 т/га в 2018 г. при посеве в этот же срок с густотой посева 60 тыс./га. Средняя по опыту урожайность составила 1,66 т/га.

В наших исследованиях установлена высокая зависимость урожайности зерна кукурузы от погодных условий года и изучаемых агроприемов (сроков сева, густоты стояния растений), а также их взаимодействия. За 2016–2019 гг. доля действия погодных условий года (фактор С) на сбор зерна составила 89,9 %, то есть варьирование урожайности по годам было самым значительным. Минимальной она была в 2017 г. – 0,37 т/га, максимальной – в 2019 г. – 3,4 т/га (таблица 5).

**Таблица 5 – Урожайность зерна гибрида кукурузы Нур при стандартной влажности, т/га**

Срок сева (фактор А)	Густота посева, тыс. шт./га (фактор В)	Год (фактор С)				Среднее по:	
		2016	2017	2018	2019	фактору А	фактору В
05 апреля	40	1,70	0,50	0,64	2,86	1,57	1,49
	50	1,78	0,44	0,68	3,20		1,69
	60	2,26	0,53	0,68	3,78		1,83
	70	2,57	0,63	0,58	2,37		1,65
15 апреля	40	1,89	0,29	0,83	3,29	1,80	
	50	2,44	0,36	0,96	3,70		
	60	2,55	0,53	0,79	3,99		
	70	2,46	0,40	0,58	3,67		
25 апреля	40	1,37	0,13	1,24	3,09	1,62	
	50	1,91	0,22	1,19	3,43		
	60	1,62	0,23	1,04	3,92		
	70	1,71	0,18	1,07	3,54		
Средняя по фактору С		2,02	0,37	0,86	3,40		

**Примечание.** НСР<sub>05</sub> фактор А – 0,15 т/га; НСР<sub>05</sub> фактор В – 0,07 т/га; НСР<sub>05</sub> фактор С – 0,10 т/га; НСР<sub>05</sub> взаимодействие А×В – 0,18 т/га; НСР<sub>05</sub> взаимодействие А×С – 0,21 т/га; НСР<sub>05</sub> взаимодействие В×С – 0,18 т/га; НСР<sub>05</sub> взаимодействие А×В×С – 0,35 т/га.

Из контролируемых факторов более значимым была густота стояния растений (фактор В) – 1 %, чем сроки посева (А) – 0,6 %. На долю взаимодействия сроков сева и условий года (АС) приходится 2,8 %, густоты стояния растений и условий года (ВС) – 1,6 %, тройного взаимодействия факторов (АВС) – 1 %. Прямое действие и взаимодействие агротехнических приемов на урожайность зерна кукурузы имело меньшую долю влияния, чем условия года, однако это влияние оказалось достоверным, а формирование существенных прибавок между испытываемыми вариантами опыта указывают на необходимость проведения таких

экспериментов. Даже при такой большой доле влияния метеоусловий показано, что сбор зерна можно достоверно увеличить, используя изученные агроприемы.

В 2016 г. лучшим был срок сева 15 апреля, средняя урожайность зерна по всем вариантам густоты стояния растений составила 2,34 т/га, превышение над сроками 5 и 25 апреля составило 0,26 т/га, или 11,1 % и 0,69 т/га, или 29,5 % соответственно. Однако в экстремальных условиях 2017 г. отмечена тенденция к уменьшению урожайности зерна от раннего срока 5 апреля к более позднему, 25 апреля – 0,52; 0,39; 0,19 т/га соответственно срокам посева. В то же время, различия между сроками 5 и 15 апреля были недоказуемыми, а срок 25 апреля достоверно уступал сроку 5 апреля на 0,33 т/га, или 63,5 %. В 2018 г. лучшим оказался срок посева 25 апреля, благодаря обильным осадкам в июне средний сбор зерна по всем вариантам густоты растений составил 1,14 т/га и превысил первые два срока на 0,50 т/га, или 43,9 % и 0,35 т/га, или 30,7 % соответственно. В 2019 г. срок сева 5 апреля достоверно уступил двум последующим на 0,61 т/га, или 16,7 % и 0,45 т/га, или 12,9 % соответственно. Между вторым и третьим сроком сева различия находились на уровне НСР<sub>05</sub>.

За четыре года исследований лучшая средняя по всем вариантам густоты стояния растений урожайность сформировалась при сроке сева 15 апреля и составила 1,8 т/га, достоверно превысив величину этого показателя при раннем и позднем сроках посева на 0,23 т/га, или 12,8 % и 0,18 т/га, или 10,0 %.

Согласно литературным данным, оптимальная густота растений, обеспечивающая более высокий урожай гибридов, не является постоянной, а в отдельные годы изменяется в зависимости от погодных условий. При благоприятном гидротермическом режиме оптимум густоты возрастает и, наоборот, в засушливые годы – уменьшается [1]. В наших исследованиях в 2016 г. наблюдали тенденцию к росту средней урожайности по всем вариантам сроков посева с увеличением густоты посева от 40 до 70 тыс. шт./га – 1,65; 2,05; 2,14; 2,25 т/га соответственно густотам. В остальные годы величина этого показателя возрастала от густоты 40 до 60 тыс. шт./га, снижаясь при 70 тыс. шт./га.

В среднем по срокам посева самая высокая средняя урожайность отмечена при густоте стояния растений 60 тыс./га – 1,83 т/га.

Следовательно, в среднем за четыре года для раннеспелого гибрида Нур в степной зоне Крыма лучший срок для посева – 15 апреля, лучшая густота стояния растений – 60 тыс. шт./га.

Индивидуальная продуктивность характеризует условия роста и развития растений и зависит от гидротермических условий периода вегетации и сроков сева [6]. В наших опытах сроки сева не оказывали значительного влияния на индивидуальную продуктивность растений. В большей степени она зависела от условий года (доля влияния фактора С – 74,5 %), густоты стояния растений (доля влияния фактора В – 6,1 %), взаимодействия срока сева и условий года (доля влияния АС – 8,9 %). В 2017 г. среднее количество початков на 100 растений было минимальным и составило 35 шт., максимальное их количество сформировалось в 2016 г. – 95 шт. В среднем по опыту на 100 растениях образовалось 68,3 початка, варьирование было значительным – от 17 до 112 початков на 100 растений. В среднем за годы исследований при увеличении густоты посева от 40 до 70 тыс./га индивидуальная продуктивность снижалась с 78 до 59 початков на 100 растений соответственно (таблица 6).

Корреляция между урожаем зерна и количеством початков на 100 растениях в опыте была достаточно высокой ( $r = 0,75$ ).

Уборочная влажность зерна гибрида кукурузы Нур зависела от всех изучаемых факторов – сроков сева, густоты стояния растений и условий года.

Наибольшее влияние на влажность зерна при уборке оказывали условия года (С – 88,3 %); взаимодействие срок посева × год (АС – 3,9 %); также отмечено тройное взаимодействие изучаемых факторов (доля влияния АВС – 1 %).

**Таблица 6 – Количество початков на 100 растений гибрида кукурузы Нур, шт.**

Срок сева (фактор А)	Густота посева, тыс. шт./га (фактор В)	Год (фактор С)				Среднее 2016–2019 гг.	Среднее по:	
		2016	2017	2018	2019		фактору А	фактору В
05 апреля	40	102	61	53	96	78,0	66	78
	50	89	52	39	91	67,8		72
	60	85	38	40	82	61,3		64
	70	85	49	29	75	59,5		59
15 апреля	40	107	39	62	103	77,8	69	
	50	109	32	73	91	76,3		
	60	81	37	48	81	61,8		
	70	86	27	40	84	59,3		
25 апреля	40	112	25	83	90	77,5	69	
	50	107	20	71	88	71,5		
	60	95	21	70	92	69,5		
	70	83	17	51	86	59,3		
Средняя по фактору С		95	35	55	88			

**Примечание.**  $HCP_{05}$  фактор А –  $F\phi < Ft$ ;  $HCP_{05}$  фактор В – 2,5;  $HCP_{05}$  фактор С – 3,6;  $HCP_{05}$  взаимодействие А×В – 6,0;  $HCP_{05}$  взаимодействие А×С – 7,1;  $HCP_{05}$  взаимодействие В×С – 6,7;  $HCP_{05}$  взаимодействие А×В×С – 12,2.

В среднем по опыту уборочная влажность зерна составила 14,95 %, минимальной (10,0 %) в опыте она была в 2016 г. при сроке сева 25 апреля густотой 60 тыс. шт./га, максимальной (25,5 %) – в 2019 г. при посеве 25 апреля густотой 70 тыс. шт./га (таблица 7).

**Таблица 7 – Уборочная влажность зерна гибрида кукурузы Нур, %**

Срок сева (фактор А)	Густота посева, тыс. шт./га (фактор В)	Год (фактор С)				Среднее за 2016–2019 гг.	Среднее по:	
		2016	2017	2018	2019		фактору А	фактору В
05 апреля	40	11,4	10,1	10,9	24,0	14,1	14,7	14,1
	50	11,5	10,2	13,9	21,5	14,3		14,5
	60	12,4	10,9	13,9	24,9	15,5		15,5
	70	11,8	10,8	14,8	22,2	14,9		15,7
15 апреля	40	10,9	10,6	10,1	21,5	13,3	14,4	
	50	10,9	10,7	11,8	21,7	13,8		
	60	11,1	10,8	15,3	23,3	15,1		
	70	10,9	10,7	16,4	23,5	15,4		
25 апреля	40	10,4	10,4	15,7	22,7	14,8	15,8	
	50	10,1	10,1	16,6	25,0	15,4		
	60	10,0	10,2	19,0	24,3	15,9		
	70	10,2	10,7	21,3	25,5	16,9		
Средняя по фактору С		11,0	10,5	15,0	23,3			

**Примечание.**  $HCP_{05}$  фактор А – 0,3;  $HCP_{05}$  фактор В – 0,3;  $HCP_{05}$  фактор С – 0,3;  $HCP_{05}$  взаимодействие А×В – 0,6;  $HCP_{05}$  взаимодействие А×С – 0,6;  $HCP_{05}$  взаимодействие В×С – 0,7;  $HCP_{05}$  взаимодействие А×В×С – 1,2.

Варьирование средней величины этого показателя по годам было значительным – от 10,5 % в 2017 г. до 23,3 % в 2019 г. В засушливом 2017 г. различия по влажности по срокам и густотам посева были недостоверны. В 2016 г. с засушливой второй половиной лета в вариантах опыта с поздним сроком посева в среднем по всем вариантам густоты посева влажность была наименьшей – 10,2 %.

Средняя уборочная влажность зерна по срокам сева 5 и 15 апреля не имела достоверных различий, при сроке сева 25 апреля была доказуемо выше и составила 15,8 %. С увеличением густоты стояния растений от 40 до 70 тыс./га средняя влажность зерна возрастала, минимальной – 14,1 % она была при сроке сева 5 апреля, но ее увеличение при переходе от 60 до 70 тыс./га находилось в пределах ошибки опыта.

В 2018 г. при увеличении густоты посева достоверно и последовательно возрастала уборочная влажность зерна – от 12,2 % в варианте 40 тыс. шт./га до 17,5 % в варианте 70 тыс. шт./га. Минимальную уборочную влажность зерна – 13,3 и 13,8 %, отмечали при посеве 15 апреля густотой 40 и 50 тыс. шт./га.

### Выводы

В результате изучения сроков сева установлено, что в среднем за 2016–2019 гг. продолжительность периода «посев-всходы» гибрида кукурузы Нур была максимальной при самом раннем сроке сева 5 апреля и составила 20,5 суток, при сроке сева 15 апреля – 14 суток, при сроке 25 апреля была минимальной – 12,3 суток.

В наших условиях установлена высокая зависимость урожайности зерна кукурузы от условий года и изучаемых агроприемов (сроков сева, густоты стояния растений), а также их взаимодействия. Наибольшее влияние на величину этого показателя оказывали гидротермические условия года (доля действия погодных условий года на урожай зерна кукурузы составила 89,9 %).

В среднем за 2016–2019 гг. лучшим сроком сева для раннеспелого гибрида Нур в степной зоне Крыма является 15 апреля и густота стояния растений 60 тыс./га. Урожайность зерна – 1,97 т/га, уборочная влажность – 15,1 %.

Корреляция между урожайностью зерна и количеством початков на 100 растениях в опыте была тесной положительной достоверной ( $r = 0,75$ ).

Уборочная влажность зерна варьировала от 10,0 до 25,5 % в зависимости от условий года, срока и густоты посева и в среднем по опыту составила 14,95 %. Минимальная величина этого показателя отмечена на сроке сева 15 апреля с густотой стояния растений 40 и 50 тыс. шт./га – 13,3 и 13,8 % соответственно.

### Литература

1. Золотов В. И. Устойчивость кукурузы к засухе – основы биологии, экологии и сортовой агротехники. Днепропетровск: Новая идеология, 2010. 274 с.
2. Весняному полю – інноваційні сорти і технології (особливості вирощування сільськогосподарських культур в Степу України в 2017 році) // відповідальний за випуск Шевченко М. С. Дніпро: Державна установа Інститут зернових культур НААН України, 2017. С. 22–25.
3. Циков В. С. Кукуруза: технология, гибриды, семена. Днепропетровск: Зоря, 2003. 296 с.
4. Черчель В. Ю. Влажность зерна кукурузы при сборе: формирование, учет, значение [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://propozitsiya.com/vlazhnost-zerna-kukuruzu-pri-sbore-formirovanie-uchet-znachenie> (дата обращения 07.10.2019).
5. Посевные площади Российской Федерации в 2019 году (весеннего учета). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gks.ru/search?q=?q=площади+посева+2019> (дата обращения 12.09.2019).
6. Красненков С. В., Дудка М. І, Березовський С. В., Носов С. С. Вплив строків сівби на врожайність та вологість зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості // Бюлетень Інституту зернового господарства степової зони України. 2014. № 7. С. 62–66.
7. Bruns H. A., Abbas H. K. Planting date effects on Bt and non-Bt corn in the Mid-South USA // *Agronomy Journal*. 2005. Vol. 98. No. 1. P. 100–106. DOI: 10.2134/agronj2005.0143.

8. Wijewardana Ch., Hock M., Henry B., Reddy K. R. Screening corn hybrids for cold tolerance using morphological traits for early-season seeding // *Crop Science*. 2015. Vol. 55. P. 851–867. DOI: 10.2135/cropsci2014.07.0487.
9. Багринцева В. Н., Шмалько И. А., Кузнецова С. В., Ивашенко И. Н., Букарев В. В., Никитин С. В. Руководство по технологии возделывания кукурузы на зерно с использованием ранних сроков сева для различных почвенно-климатических зон Ставропольского края с учетом изменяющегося климата. Пятигорск: Пятигорский полиграфический центр «Мастер бланк», 2015. 36 с.
10. Багринцева В. Н., Пелипенко А. Н. Климатические условия периода вегетации кукурузы в Александровском районе ставропольского края // *Вестник АПК Ставрополя*. 2016. № 2 (22). С. 122–125.
11. Белоглазова Е. А. Агроклиматические особенности возделывания зерновых культур в Крыму // *Проблемы ресурсосбережения и охраны окружающей среды в полеводстве Крыма*. Сборник научных трудов ученых агрономического факультета. Симферополь, 1996. С. 140–143.
12. Аргунова К. В., Жук О. Г. Вплив строків сівби і густоти стояння на урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Криму на зрошенні // *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2010. № 38. С. 170–174.
13. Богдан П. И. Полевые культуры Крыма. Симферополь: Крымиздат, 1949. С. 270–271.
14. Черкашина А. В. Агроклиматические особенности возделывания кукурузы в степной зоне Крыма в условиях изменяющегося климата // *Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования*. IV Международная научно-практическая конференция. с. Соленое Займище: ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук», 2019. С. 243–254. DOI: 10.26150/PAFNC.2019.45.557-1-047.
15. Орлянский Н. А., Орлянская Н. А., Зубко Д. Г., Маслиев С. В. Густота растений, урожай и влажность зерна раннеспелых гибридов кукурузы // *Кукуруза и сорго*. 2017. № 2. С. 3–8.
16. Молдован Ж. А., Собчук С. І. Вплив строків сівби, густоти рослин та абіотичних факторів на формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Лісостепу західного // *Бюлетень Інституту зернового господарства степової зони НААН України*. 2016. № 11. С. 31–38.
17. Багринцева В. Н., Шмалько И. А. Оптимальная густота растений раннеспелых гибридов кукурузы // *Кукуруза и сорго*. 2018. № 4. С. 27–31.
18. Гусев В. П., Колесниченко В. Т. Почвы сельскохозяйственной опытной станции и прилегающих районов Крымских степей // *Труды Крымской Государственной сельскохозяйственной опытной станции*. 1955. Т. 1. С. 21–49.
19. Половицкий И. Я., Гусев П. Г. Почвы Крыма и повышение их плодородия. Симферополь: Таврия, 1987. 152 с.
20. Филев Д. С., Циков В. С., Золотов В. И., Логачев Н. И., Телятников Н. Я., Пономаренко А. К. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой. Днепропетровск: Городская типография № 3, 1980. 54 с.
21. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Пятое издание, переработанное и дополненное. М.: Альянс, 2014. 351 с.
22. Грингоф И. Г., Попова В. Н., Страшный В. Н. Агрометеорология. Ленинград: Гидрометеиздат, 1987. С. 185.
23. Агрокліматичний довідник по Автономній Республіці Крим (1986–2005 рр.): Довідкове видання // за ред. Прудка О. І., Адаменко Т. І. Симферополь: ЦГМ в АРК, 2011. 344 с.
24. Хомякова Т. В., Зойдзе Е. К. Агроклиматическая оценка почвенных засух на европейской территории РФ (по наземным данным) // *Метеорология и гидрология*. 2002. № 9. С. 75–85.

## References

1. Zolotov V. I. Resistance of corn to drought – the basis of biology, ecology and farming techniques. Dnepropetrovsk: Novaya ideologiya, 2010. 274 p.
2. Innovative varieties and technologies to spring field (peculiarities of growing crops in the steppe of Ukraine in 2017) // Responsible for the issue of Shevchenko M. S. Dnipro: State Institution, Institute of Grain Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 2017. P. 22–25.
3. Tsikov V. S. Corn: technology, hybrids, seeds. Dnepropetrovsk: Zorya, 2003. 296 p.
4. Cherchel V. Yu. Moisture content of the kernel of maize at the harvest time: formation, accounting, value. [Electronic resource]. Access point: <https://propozitsiya.com/vlazhnost-zerna-kukuruzy-pri-sbore-formirovanie-uchet-znachenie> (reference's date 07.10.2019).
5. The Russian Federation's land under cultivation in 2019 (spring accounting). [Electronic resource]. Access point: <https://www.gks.ru/search?q=q=площади+посева+2019> (reference's date 12.09.2019).



6. Krasnenkov S. V., Dudka M. I., Berezovskiy S. V., Nosov S. S. Influence of planting dates on yield and moisture content of the kernel of maize hybrids of different groups of maturity // Bulletin of the Institute of Grain Economy of the Steppe Zone of Ukraine. 2014. No. 7. P. 62–66.
7. Bruns H. A., Abbas H. K. Planting date effects on Bt and non-Bt corn in the Mid-South USA // Agronomy Journal. 2005. Vol. 98. No. 1. P. 100–106. DOI: 10.2134/agronj2005.0143.
8. Wijewardana Ch., Hock M., Henry B., Reddy K. R. Screening corn hybrids for cold tolerance using morphological traits for early-season seeding // Crop Science. 2015. Vol. 55. P. 851–867. DOI: 10.2135/cropsci2014.07.0487.
9. Bagrintseva V. N., Shmalko I. A., Kuznetsova S. V., Ivashenko I. N., Bukarev V. V., Nikitin S. V. Guide to corn cultivation technology at early planting dates for different soil and climatic zones of the Stavropol Territory taking into account the changing climate. Pyatigorsk: Pyatigorsk Polygraphic Center “Master Blank”, 2015. 36 p.
10. Bagrintseva V. N., Pelipenko A. N. The climatic conditions of the corn growing season in Alexandrovskiy district of Stavropol region // Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2016. No. 2 (22). P. 122–125.
11. Beloglazova E. A. Agroclimatic features of cultivation of grain crops in the Crimea // Problems of resource conservation and environmental protection in the agriculture of the Crimea. Collection of scientific works of scientists of the agronomic faculty. Simferopol, 1996. P. 140–143.
12. Argunova K. V., Zhuk O. G. Influence of planting dates and plant density on yield of maize hybrids of different groups of maturity in the Crimea under irrigation // Bulletin of the Institute of Grain Economy. 2010. No. 38. P. 170–174.
13. Bogdan P. I. Field crops of the Crimea. Simferopol: Krymizdat, 1949. P. 270–271.
14. Cherkashyna A. V. Agroclimatic features of maize cultivation in the steppe zone of the Crimea, taking into account the changing climate // Current state of the natural environment and scientific and practical aspects of nature conservation. IV International Scientific and Practical Conference. Village of Solenoye Zaymishche: FSBSI “Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, 2019. P. 243–254. DOI: 10.26150 / PAFNC.2019.45.557-1-047.
15. Orlyanskiy N. A., Orlyanskaya N. A., Zubko D. G., Masliev S. V. Plant density, yield and grain moisture of early maturing corn hybrids // Maize and sorghum. 2017. No. 2. P. 3–8.
16. Moldovan Zh. A., Sobchuk S. I. Influence of planting dates, plant density and abiotic factors on the formation of the yield of maize hybrids of different groups of maturity in the Western Forest Steppe // Bulletin of the Institute of Grain Economy of the Steppe Zone of the NAAS of Ukraine. 2016. No. 11. P. 31–38.
17. Bagrintseva V. N., Shmalko I. A. Optimal plant density of early maturing maize hybrids // Maize and sorghum. 2018. No. 4. P. 27–31.
18. Gusev V. P., Kolesnichenko V. T. Soils of the Agricultural Experimental Station and neighbouring areas of the Crimean steppes // Works of the Crimean State Agricultural Experimental Station. 1955. Vol. 1. P. 21–49.
19. Polovitskiy I. Ya. Gusev P. G. Types of soils in the Crimea and increasing its productivity. Simferopol: Tavriya, 1987. 152 p.
20. Filev D. S., Tsykov V. S., Zolotov V. I., Logachev N. I., Telyatnikov N. Ya., Ponomarenko A. K. Guidelines on field experiments with corn. Dnepropetrovsk: City printing house No. 3, 1980. 54 p.
21. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Пятое издание, переработанное и дополненное. М.: Альянс, 2014. 351 с.
22. Gringof I. G., Popova V. N., Strashniy V. N. Agrometeorology. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1987. P. 185.
23. Agrarian climatic handbook of the Autonomous Republic of Crimea (1986–2005) // Ed. by Prudko A. I., Adamenko T. I. Simferopol: Central hydrometeorology in the Autonomous Republic of Crimea, 2011. 344 p.
24. Khomyakova T. V., Zoidze E. K. Agroclimatic estimate of soil droughts in European Russia (from surface data) // Meteorologiya i Gidrologiya. 2002. No. 9. P. 75–85.

UDC 633.15:631.5

Cherkashyna A. V., Sotchenko E. F.

**INFLUENCE OF PLANTING DATES AND PLANT DENSITY ON YIELD AND MOISTURE CONTENT OF THE KERNEL OF MAIZE AT THE HARVEST TIME UNDER NON-IRRIGATED CONDITIONS IN THE STEPPE ZONE OF THE CRIMEA**

*Summary.* In the light of increased aridity of the climate of the Crimean steppe zone, elements of the agricultural techniques for the non-irrigated cultivation of maize, such as early planting dates and optimal plant density, are of particular importance. The

aim of this work was to identify the optimal planting dates and plant density for an early maturing maize hybrid “Nur” in the steppe zone of Crimea (area having scarce water-resources). The experimental studies were carried out on the trial fields of the FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea” (located in the village of Klepinino, Krasnogvardeyskiy district, Republic of Crimea) from 2016 to 2019 according to the methodology for conducting field experiments with maize. The experimental design included the following options: planting dates (factor A) – April 5, 15 and 25; plant density (factor B) – 40; 50; 60; 70 thousand plants/ha; meteorological conditions of the years of research (factor C). The total area of the experimental plot – 50 m<sup>2</sup>, accounting – 25 m<sup>2</sup>. Field experiments were replicated four times. Soil – chernozems southern low-humus. Meteorological conditions in 2016 were characterized by increased moisture availability (Selyaninov Hydrothermal Coefficient (HTC) = 1.46). The average drought was observed in 2017 (HTC = 0.42). In 2018, we observed weak drought (HTC = 0.65) in 2019, water supply was insufficient (HTC = 0.86). On average, over the years of research, the duration of the “planting-emerging crops” period was the longest at the earliest planting date (April 5th) and amounted 20.5 days. The value of this indicator was 14 days when maize was planted on the 15th of April; April 25th – 12.3 days. In our studies, we established a close dependence between the grain yield and the conditions of the year, planting dates, plant density. Furthermore, their interaction was also established. The hydrothermal conditions of the year had the greatest impact on the grain yield (the share of this factor on the maize grain yield was 89.9 %). On average, over four years of research, the best planting date was April 15th, with a plant density of 60 thousand plants per hectare (yield – 1.97 t/ha, moisture content of the kernel at the harvest time – 15.1 %). The correlation between grain yield and the number of ears of maize per 100 plants in the experiment was close positive ( $r = 0.75$ ). The moisture content of the kernel varied from 10.0 to 25.5 % depending on the conditions of the year, planting dates and plant density. On average, in our research it was 14.95 %. The lowest value of this indicator was noted when maize was planted on April 15th with plant density of 40 and 50 thousand pieces/ha – 13.3 and 13.8 %.

**Keywords:** corn *Zea mays* L., yield, moisture content of the kernel at the harvest time, planting dates, plant density.

Черкашина Анна Владимировна, научный сотрудник лаборатории семеноводства и сортоизучения новых генотипов ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: cherkashyna\_a@niishk.ru.

Сотченко Елена Федоровна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции кукурузы на иммунитет ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы»; 357528 Ставропольский край, г. Пятигорск, ул. Ермолова, 14-Б; e-mail: 976067@mail.ru.

Cherkashyna Anna Vladimirovna, researcher of the Laboratory of seed growing and studying cultivars of new genotypes, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150 Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia; e-mail: cherkashyna\_a@niishk.ru.

Sotchenko Elena Fedorovna, Cand. Sc. (Biol.). leading researcher of the Department of breeding corn for immunity, FSBSI “All-Russian Research Institute of Corn”; 14-B Yermolova str., Pyatigorsk, Stavropol Krai, 357528, Russia; e-mail: 976067@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 15.09.2019.

Дата принятия к печати – 10.10.2019.

