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

№ 2 (22)

DOI:10.33952/2542-0720-2020-2-22

2020

ФГБУН «НИИСХ Крыма»

ТАВРИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК АГРАРНОЙ НАУКИ

научный журнал

ISSN 2542-0720

Главный редактор - Паштецкий В.С.
Зам. главного редактора - Дидович С.В.

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

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

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

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

Формат 60x84/8, усл. печ. л. 10.00
Заказ № 12А/10.
Тираж 500 экз.
Подписано к печати 11.12.2020.

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

Дата выхода: 14.12.2020.
Дизайн и верстка - Н.С. Овчаренко,
Е.А. Дунаева
© ФГБУН «НИИСХ Крыма», 2020.
© Авторы статей, 2020.
© Авторы иллюстраций, 2020.

№2 (22), 2020

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Аллахвердиев С.Р. оглы, д.б.н., профессор, академик РАЕ, академик АНИРР, ФГБОУ ВО «МГПУ»; Алексеева К.Л., к.с.-х.н., ФГБНУ "Федеральный научный центр овощеводства; Архипов М.В., д.б.н., профессор ФГБНУ АФИ, зам. директора СЗЦППО; Ахмедов А.Д., д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ»; Бабина Р.Д., к.с.-х.н., 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., професор ФГБОУ ВО «Горский ГАУ»; Ларина Г.Е., д.б.н., проф., ФГБНУ «ВНИИФ»; Лупян Е.А., д.т.н., ФГБУН «ИКИ РАН»; Мельничук Т.Н., д.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Митрофанова И.В., д.б.н., ФГБУН «НБС–ННЦ», профессор ФГБОУ ВПО «Уральский ГАУ»; Мишнёв А.В., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Моисеев К.Г., к.т.н., ФГБНУ АФИ; Надыкта В.Д., д.т.н., профессор, академик РАН, вице-президент ВПРС МОББ, чл.-корр. Академии технологических наук, директор ФГБНУ ВНИИБЗР; Невкрытая Н.В., к.б.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Немтинов В.И., д.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Остапчук П.С.,к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Паштецкий В.С., д.с-х.н., директор ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Плугатарь Ю.В., д.с.-х.н., директор ФГБУН «НБС-ННЦ»; Просянникова И.Б., к.б.н., Таврическая академия ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»; Серая Л.Г., к.б.н., ФГБНУ «ВНИИФ»; Сидякин А.И. к.б.н., доцент, ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»; Скипор О.Б., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Song J., Ph.D (candidate), King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang; Soytong K., Dr.Ph., president of Association of Agricultural Technology in Southeast Asia, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang; Соколенко О.Н., к.т.н., ФГБОУ ВО «КубГАУ им. И.Т. Трубилина»;Тарасенко В.С., д.г-м.н., профессор, ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Терлеев В.В., д.с.-х.н., профессор СПбПУ; Тимашёва Л.А., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; Тихонович И.А., д.б.н., академик РАН, директор ФГБНУ «ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии»; Ткаченко О.Б., д.б.н., ФГБУН «ГБС РАН»; Топунов А.Ф., д.б.н., профессор ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН; Турина Е.Л., к.с.-х.н., ФГБУН «НИИСХ Крыма»; 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»; Шеин Е.В., д.б.н., профессор ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова»; Шхагапсоев С.Х., д.б.н., профессор «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова».

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

Научный журнал «Таврический вестник аграрной науки»(“Taurida Herald of the AgrarianSciences“) основан в 2013 г. Официальный сайт журнала - http://tvan.niishk.ru/ Издание зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций Российской Федерации: ПИ № ФС 77-67084 от15.09.2016 г.

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

Founder – FederalState Budget Scientific Institution“ResearchInstitute of Agriculture of Crimea”,295493, Republic of Crimea, Smferopol, Kievskaya Str., 150.
E-mail: priemnaya@niishk.ru
Периодичность выхода научного журнала «Таврический вестник аграрной науки» - четыре раза в год. Подписной индекс - 65981

В журнале печатаются ранее не опубликованные работы проблемного, экспериментального и методического характера по важнейшим фундаментальным и прикладным направлениям биологической, сельскохозяйственной и технической науки.

С 22 марта 2018 г. журнал включен в утвержденный ВАК Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук. С 5 апреля 2020 г. журнал «Таврический вестник агарной науки» включен в ядро РИНЦ и в Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science (№674).

Тематические направления журнала:

Биологические науки 03.00.00:
03.02.00 – Общая биология
03.02.03 – Микробиология
03.02.14 – Биологические ресурсы
Сельскохозяйственные науки 06.00.00:
06.01.00 – Агрономия
06.01.01 – Общее земледелие
06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана земель
06.01.05 – Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений
Технические науки 05.00.00:
05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем
05.20.01 – Технология и средства механизации сельского хозяйства

Согласно договору с Научной электронной библиотекой eLIBRARY.RU №708-11/2015 от 09.11.2015 г. журнал включён в систему Российского индекса научного цитирования(РИНЦ).
Каждой статье, опубликованной в журнале, редакция издания присваивает идентификатор цифрового объекта DOI(Crossref).
Научный журнал «Таврический вестник аграрной науки»включен в международную базу данных Ulrich’s Periodicals Directory.
Материалы издания выборочно включаются в Международную систему научно-техническойинформации по сельскому хозяйству (AGRIS).

СОДЕРЖАНИЕ

Архипов М. В., Прияткин Н. С., Гусакова Л. П., Щукина П. А.
СВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТРУКТУРНОЙ ЦЕЛОСТНОСТИ ЗЕРНОВКИ С РЕАЛИЗАЦИЕЙ ЕЕ РОСТОВОГО ПОТЕНЦИАЛА 8

Беспалов Е. А., Волошин М. И., Костенкова Е. В.
ГУАР (*CYAMOPSIS TETRAGONOLOBA* (L.) TAUB.) В ПОЖНИВНОМ ПОСЕВЕ В ЗАПАДНОМ ПРЕДКАВКАЗЬЕ 17

Грунина Е. Н., Белова И. В., Глумова Н. В.
РАСТЕНИЯ РОДА *SYRINGA* L. – ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭФИРОМАСЛИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ 28

Гулянов Ю. А.
ПРЕДПОСЫЛКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИРОДОПОДОБНЫХ ПРИЁМОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В АГРОТЕХНОЛОГИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ 37

Елисеева Н. А.
НОВЫЙ СОРТ ДЫНИ КАЛАМИТА 50

Золотилова О. М., Невкрытая Н. В., Золотилов В. А., Коротких И. Н., Аникина А. Ю.
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ АНИСА ОБЫКНОВЕННОГО СОРТА АРТЕК В РАЗНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ 57

Косенко С. В.
РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ КОЛЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ 66

Кулинич Р. А.
СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ДОННИКА ЖЕЛТОГО ПРИ РАЗНЫХ СРОКАХ И СПОСОБАХ СЕВА В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СТЕПИ КРЫМА 73

Пахомов В. И., Брагинец С. В., Бахчевников О. Н., Рухляда А. И.
ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОЙ СУШКИ ЛЮЦЕРНЫ, СОЧЕТАЮЩЕЙ ДОСТОИНСТВА СВЧ-ВАКУУМНОГО И КОНВЕКТИВНОГО МЕТОДОВ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ 81

Петунина И. А., Коновалова О. В.
ЕСТЕСТВЕННЫЙ КОНВЕКТИВНЫЙ ПОТОК У ТЕЛА ПТИЦЫ КАК ИСТОЧНИК ТЕПЛА 97

Подгорная М. Е., Васильченко А. В., Диденко Н. А., Чернов В. В.
ВЛИЯНИЕ ИНСЕКТИЦИДА «ИНСЕГАР», ВДГ НА АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ, БИОХИМИЧЕСКИЕ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЛИВЫ 107

Прахова Т. Я.
ОЦЕНКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ РЫЖИКА ЯРОВОГО НА ПРОДУКТИВНОСТЬ 116

Радченко Л. А., Радченко А. Ф., Ганоцкая Т. Л., Алексеенко А. В.
ИЗУЧЕНИЕ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ СОРТОСМЕНЫ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ 125

Рыскалиева Б. Ж., Васильев Д. А., Феоктистова Н. А., Ляшенко Е. А.
РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ БАКТЕРИЙ *PECTOBACTERIUM CAROTOVORUM* 134

Соколенко Н. И., Комаров Н. М.
НОВЫЙ СОРТ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ ШТОРМ 143

Турин Е. Н.
ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ПРЯМОГО ПОСЕВА В МИРЕ (ОБЗОР) 150

Черкашина А. В.
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И МЕТЕОУСЛОВИЙ НА КОРМОВУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В НЕОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ КРЫМА 169

Чернов В. В., Подгорная М. Е.
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ДИМЕТОАТА В АГРОЦЕНОЗАХ ЯБЛОНИ 180

Якуба Г. В., Астапчук И. Л., Насонов А. И.
ДЕЙСТВИЕ ФУНГИЦИДОВ *IN VITRO* НА ГРИБЫ РОДА *FUSARIUM* LINK, ВЫЗЫВАЮЩИЕ ГНИЛЬ СЕРДЦЕВИНЫ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ 188

CONTENTS

Arkhipov M. V., Priyatkin N. S., Gusakova L. P., Shchukina P. A.
RELATIONSHIP BETWEEN THE INDICATORS OF STRUCTURAL WHOLENESS OF A CARYOPSIS AND REALIZATION ITS GROWTH POTENTIAL 8

Bespalov E. A., Voloshin M. I., Kostenkova E. V.
CYAMOPSIS TETRAGONOLOBA (L.) TAUB. IN AFTERHARVEST SOWING IN THE WESTERN PRE-CAUCASUS AREA 17

Grunina E. N., Belova I. V., Glumova N. V.
PLANTS OF THE GENUS *SYRINGA* L. – PROMISING RAW MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF ESSENTIAL OIL PRODUCTS 28

Gulyanov Yu. A.
BACKGROUND AND PROSPECTS FOR THE IMPLEMENTATION OF NATURE-LIKE CULTIVATION TECHNIQUES IN THE AGROTECHNOLOGIES OF THE STEPPE ZONE OF ORENBURG URALS 37

Eliseeva N. A.
'KALAMITA' – NEW VARIETY OF MELON 50

Zolotilova O. M., Nevkrytaya N. V., Zolotilov V. A., Korotkikh I. N., Anikina A.Yu.
ENVIRONMENTAL TESTING OF *ANISUM VULGARE* VARIETY 'ARTEK' IN DIFFERENT REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION 57

Kosenko S. V.
RESULTS OF STUDYING COLLECTION MATERIAL OF WINTER SOFT WHEAT UNDER CONDITIONS OF FOREST-STEPPE OF THE MIDDLE VOLGA REGION 66

Kulinich R. A.
SEED PRODUCTIVITY OF YELLOW SWEET CLOVER DEPENDING ON PLANTING DATES AND METHOD OF SOWING IN THE CENTRAL STEPPE OF THE CRIMEA 73

Pakhomov V. I., Braginets S. V., Bakhchevnikov O. N., Rukhlyada A. I.
JUSTIFICATION OF THE TECHNOLOGY OF ALFALFA COMBINED DRYING JOINING ADVANTAGES OF MICROWAVE-VACUUM AND CONVECTIVE METHODS OF DEHYDRATION 81

Petunina I. A., Konovalova O. V.
NATURAL CONVECTIVE FLOW NEAR THE BIRD'S BODY AS A SOURCE OF HEAT 97

Podgornaya M. E., Vasilchenko A. V., Didenko N. A., Chernov V. V.
INFLUENCE OF INSECTICIDE "INSEGAR", WATER-SOLUBLE GRANULES ON AGROBIOLOGICAL, BIOCHEMICAL AND TOXICOLOGICAL INDICATORS OF PLUM FRUITS 107

Prakhova T. Ya.
EVALUATION OF SPRING CAMELINA SOURCE MATERIAL FOR SELECTION ON PRODUCTIVITY 116

Radchenko L. A., Radchenko A. F., Ganotskaya T. L., Alekseenko A. V.
STUDY OF THE WINTER WHEAT VARIETIES FOR VARIETY CHANGING IN THE REPUBLIC OF CRIMEA 125

Ryskaliyeva B. Zh., Vasilyev D. A., Feoktistova N. A., Lyashenko E. A.
DEVELOPMENT AND TESTING OF THE BACTERIOLOGICAL SCHEME OF IDENTIFICATION OF BACTERIA *PECTOBACTERIUM CAROTOVORUM* 134

Sokolenko N. I., Komarov N. M.
'SHTORM' – NEW VARIETY OF WINTER BARLEY 143

Turin E. N.
ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF NO-TILL FARMING AROUND THE WORLD (REVIEW) 150

Cherkashyna A. V.
INFLUENCE OF ELEMENTS OF CULTIVATION TECHNOLOGY AND WEATHER CONDITIONS ON FORAGE PRODUCTIVITY OF MAIZE HYBRIDS UNDER NON-IRRIGATED CONDITIONS IN THE STEPPE ZONE OF THE CRIMEA 169

Chernov V. V., Podgornaya M. E.
REGULARITIES OF TRANSFORMATION OF DIMETHOATE IN AGROCENOSES OF APPLE 180

Yakuba G. V., Astapchuk I. L., Nasonov A. I.
IN VITRO ACTION OF FUNGICIDES ON FUNGI OF THE GENUS *FUSARIUM* LINK CAUSING CORE ROT OF APPLE-FRUIT 188

DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-8-16
УДК 631.53.01: 633.1: 621.386.8

Архипов М. В.[1,2], Прияткин Н. С.[1], Гусакова Л. П.[1], Щукина П. А.[1,2]

СВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТРУКТУРНОЙ ЦЕЛОСТНОСТИ ЗЕРНОВКИ С РЕАЛИЗАЦИЕЙ ЕЕ РОСТОВОГО ПОТЕНЦИАЛА

[1]ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»;
[2]ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения»

Реферат. *Цель работы – исследование связи структурной целостности зерновки злаковых культур, оцениваемой методом рентгенографии по наличию скрытых дефектов, с интенсивностью начального роста проростков для более точной оценки степени биологической полноценности и хозяйственной пригодности семян. Представлены экспериментальные данные, полученные на примере семян семи сортов ячменя и многолетних трав (овсяницы и райграса), сформированных в различных хозяйствах Ленинградской области в 2016–2017 гг. У образцов семян с помощью рентгенографии выявляли такие внутренние дефекты зерновки, как щуплость, энзимо-микозное истощение семян (ЭМИС), трещиноватость и скрытое прорастание. Далее семена в лабораторных условиях проращивали согласно ГОСТ 12038-84 и определяли их всхожесть и линейные параметры ростка и корня. Сопоставляли данные проращивания с показателями рентгенографического анализа. Установлено, что самые высокие значения скрытой поврежденности семян ячменя наблюдали для показателя трещиноватости. Так, у семян сорта Криничный она варьировала от 17 до 91 %, Ленинградский – от 24 до 87 %, Гонар – от 43 до 70 %. Другие внутренние дефекты были меньше и составляли: для ЭМИС – 39 %, щуплости – 28 % и скрытого прорастания – 17 %. Показано, что у образцов с наибольшим суммарным количеством выявленных внутренних дефектов всхожесть (52 %) и длина проростков (78 мм) были наименьшими. Аналогичную тенденцию наблюдали и для семян злаковых трав. Дальнейшее представление комплекса этих показателей в виде разработки паспортов для семян (морфометрического и рентгенографического) и для проростков (морфофизиологического) позволит использовать их в комплексе неинвазивных (в частности, рентгенографические) и традиционных показателей качества семян для более достоверного контроля их в промышленном семеноводстве.*

Ключевые слова: *семена злаковых культур, рентгенографический анализ, структурная целостность зерновки, интенсивность прорастания.*

Введение

Качество семян зависит от целого ряда экзогенных и эндогенных факторов среды обитания растений, суммарное влияние которых проявляется в нарушении структурной целостности зерновки (внешней и внутренней). Тестовыми характеристиками жизнеспособности семян являются показатели интенсивности их прорастания, в частности, энергии прорастания и всхожести, во многом зависящие от показателей структурной целостности зерновки. Сельскохозяйственных производителей семян и зерна не всегда устраивает усредненная характеристика партии, которая не дает возможность выявлять разное соотношение в ней фракций сильных, слабых семян и семян, относящихся к группе «риска», что не всегда позволяет достаточно надежно осуществлять прогноз потенциальной полевой всхожести партий семян в целом. Реализация индивидуальных особенностей семян проявляется в различной интенсивности роста проростков для каждой фракции в отдельности, а суммарный результат представляет собой интегральную характеристику, позволяющую осуществлять более точный прогноз полевой

всхожести партии семян [1]. Важную дополнительную информацию о внутреннем статусе зерновки, ее целостности, наличии аномалий развития и приобретенных дефектов, влияющих на хозяйственную ценность партии семян, дает рентгеновский снимок [2].

Так, на семенах ячменя Криничный [3] рентгенографическим методом были выделены фракции как без дефектов – биологически полноценные семена, так и с нарушениями внутренней структуры. Показано, что отставание в росте корней наблюдается практически у всех фракций с внутренними повреждениями, начиная с третьих суток, а в росте ростков – с пятых–седьмых суток. На семенах злаковых кормовых трав отставание темпов начального роста как корня, так и ростка у выявленных дефектных семян наблюдали в более поздний период проращивания [4]. Исследование наличия скрытых аномалий и дефектов и их связи с начальными процессами прорастания проводили также и на семенах овощных культур [5]. Следует отметить, что работы зарубежных исследований по обозначенной тематике касаются в основном выявления внутренних дефектов с помощью рентгенографии у семян злаковых зерновых культур [6–7], древесных пород [8], овощных культур [9–10] и имеются единичные работы по исследованию связи анализа рентгенографических изображений и всхожести семян – на овощных [11] и диких видах растений [12].

В настоящее время системные исследования по оценке влияния скрытой поврежденности структуры семян зерновых культур, полученных в условиях индустриального семеноводства, на реализацию их ростового потенциала проводят, в основном, отечественные ученые [13, 14]. Данные работы требуют дальнейшего расширения и углубления как в фундаментальном, так и в прикладном направлениях. Использование для этих целей метода рентгенографии и методик оценки показателей интенсивности роста проростков представляется важным инструментом для более эффективного решения поставленных перед отечественным семеноводством задач, обозначенных в современной Доктрине продовольственной безопасности РФ и в частности для обеспечения АПК отечественным семенным материалом на уровне не менее 75 %.

Отечественные машинные технологии, обеспечивающие уборку, сушку и послеуборочную подработку семенного материала, приводят к возникновению в семенах различного рода нарушений внешних и внутренних структур зерновки, причём доля скрытых дефектов может в пять–семь раз превосходить таковую для внешних повреждений. Системной информации о степени скрытой поврежденности производственных партий семян крайне недостаточно.

Цель исследований – выявление связи структурной целостности зерновки, оцениваемой по наличию скрытых дефектов, с интенсивностью начального роста проростков для более точной оценки степени биологической полноценности и хозяйственной пригодности семян.

Данные исследования позволят в определённой степени восполнить имеющийся пробел, так как они отражают степень скрытой травмированности партий семян различных сортов, лет, мест репродукции, используемых технологий выращивания, уборки и послеуборочной подработки семенного материала.

Материалы и методы исследований

Объекты исследования – семена ячменя различных сортов (Белогорский, Гонар, Криничный, Ленинградский, Северянин, Скарлетт и Суздалец), районированных в Северо-Западном регионе, и злаковых трав овсяницы и райграса, сформированных в 2016–2017 гг. в условиях Ленинградской области. Для выявления скрытых повреждений в структуре семени использовали рентгендиагностическую установку «ПРДУ-02» [2, 15]. Оценивали следующие рентгеновские признаки: для семян сортов Криничный, Ленинградский и Суздалец – трещиноватость, энзимо-микозное

истощение семян (ЭМИС) и скрытое прорастание; для сорта Белогорский – трещиноватость и щуплость; для пивоваренных сортов ячменя Гонар и Скарлетт наряду с трещиноватостью и ЭМИС дополнительно учитывали дефектность зародыша. Семена злаковых трав по рентгеновским признакам ранжировали на 3 группы – пустые, недоразвитые и биологически полноценные. Для исследований брали пробы по 100 семян в трехкратной повторности – всего по 300 шт. Проращивание проводили в лабораторных условиях рулонным способом согласно ГОСТ 120038-84 [16]. Вычисление статистических характеристик выборки при исследовании качественных признаков проводили по Б. А. Доспехову [17].

Результаты и их обсуждение

Показано, что высокий уровень скрытой трещиноватости – у образцов № 1 и 8 – 91 % и 87 % соответственно, партий семян отражается в снижении показателя всхожести до 52 % и 67 % соответственно (таблица 1). Из восьми проанализированных образцов лишь два (№ 3 и № 7) с невысокой величиной трещиноватости (17 % и 24 % соответственно) обеспечили всхожесть, удовлетворяющую требованиям стандарта, предъявляемого к посевным качествам семян – 87 % и более.

Таблица 1 – Показатели рентгенографического анализа и всхожести образцов семян из партий ячменя сорта Криничный и Ленинградский (среднее за 2016–2017 гг.)*

Номер образца	Образец, принадлежность к категории	Трещиноватость, %	ЭМИС**, %	Скрытое прорастание, %	Всхожесть, %
Сорт Криничный					
1	Супер элита	91 ± 4	12 ± 2	2 ± 0,5	52 ± 3
2	Первая репродукция, вариант 1	26 ± 3	14 ± 2	0	84 ± 3
3	Первая репродукция, вариант 2	17 ± 2	28 ± 3	0	87 ± 3
4	Вторая репродукция	32 ± 3	25 ± 3	0	69 ± 3
Сорт Ленинградский					
5	Элита, вариант 1	31 ± 3	26 ± 3	10 ± 1	83 ± 3
6	Элита, вариант 2	36 ± 3	39 ± 3	6 ± 1	85 ± 3
7	Элита, вариант 3	24 ± 3	9 ± 1	0	92 ± 2
8	Первая репродукция	87 ± 4	35 ± 3	48 ± 4	67 ± 3

Примечание. ** Данные представлены в виде доверительного интервала генеральной средней – $\bar{x} \pm ts_{\bar{x}}$; ** ЭМИС – энзимо-микозное истощение семян.*

Высокая трещиноватость (68 %) отмечена также для семян сорта Белогорский у образца № 3 (таблица 2).

Таблица 2 – Рентгенографическая оценка семян ячменя сорта Белогорский урожая 2017 г.*

Номер образца	Номер партии	Район выращивания	Без трещин, %	Сильно трещиноватые, %	Щуплые, %	Разрушенные, %
1	37, первая репродукция	Гатчинский	100 ± 5	0	28 ± 3	0
2	Б/н, суперэлита	Гатчинский	96 ± 5	4 ± 1	13 ± 2	0
3	71, первая репродукция	Лужский	12 ± 2	68 ± 3	4 ± 1	1 ± 0,5
4	72, первая репродукция	Лужский	15 ± 2	52 ± 4	22 ± 3	0
5	117, вторая репродукция	Кингисеппский	12 ± 2	44 ± 4	17 ± 3	2 ± 0,5

Примечание. ** Данные представлены в виде доверительного интервала генеральной средней – $\bar{x} \pm ts_{\bar{x}}$*

Важно отметить, что образец № 1 этого сорта характеризовался полным отсутствием в партии семян со скрытыми трещинами. Это может свидетельствовать

об оптимальном режиме послеуборочной доработки, в данном случае, сушки, однако для этого же образца зарегистрирован высокий уровень внутренней щуплости, который, наоборот, может отражать неоптимальность условий выращивания и сроков уборки для обеспечения полноценного созревания семян. В других образцах этого сорта трещиноватость варьировала от 4 % до 68 %, а щуплость – от 4 % до 28 %, то есть идентифицированный показатель щуплости был примерно в 2–3 раза ниже трещиноватости.

Особый интерес представляют исследования семян злаковых трав, так как работ в этом плане проведено меньше, чем для зерновых культур. Наши эксперименты по оценке нарушений структурной целостности семян в этих образцах позволили выделить три фракции семян – биологически полноценно развитые, недоразвитые и пустые. Установлено, что образцы № 2 и № 4 с самой высокой долей недоразвитых семян – 36 % и 34 %, характеризовались и самой низкой всхожестью – 20 % и 45 % соответственно (таблица 3).

Таблица 3 – Рентгенографический анализ партий семян овсяницы и райграса (среднее за 2016–2017 гг.)*

Номер образца	Культура, номер партии	Доля дефектных семян, %			Всхожесть, %
		пустых	недоразвитых	биологически полноценных	
1	Овсяница, 33	14 ± 2	18 ± 3	68 ± 3	60 ± 3
2	Овсяница, 59	2 ± 0,5	36 ± 3	62 ± 3	20 ± 2
3	Овсяница, 68	1 ± 0,5	25 ± 3	74 ± 4	80 ± 4
4	Райграс, 64	6 ± 2	34 ± 3	60 ± 3	45 ± 4
5	Райграс, 65	2 ± 0	14 ± 2	86 ± 4	80 ± 3
6	Райграс, 66	0	2 ± 0,5	98 ± 5	80 ± 3

Примечание. ** Данные представлены в виде доверительного интервала генеральной средней –* $\bar{x} \pm ts_{\bar{x}}$

Для получения биологически полноценных семян крайне важным является соблюдение рекомендаций по технологиям выращивания злаковых культур и соблюдения сроков их своевременной уборки. Данные на примере семян пивоваренного ячменя еще раз подтверждают тот факт, что высокий показатель скрытой трещиноватости наиболее сильно влияет на ростовой потенциал. Так, образец № 3 с показателем трещиноватости 70 % характеризуется самыми низкими показателями всхожести и длины ростка – 58 % и 72 мм соответственно (таблица 4).

Таблица 4 – Рентгенографический анализ различных сортов пивоваренного ячменя (среднее за 2016–2017 гг.)*

Номер образца	Вариант	Сильно трещиноватые, %	ЭМИС, % **	Дефекты зародыша, %	Всхожесть, %	Длина ростка, мм
1	Сорт Гонар вариант 1	43 ± 4	38 ± 4	7 ± 2	88 ± 4	86 ± 2
2	Сорт Гонар вариант 2	59 ± 4	31 ± 3	9 ± 2	84 ± 3	80 ± 2
3	Сорт Гонар вариант 3	70 ± 4	30 ± 3	11 ± 2	58 ± 3	72 ± 3
4	Сорт Скарлетт вариант 1	23 ± 3	12 ± 2	7 ± 2	92 ± 5	101 ± 4

Примечание. ** данные представлены в виде доверительного интервала генеральной средней –* $\bar{x} \pm ts_{\bar{x}}$*;*
*** ЭМИС – энзимо-микозное истощение семян.*

Совместно с НИИСХ «Белогорка» проведен эксперимент по оценке влияния режима сушки на ромбической сушилке для различных сортов ячменя, районированных в Ленинградской области, на их скрытую поврежденность (таблица 5). Наименьшая трещиноватость при сушке семян отмечена у сорта Ленинградский (29 %), он же характеризовался и самым высоким показателем длины зародышевого корня – 142 мм.

Семена ячменя сорта Суздалец, элита, выращивание которых требует особых требований, предъявляемым к технологиям производства семян высоких репродукций, формировали самое крупное зерно – масса 1000 зерен 45 г, и характеризовались большей длиной корня по сравнению с семенами более низких репродукций. У образца № 3 семян рядовых репродукций, у которого суммарное содержание выявленных дефектов было выше, обнаружили и самые низкие значения длины корня (таблица 6).

Таблица 5 – Рентгенографический и морфофизиологический анализ различных сортов ячменя урожая 2017 г.

Номер образца	Сорт	Сильно трещиноватые, %	Длина зародышевых корней, мм	Длина ростка, мм
1	Белогорский	46 ± 4	113 ± 4	148 ± 6
2	Криничный	49 ± 4	113 ± 4	155 ± 6
3	Ленинградский	29 ± 3	142 ± 6	150 ± 6
4	Северянин	41 ± 4	115 ± 4	143 ± 5

Примечание. ** Данные представлены в виде доверительного интервала генеральной средней – $\bar{x} \pm ts_{\bar{x}}$;*

Таблица 6 – Рентгенографические показатели семян ячменя сорта Суздалец урожая 2017 г. и морфофизиологические характеристики проростков

Номер образца	Вариант	Сильно трещиноватые, %	ЭМИС, %**	Скрытое прорастание, %	Масса 1000 зерен, г	Длина корня, мм
1	Бокситогорский, третья репродукция	26 ± 3	20 ± 3	11 ± 2	35 ± 2	120 ± 5
2	Киришский, элита	29 ± 3	29 ± 3	17 ± 2	45 ± 4	127 ± 5
3	Ломоносовский, вторая репродукция	49 ± 4	53 ± 4	8 ± 2	41 ± 4	109 ± 4

Примечание. ** Данные представлены в виде доверительного интервала генеральной средней – $\bar{x} \pm ts_{\bar{x}}$;*
*** ЭМИС – энзимо-микозное истощение семян.*

Анализ результатов позволяет сделать общий вывод о том, что для различных сортов и репродукций производственных партий ячменя, полученных в различных районах Ленинградской области, одним из существенных показателей, влияющих на их ростовой потенциал и определяющий степень хозяйственной пригодности, является рентгенографический показатель скрытой трещиноватости. Используемые в контрольно-семенном деле традиционные методы оценки посевных кондиций семян не ориентированы на детальную оценку показателя интенсивности начального роста проростков, а учитывают лишь число взошедших семян в лабораторных условиях, что не позволяет осуществить точный прогноз потенциальной полевой всхожести. Изучаемая в наших исследованиях связь рентгенографических показателей скрытой поврежденности структуры зерновки с показателями интенсивности прорастания даёт возможность проводить раннюю и более точную оценку степени хозяйственной пригодности партий семян с учётом их внутренней травмированности, чем с помощью традиционных методов проращивания. Анализ состояния исследований в области семенного контроля показывает, что семеноводы и селекционеры должны более тесно проводить совместные работы для осуществления комплексной оценки качества семян. Ученые нуждаются в новых разработках, дающих детальную информацию о подлинности сорта, биологической полноценности и хозяйственной пригодности семян различных сортов.

В настоящее время развитие исследований требует разработки современных показателей для описания подлинности сорта и качества семенного материала. Так, в ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт

генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» расширяют работы по проведению паспортизации коллекционных образцов семян, характеризующих подлинность сорта на основе молекулярно-генетических характеристик. Для оценки качества семян как целостного растительного организма, на наш взгляд, требуется соответствующая паспортизация на основе морфометрических, рентгенографических и морфофизиологических показателей.

Молекулярно-генетические характеристики, используемые для оценки сортовых особенностей, не могут быть реализованы при создании методик оценки качества семян, так как потенциальная продуктивность относится к категории, реализуемой на уровне целостного растительного организма. Поэтому в области семенного контроля целесообразно, наряду с традиционными стандартами, проводить разработку методик и использовать соответствующий инструментарий, для получения дополнительной информации и более детального описания структуры семян, коррелирующей с их биологическими и хозяйственными характеристиками. Для этих целей предлагается использовать новый методический подход, дающий возможность получать более полную информацию о качестве семян на основе морфометрических, рентгенографических и морфофизиологических показателей, представленных в виде соответствующих паспортов.

Так, разработка морфометрического паспорта зерновки требует учета следующих показателей: сорт, место и год репродукции, срок уборки и длительность послеуборочного дозревания, режимы и сроки хранения, режимы и типы предпосевных физико-химических обработок, масса, размер, выполненность и так далее.

Разработка рентгенографического паспорта зерновки позволяет характеризовать нарушение целостности внутренних структур по следующим показателям: сильная трещиноватость, невыполненность зерновки, энзимо-микозное истощение, скрытое прорастание, поврежденность клопом вредная черепашка или вредителями запаса, дефекты и аномалии в развитии зародыша.

Разработка морфофизиологического паспорта позволит получать более детальную информацию о величине ростового потенциала (длине корня и ростка, согласованности роста корня и ростка, темпов прорастания и др.).

В заключение следует отметить, что сбор и систематизация подробной информации, характеризующей качественные показатели семян на основе традиционных методик и новых подходов, учитывающих дополнительные показатели, такие как структурные нарушения зерновки, сопряженные с более детальным учётом динамики ростовых показателей проростков, являются крайне необходимыми. Такой подход позволит сформировать комплексную базу данных о биологической полноценности и хозяйственной пригодности партий семян, разработать соответствующие нормативные документы, необходимые в современном контрольно-семенном деле. Решение этой задачи обеспечит возможность проведения отбора партий семян, в том числе и для страховых запасов, имеющих, в частности минимальный уровень скрытой поврежденности; а также корректировать на всех этапах выращивания и производства семян степень скрытой травмированности, влияющую на их хозяйственную пригодность, и давать оценку сортам и получаемым в разных регионах страны семенам с точки зрения их пригодности для целей промышленного семеноводства. Все это позволит при соответствующем научном сопровождении сделать отечественное семеноводство конкурентоспособным на мировом рынке семян.

Выводы

Установлено, что нарушение структурной целостности зерновки приводит к снижению ее ростового потенциала. Использование метода рентгенографии дает

возможность выявить и идентифицировать основные типы скрытых повреждений и аномалий без снижения жизнеспособности исследуемых семян.

Показано, что для исследуемых образцов семян ячменя разных партий, сортов и репродукций самым распространенным является показатель скрытой трещиноватости, который достигает максимальной величины – 92 %. Максимальные значения для других выявленных типов повреждений следующие: для ЭМИС – 53 %, для скрытого прорастания – 48 %, для скрытой щуплости – 28 %. Для партий семян злаковых трав максимум выявленных недоразвитых семян достигает 36 %, что приводит к снижению показателя всхожести до 20 %.

Установлено, что максимальное снижение всхожести и ростовых показателей наблюдается у образцов семян из партий ячменя с показателем трещиноватости в диапазоне 70–91 %.

Показано, что рентгенографический анализ скрытой поврежденности производственных партий семян (в том числе и в период послеуборочного дозревания) позволяет отбирать для посева наиболее хозяйственно пригодные с минимальной долей семян, имеющих скрытые дефекты и аномалии.

Использование комплекса неинвазивных и традиционных методов оценки качества семян позволит разработать морфометрический, рентгенографический паспорта семян и морфофизиологический паспорт проростков; на этой основе создать новую нормативную базу для оценки хозяйственной пригодности семян и реализовать цифровой подход в контрольно-семенном деле.

Литература

1. Бухаров А. Ф., Балеев Д. И., Бухарова А. Р. Кинетика прорастания семян. Методы исследования и параметры // Известия ТСХА. 2017. Вып. 2. С. 5–19.

2. Архипов М. В., Потрахов Н. Н. Микрофокусная рентгенография растений. СПб.: Технолит, 2008. 192 с.

3. Гусакова Л. П. Типы дефектов семян ячменя, выявляемые рентгенографическим методом, и их агробиологическое значение // Докл. РАСХН. 2004. № 6. С.15–17.

4. Гусакова Л. П., Архипов М. В. Рентгенографическая оценка внутренних дефектов семян кормовых трав // Докл. РАСХН. 2008. № 1. С. 17–19.

5. Мусаев Ф. Б., Потрахов Н. Н., Архипов М. В. Рентгенография семян овощных культур. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. 206 с.

6. Cicero S. M., Van der Heijden G. W. A. M., Van der Burg W. J., Bino R. J. Evaluation of mechanical damage in seeds of maize (*Zea mays* L.) by X-ray and digital imaging // Seed Sci. Technol. 1998. Vol. 26. No. 1. P. 603–612.

7. Grodek J., Grundas S. Attempt of automatic X-ray image analysis for detection of cereal grain damage. // Proceedings of the 6th International workshop for young scientists “BioPhys”. Poland: Lublin, 2007. P. 27–30.

8. Kamra S. K. Use of X-ray radiography for studying seed quality in tropical forestry // Studia Forestalia Suecica. 1976. No. 131. P. 3–34.

9. Marcos-Filho J., Gomes-Junior F. G., Bennett M.A., Wells, A.A. and Stieve, S. Using Tomato Analyzer software to determine embryo size in X-rayed seeds // Revista Brasileira de Sementes. 2010. Vol. 32. P. 146–153. DOI: 10.1590/S0101-31222010000200018.

10. Gomes-Junior F. G., Yagushi J. T., Belini U. L., Cicero S. M., Tomazello-Filho M. X-ray densitometry to assess internal seed morphology and quality // Seed Sci. & Technol. 2012. Vol. 40. No. 1. P. 102–107.

11. Dell’Aquila A. Pepper seed germination assessed by combined X-radiography and computer-aided imaging analysis. Biologia Plantarum. 2007. Vol. 51. P. 777–781.

12. Al Turki T. A., Baskin C. C. Determination of seed viability of eight wild Saudi Arabian species by germination and X-ray tests // Saudi Journal of Biological Sciences. 2017. Vol. 24. Iss. 4. P. 822–829.

13. Архипов М. В., Потрахов Н. Н., Прияткин Н. С., Гусакова Л. П., Щукина П. А., Борисова Н. Р. Неинвазивные технологии экспресс-оценки и отбора биологически полноценных семян для выращивания растительной продукции в вегетационно-облучательном оборудовании нового типа. Методические указания. СПб.: АФИ, 2019. 56 с.

14. Архипов М. В., Прияткин Н. С., Гусакова Л. П. Выявление скрытой дефектности семян зерновых культур методом микрофокусной рентгенографии // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 3(15). С. 8–14. DOI: 10.25637/TVAN.2018.03.01.

15. Потрахов Н. Н., Белецкий С. Л., Архипов М. В. Аппаратно-программный комплекс для контроля качества зерна на основе передвижной рентгенодиагностической установки ПРДУ-2 // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 4 (16). С. 152–159. DOI: 10.25637/TVAN2018.04.

16. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: Издательство стандартов, 1985. 58 с.

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

References

1. Bukharov A. F., Baleev D. I. Bukharova A. R. Kinetics of seed germination. Research methods and parameters // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA). 2017. Iss. 2. P. 5–19.

2. Arkhipov M. V., Potrakhov N. N. Microfocus radiography of plants. Saint-Petersburg: Technolit, 2008. 192 p.

3. Gusakova L. P. Types of defects of barley seeds detected by x-ray method and their agrobiological value // Reports of RAAS. 2004. No. 6. P. 15–17.

4. Gusakova L. P., Arkhipov M. V. Radiographic assessment of internal defects of seeds of fodder grasses // Reports of RAAS. 2008. No. 1. P. 17–19.

5. Musaev F. B., Potrakhov N. N., Arkhipov M. V. X-ray screening of seeds of vegetable cultures. Saint-Petersburg: Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”, 2016. 206 p.

6. Cicero S. M., Van der Heijden G. W. A. M., Van der Burg W. J., Bino R. J. Evaluation of mechanical damage in seeds of maize (*Zea mays* L.) by X-ray and digital imaging // Seed Sci. Technol. 1998. Vol. 26. No. 1. P. 603–612.

7. Grodek J., Grundas S. Attempt of automatic X-ray image analysis for detection of cereal grain damage // Proceedings of the 6th International workshop for young scientists “BioPhys”. Poland: Lublin, 2007. P. 27–30.

8. Kamra S. K. Use of X-ray radiography for studying seed quality in tropical forestry // Studia Forestalia Suecica. 1976. No. 131. P. 3–34.

9. Marcos-Filho J., Gomes-Junior F. G., Bennett M. A., Wells A. A., Stieve, S. Using Tomato Analyzer software to determine embryo size in X-rayed seeds // Revista Brasileira de Sementes. 2010. Vol. 32. No. 2. P. 46–153. DOI: 10.1590/S0101-31222010000200018.

10. Gomes-Junior F. G., Yagushi J. T., Belini U. L., Cicero S. M., Tomazello-Filho M. X-ray densitometry to assess internal seed morphology and quality // Seed Sci. & Technol. 2012. Vol. 40. No. 1. P. 102–107.

11. Dell’Aquila A. Pepper seed germination assessed by combined X-radiography and computer-aided imaging analysis // Biologia Plantarum. 2007. Vol. 51. P. 777–781.

12. Al Turki T. A., Baskin C. C. Determination of seed viability of eight wild Saudi Arabian species by germination and X-ray tests // Saudi Journal of Biological Sciences. 2017. Vol. 24. Iss. 4. P. 822–829.

13. Arkhipov M. V., Potrakhov N. N., Priyatkin N. S., Gusakova L. P., Shchukina P. A., Borisova N. R. Non-invasive technology rapid assessment and selection of biologically high-quality seeds for growing in the vegetation-irradiation equipment of the new type. Methodical instructions. Saint-Petersburg: AFI, 2019. 56 p.

14. Arkhipov M. V., Priyatkin N. S., Gusakova L. P. Detection of hidden defects in the seeds of grain crops by the method of microfocus X-ray // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2018. No. 3(15). P. 8–14. DOI: 10.25637/TVAN.2018.03.01.

15. Potrakhov N. N., Beletsky S. L., Arkhipov M. V. Hardware and software complex for grain quality control based on the mobile X-ray diagnostic unit PRDU-2 // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2018. No. 4(16). P. 152–159. DOI:10.25637/TVAN2018.04.

16. GOST 12038-84. Agricultural seeds. Methods for determination of germination. Moscow: Publishing house of standards, 1985. 58 p.

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

UDC 631.53.01: 633.1: 621.386.8

Arkhipov M. V., Priyatkin N. S., Gusakova L. P., Shchukina P. A.

RELATIONSHIP BETWEEN THE INDICATORS OF STRUCTURAL WHOLENESS OF A CARYOPSIS AND REALIZATION ITS GROWTH POTENTIAL

Summary. *The aim of this work was to investigate the relationship between the structural wholeness of a caryopsis of cereal crops assessed by X-ray imaging to reveal hidden defects and the intensity of the initial growth of seedlings for a more accurate assessment of the degree of biological completeness and economic suitability of seeds. Experimental data obtained on the example of seeds of seven varieties of barley and*

perennial grasses (Fescue and Arrhenatherum elatius) grown on various farms of the Leningrad region in 2016-2017 are presented. The experimental design was as follows: in the obtained seed samples, internal grain damage such as thin (empty) seeds, enzyme mycosis depletion, various levels of endosperm fissuring and hidden germination were detected by X-ray imaging. Then, seeds were sprouted according to GOST 12038-84 under laboratory conditions; the germination of seeds and linear parameters of shoots and roots were determined. Germination data were compared with X-ray analysis. The highest values of hidden damage were observed for the endosperm fissuring indicator. Thus, for seeds of 'Krynichniy' cultivar, it varied from 17 to 91 %, for 'Leningradskiy' – from 24 to 87 %, for 'Gonar' – from 43 to 70 %. The maximum values of other internal defects were lower, namely 39 % for enzyme mycosis depletion, 28 % for thin (empty) seeds and 17 % for hidden germination. The samples with the highest total number of revealed internal defects had the lowest level of germination (52 %) and seedling length (78 mm). A similar situation was observed for the seeds of the studied perennial grasses. Further presentation of the complex of these indicators in the form of development of certificates for seeds (morphometric and radiographic) and seedlings (morphological and physiological) will allow using it for more reliable control of the complex non-invasive (in particular, radiographic) and traditional indicators of seed quality in industrial seed production.

***Keywords**: seeds of cereal crops, x-ray radiography analysis, structural wholeness of caryopsis, intensity of germination.*

Архипов Михаил Вадимович, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»; 195220, Россия, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14; e-mail: prini@mail.ru; заместитель директора, ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения», 196608, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ш. Подбельского, 7; e-mail: szcentr@bk.ru.

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

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

Щукина Полина Алексеевна, инженер, ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», 195220, Россия, г. Санкт-Петербург, Гражданский проспект, 14; ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения», 196608, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ш. Подбельского, 7; e-mail:art122@bk.ru.

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

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

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

Shchukina Polina Alekseevna, engineer, FSBSI "Agrophysical Research Institute"; 14, Grazhdanskiy ave., Saint-Petersburg, 195220, Russia; e-mail: art122@bk.ru.

Дата поступления в редакцию – 13.01.2020.
Дата принятия к печати – 12.06.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-17-27

УДК 631.874.4

Беспалов Е. А.[1], Волошин М. И.[2], Костенкова Е. В.[3]

Гуар (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) в пожнивном посеве в Западном Предкавказье

[1]ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»;
[2]АО «Агрообъединение «Кубань»;
[3] ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. *В статье представлены результаты исследований, свидетельствующие о возможности использования гуара в качестве пожнивной культуры в зерно-пропашных севооборотах Западного Предкавказья, что способствует восстановлению плодородия черноземов. Эксперименты проводили в 2016–2019 гг. на сорте Синус. Посев осуществляли сеялкой «РС 1М» нормой 12 кг/га (14 шт./м) в четырехкратной повторности широкорядным способом (0,45 м) с глубиной заделки семян 5–6 см. Предшественник – озимый ячмень, площадь учетной делянки – 25 м^2. Зеленую массу убирали косилкой «АВМ 875». Содержание сырого протеина в сухом веществе определяли по ГОСТ 13496.4-93, фосфора – по ГОСТ 26657-97, сырой клетчатки – по ГОСТ 31675-2012. В 2017–2018 гг. изучали влияние глубины заделки семян (2; 4; 6; 8 и 10 см) на полевую всхожесть растений на сорте Синус (масса 1000 семян – 37 г) и линии ТГ 18 (масса 1000 семян – 50 г). На 1 м^2 высевали 32 шт. семян в четырехкратной повторности. Посев проводили в третьей декаде мая, предшественник – озимая пшеница. Метеоусловия в годы проведения опытов были различными и способствовали выполнению поставленной задачи. Температурные показатели вегетационных периодов 2016, 2017 и 2019 гг. были близкими к среднемноголетним данным, в 2018 г. сумма эффективных температур была ниже среднемноголетней на 415 °С. В этом же году за период вегетации выпало наименьшее количество осадков – 78 мм (на 101 мм меньше среднемноголетней нормы). За четыре года испытаний сорт гуара Синус в пожнивном посеве формировал урожайность зеленой массы от 165 до 281 ц/га с содержанием протеина в сухом веществе листьев и бобов 24,3 %. Установлено, что крупносеменная линия ТГ 18 по сравнению с сортом Синус обладает преимуществом при заделке семян на глубину 8 и 10 см: количество всходов на единице площади составило 25 и 21 шт./м^2 и 18 и 13 шт./м^2 соответственно.*

Ключевые слова*: гуар (Cyamopsis tetragonoloba (L.) Taub.), плодородие почвы, сидераты, сорт, пожнивной посев, глубина заделки семян.*

Введение

Сохранение и повышение плодородия почв – одна из важнейших задач современного земледелия. За последние два десятилетия черноземы потеряли до 3 % гумуса, главным образом, из-за усиления эрозии, дефляции и разрушения структуры почвы [1]. В начале XXI в. его дефицит в пахотном слое, в среднем по стране, составил 520 кг/га. На черноземах Западного Предкавказья за 30 лет (1960–1990 гг.) снижение содержания гумуса составило 18,6 %, за последующие 20 лет – 24,9 %, что способствовало ухудшению физических и химических свойств пахотного слоя [2]. В целях сокращения процессов деградации почв аграрии ведут поиск доступных источников пополнения её органическим веществом.

Три десятилетия назад основной вклад в поддержание плодородия вносили многолетние и однолетние бобовые культуры севооборотов, а также навоз крупного рогатого скота. Сегодня эту задачу частично выполняют растительные остатки в виде соломы, листьев и потерь урожая. Сохранять почвенное плодородие большинство

ученых-аграриев предлагают путем специально выращиваемых культур (сидератов): горчицы, редьки масличной, рапса, сафлора, фацелии и других [3–7].

Известно, что первоначально эти культуры возделывали, в основном, на бедных гумусом песчаных и дерново-подзолистых почвах, где заметнее их положительное действие [3]. В средней полосе европейской части страны и Сибири наибольшее распространение получили люпин, донник, горчица, рапс, сафлор, фацелия. В настоящее время сидерация стала актуальной и для черноземных почв. На юге страны выращивание сидератов можно считать новым направлением, поскольку ранее повторные культуры (кукуруза, соя) выращивали ради основной продукции – зерна или зеленой массы (силоса). Недостаточное распространение сидераты получали из-за относительно высокого плодородия почв и развитого животноводства. В условиях интенсивного земледелия на юге страны сидеральные культуры возделывают преимущественно в пожнивном посеве, когда посев и вегетация проходят при высокой температуре почвы и воздуха, а также дефиците влаги в поверхностном слое почвы. К глубокой заделке семян (5–8 см) лучше адаптированы крупносеменные культуры – подсолнечник, соя, кукуруза. Однако использование первых двух упомянутых культур в качестве сидератов ограничено рядом причин, среди которых – необходимость поддержания фитосанитарных условий в севообороте и высокая требовательность сои к влаге [4–7].

В последние годы ученые и производственники аграрного сектора Краснодарского края пытаются выявить лучшие сидеральные культуры и разработать сортовую технологию возделывания с целью повышения почвенного плодородия и урожайности последующих культур. Так, в центральной зоне края изучали влияние горчицы белой на урожайность кукурузы и подсолнечника: сидерат из зеленой массы горчицы в количестве 215 ц/га после измельчения «БДТ 7» запахивали в почву на глубину до 27 см плугом «ПЛН 5-35». В результате эксперимента отмечена прибавка сбора зерна кукурузы и семян подсолнечника [8].

Ряд зарубежных исследователей считают, что, в сравнении с распространенными культурами, гуар в пожнивном посеве имеет несколько преимуществ, а именно высокую засухоустойчивость и жаростойкость. Это связано, прежде всего, с биологическими особенностями культуры. *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. – однолетнее тропическое бобовое растение. Его стержневая корневая система проникает на глубину больше двух метров и способна переводить в доступное состояние многие питательные элементы. В результате разложения корневой системы в пахотном слое и в материнской породе образуются поры, благодаря которым улучшается водопроницаемость. Полисахариды растительной массы культуры при соединении с водой образуют гель и способствуют сохранению почвенной влаги. В результате улучшается физическое и химическое состояние почвы. При дефиците почвенной влаги рост и развитие растений приостанавливается, при выпадении осадков – возобновляется. Запаханная осенью зеленая масса обогащает почву органическим веществом и усиливает микробиологические процессы. Так, при правильном подборе штаммов клубеньковых бактерий и достаточном увлажнении корнеобитаемого горизонта, гуар обогащает почву азотом в количестве 60–70 кг/га. Культура слабо повреждается вредителями и, в отличие от другой засухоустойчивой бобовой культуры – нута, не поражается повиликой. Масса 1000 семян гуара зернового направления составляет 32–38 г. Норма высева – 10–15 кг/га. Семена культуры не нуждаются в скарификации. В условиях хорошей влажности почвы высокая летняя температура воздуха (35–40 °С) не прерывает вегетации. Содержание белка в зерне составляет 29,2–30,4 %, в сене – 14,7–15,9 %, в пожнивных остатках – 6,2–8,7 % [9].

В мировой практике выращиваемое зерно перерабатывают с целью выделения гуаровой камеди, которую используют в нефтяной, газовой, пищевой (добавка Е 412), текстильной, бумажной промышленности, а также в других отраслях и в качестве сидеральной культуры [10].

Основные посевные площади размещены в полупустынных зонах Индии, Пакистана и США, где культура занимает свыше 2,5 млн га. На родине произрастания (Африка, Юго-Восточная Азия) культуру применяют в питании населения (зеленые бобы) и для кормления домашних животных (сено, солома). В цельном зерне содержание белка составляет 26–30 %; в побочных продуктах переработки после извлечения гуаровой камеди – около 50 %. В США гуар был завезен в начале прошлого столетия и нашел применение в качестве зерна, корма, а также для обеззараживания почвы в хлопковых севооборотах. При пожнивном посеве в конце июня образцы гуара из Индии и США не успевали вызреть и надземную массу из стеблей, листьев и бобов можно было использовать только на зеленый корм и сено. Так, в сравнении с другими однолетними бобовыми культурами, в штате Аризона гуар показал самые высокие результаты по урожайности зеленой массы [11].

В Туркменистане *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. при весеннем сроке посева в условиях орошения обеспечил высокую урожайность зерна и кормовой массы. Содержание сырого протеина в сухом веществе составило 15,6 %, безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) – 47,7 %, клетчатки – 15,7 %. При пожнивном посеве в конце июня высота растений к середине августа составляла 60–70 см, а урожайность зеленой массы достигала 329 ц/га. Основная доля урожая приходилась на листья и бобы – наиболее питательную часть растения. С наступлением прохладной погоды в конце сентября рост растений ослабевал, а при похолодании прекращался полностью [12]. Адаптивные особенности гуара, его польза для севооборотов упоминаются в обзоре, посвященном сидеральным культурам [13], которые в целом в различных типах севооборотов способствуют сохранению и улучшению плодородия почв.

В России гуар высевают на небольших площадях юга европейской части страны, главным образом, в научных целях: ведут исследования в области селекции, разрабатывают технологию возделывания на зерно и в качестве сидерата. Следует отметить, что негативное влияние на рост и развитие растений культуры оказывают избыточное увлажнение почвы (что является довольно редким явлением на юге страны в летнее время года) и небольшая глубина залегания грунтовых вод [9].

Актуальным вопросом в выращивании гуара в пожнивных посевах является определение зависимости урожайности и качества растительной массы от сроков появления всходов и оптимизации глубины заделки разнокачественных семян в условиях дефицита влаги в поверхностном слое почвы.

Цель исследований – изучение гуара на предмет пригодности его возделывания в качестве пожнивной культуры в зернопропашных севооборотах Западного Предкавказья.

Для ее достижения решали следующие задачи: изучить биологические особенности и урожайность зеленой массы гуара при возделывании в пожнивном посеве в почвенно-климатических условиях Западного Предкавказья и определить влияние глубины заделки семян на полевую всхожесть обычного и крупносеменного образцов гуара.

Материалы и методы исследований

Опыты проводили в Центральной зоне Краснодарского края. В 2016–2019 гг. определяли урожайность зеленой массы гуара в пожнивном посеве, который осуществляли во второй половине июня после уборки озимого ячменя. Агрокультуру высевали сеялкой «РС 1М» нормой высева 12 кг/га (14 семян на 1 погонный метр) [9]. Сорт Синус высевали в четырехкратной повторности широкорядным способом (0,45

м) с глубиной заделки семян 5–6 см с последующим прикатыванием кольчатыми катками. Площадь учетной делянки – 25 м^2. Падалицу озимого ячменя удаляли гербицидом «Пума Супер» (1 л/га). Зеленую массу убирали косилкой «АВМ 875». В процессе уборки отбирали пробы зеленой массы (по 1 кг) и высушивали их в тени для дальнейшего определения химического состава сухого вещества. Содержание сырого протеина определяли по ГОСТ 13496.4-93, фосфора – ГОСТ 26657-97, сырой клетчатки – ГОСТ 31675-2012 в специализированной лаборатории агрохолдинга «Кубань».

В 2017–2018 гг. изучали влияние глубины заделки семян (2; 4; 6; 8 и 10 см) на динамику полевой всхожести на сорте Синус (масса 1000 семян 37 г) и линии ТГ 18 (масса 1000 семян 50 г). Линия ТГ 18 создана отбором из гибридной популяции гуара, полученной из Ирана. Предполагается, что в родословной линии участвовала разновидность гуара овощного направления, растения которой отличаются высоким стеблем (до 160 см) и длинными, слегка изогнутыми бобами с крупными семенами и средним количеством семян в бобе (до 7–8 шт.). На 1 м^2 высевали 32 шт. семян в четырехкратной повторности. Посев проводили в третьей декаде мая, предшественник – озимая пшеница. Количество элементов минерального питания, оставляемого после запашки растений, определяли расчетным способом путем соотношения величины урожая зеленой массы и содержания химических элементов в абсолютно сухом веществе.

Агротехника возделывания гуара при пожнивном посеве значительно отличалась от весеннего срока посева. После уборки озимого ячменя проводили поверхностную обработку почвы дисковым почвообрабатывающим агрегатом «АД 600 Рубин», а затем – «Смарагд 9/600» фирмы Lemken. При выборе глубины обработки ставили задачу обеспечения лучшего крошения поверхностного слоя почвы с целью минимального выветривания влаги. Заделке стерни не придавали значения, поскольку в критический период появления всходов солома лучше защищает почву от перегревания, уменьшая испарение влаги. В июне 2016 г., при оптимальной влажности поверхностного слоя почвы, проводили дополнительную предпосевную обработку почвы культиватором «Kompaktor K-600 A», обеспечивающим качественное крошение до глубины 6–8 см [14].

Почва зоны представлена обыкновенными типичными и выщелоченными черноземами, в которых содержание гумуса незначительно изменяется в зависимости от времени года и в летнее время составляет около 3,35 %. Содержание P_2O_5 и K_2O (по Мачигину) – 48,8 и 325 мг/кг почвы соответственно, азота – 15,6 мг/кг почвы, pH солевой вытяжки – 6,05.

Климатические условия края за последние десятилетия заметно изменились: с 2000 г. по настоящее время температура воздуха повысилась на 1 °С, среднегодовое количество осадков увеличилось с 600 до 715 мм. Годовая сумма эффективных температур за период с 1985 по 1999 гг. составила 2938 °С, за 2000–2014 гг. – 3222 °С. В комплексе такие агроклиматические условия положительно повлияли на адаптацию гуара при интродукции.

Метеоусловия в годы проведения опытов были контрастными и способствовали выполнению поставленной задачи (таблица 1).

Сумма эффективных температур вегетационных периодов гуара в 2016, 2017 и 2019 гг. была близкой к средней многолетней, а прохладного 2018 г. – ниже на 415 °С. Кроме того, в 2018 г. в период посева и вегетации растений выпало наименьшее количество осадков – 78 мм, что на 101,1 мм меньше нормы.

Статистическую обработку результатов опытов проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [15].

Таблица 1 – Метеорологические показатели вегетационных периодов гуара

Месяц	Декада	Количество осадков, мм				Среднесуточная температура воздуха, °С				Среднемно-голетняя норма (10 лет)	
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	осадки, мм	темпера-тура воздуха, °С
Июнь	I	47	52	0	0	17,7	20,8	20,3	24,6	16,9	19,4
	II	9	12	0	0	22,5	19,0	23,2	26,0	26,4	20,7
	III	0	7	3	15	26,3	22,6	27,4	25,4	25,1	23,1
Июль	I	28	0	5	0	23,5	24,1	26,2	24,1	15,3	24,0
	II	8	23	2	31	25,8	24,6	25,9	20,9	11,7	24,5
	III	17	30	26	83	23,6	24,9	26,4	23,5	14,7	25,7
Август	I	2	0	14	12	26,5	28,8	25,9	21,8	16,2	27,1
	II	2	25	0	18	24,8	27,4	24,9	24,3	8,9	26,5
	III	3	13	10	0	26,4	23,4	26,3	25,7	4,5	25,4
Сен-тябрь	I	0	31	16	24	21,2	21,1	22,9	22,4	18,3	20,2
	II	23	0	2	-	18,4	24,3	19,9	19,5	10,7	19,7
	III	57	0	0	-	12,5	17,5	17,2	13,7	10,4	19,0
Сумма осадков, мм		196	193	78	183	-	-	-	-	179,1	-
Сумма эффективных температур, °С		-	-	-	-	2733	2784	2379	2757	-	2794

Результаты и их обсуждение

Известно, что на полевую всхожесть семян при весеннем посеве наибольшее влияние оказывает температура воздуха, а при пожнивном посеве – влажность почвы. Наличие влаги в пахотном слое почвы определяет и развитие симбиоза с клубеньковыми бактериями [9, 11].

В годы исследований наиболее благоприятные условия для посева и вегетации гуара сложились в 2016 г. В первой декаде июля выпало 28 мм осадков, что на 12,7 мм превышало среднюю многолетнюю норму. Такое увлажнение способствовало проведению качественной подготовки почвы, появлению дружных всходов и самой высокой урожайности зеленой массы – свыше 280 ц/га (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние срока появления всходов на высоту растений, урожайность зеленой массы, абсолютно сухого вещества и химический состав гуара в пожнивном посеве (2016–2019 гг.)

Год	Дата		Высота растений, см	Урожайность, ц/га		Содержание в сухом веществе, %	
	появления всходов	уборки		зеленой массы	абсолютно сухого вещества	азота	фосфора
2016	05.07	17.09	78	281,3	46,0	3,7	0,30
2017	12.07	14.09	86	244,5	40,1	3,6	0,33
2018	28.07	26.09	67	165,8	27,1	3,7	0,32
2019	27.06	18.09	71	199,3	32,6	3,7	0,35
$НСР_{05}$			8	13,8	2,2		

В 2017 г., по сравнению с 2016 г., всходы отмечали на неделю позже. Полевая всхожесть семян составила 64 %. Однако, благодаря осадкам и достаточно высокой температуре в течение вегетационного периода урожайность зеленой массы и сухого вещества была высокой – 244,5 ц/га и 40,1 ц/га соответственно.

В засушливом 2018 г. начало всходов отмечали через месяц после посева – 28 июля, через пять дней после выпадения осадков. Отсутствие существенных осадков в

августе при повышении температуры воздуха до 40 °С отрицательно повлияло на растения: замедленный рост продолжался до третьей декады сентября. Урожайность сухого вещества была минимальной за все годы опыта и составила 27,1 ц/га.

В 2019 г. у *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. отмечен самый продолжительный вегетационный период. За вегетацию выпало 183 мм осадков, однако по урожайности надземной массы этот год превзошел лишь засушливый 2018 г. Основная причина – пониженная температура воздуха. В июне она была ниже средней многолетней на 1,7 °С, в июле – на 2,6 °С, в августе – на 2,6 °С. Уместно отметить, что во вторичном генетическом центре происхождения гуара – Юго-Восточной Азии среднегодовая температура составляет около 28 °С [16]. Сумма эффективных температур за вегетационный период оказалась ниже на 415 °С средней многолетней нормы (см. таблицу 1). Сбор зеленой массы был на 23,4 ц/га ниже средней по опыту (222,7 ц/га), сухого вещества – на 5,1 ц/га ниже средней за три предыдущих года (таблица 2, 3).

Таблица 3 – Анализ урожайности зеленой массы сорта гуара Синус

Год	Урожайность зеленой массы по повторениям, ц/га				Количество повторений	Сумма, ц	Средняя урожайность, ц/га
2016	273	292	281	279	4	1125	281,3
2017	244	230	251	253	4	978	244,5
2018	167	165	173	158	4	663	165,8
2019	198	203	187	209	4	797	199,3
Сумма					N = ∑n = 16	∑X = 3563	$\bar{x}$ = 222,7
$НСР_{05}$							13,8 ц/га

Сравнительная характеристика величин $F_Ф > F_{05}$, указывает на наличие в опыте существенных различий по годам на 5 % уровне значимости (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_{факт.}$	$F_{табл.}$
Общая	31675,4	15	-	-	-
Вариантов	30786,2	3	10262,07	138,47	3,49
Остаток (ошибка)	889,3	12	74,11	-	-

Установленные различия по урожайности зеленой массы по годам обусловлены влиянием метеоусловий вегетационных периодов. Количество оставляемых в почве элементов минерального питания зависело также от фазы развития растений. Доля стеблей в растительных пробах в среднем за два года составила 34,4 %, бобов – 21,5 %, листьев – 44,1 %. Среди растительных проб наиболее близкие показатели по химическому составу отмечены у листьев и зеленых бобов. Так, содержание сырого протеина в сухом веществе составило: в листьях – 24,26 %, в бобах – 24,67 %, в то время, как в стеблях – 16,77 %. Содержание фосфора – 0,33; 0,30 и 0,12 % соответственно. Содержание клетчатки – 13,59; 12,22 и 26,96 %. В стеблях созревших растений весеннего срока посева (опыт по изучению глубины высева семян) содержание сырого протеина значительно меньше – 6,60 %, клетчатки – 18,94 %. В семенах содержание сырого протеина составляло от 25,98 до 29,25 % соответственно.

В настоящем опыте результаты анализа растений использованы для расчета количества химических элементов, поступающих при запашке в почву. В наиболее благоприятные для гуара годы (2016 и 2017 гг.) в почву поступило наибольшее количество азота в составе зеленой массы (170,2 кг/га и 144,3 кг/га соответственно). Значительно меньше азота накопилось в 2018 и 2019 гг. – 100,2 и 120,6 кг/га

соответственно. Расчеты количества азота сделаны без учета фиксации клубеньковыми бактериями и массы корневой системы. Поступление в почву с зеленой массой фосфора составило в 2016 г. – 13,8 кг/га, в 2018 г. – 11,4 кг/га.

Наряду с условиями влагообеспеченности и температурным режимом, срок появления всходов гуара в пожнивном посеве играет важнейшую роль в формировании урожайности зеленой массы. В сложившихся погодных условиях третьей декады июня 2016–2019 гг. лимитирующим фактором было наличие достаточного для набухания и прорастания семян количества влаги на глубине заделки семян. Как правило, при высоких температурах и ветре поверхностный слой почвы на глубине до 5 см после выпадения осадков быстро теряет влагу и создает условия, при которых задерживается процесс прорастания семян. При тех же погодных условиях, в более глубоких слоях почвы влага сохраняется значительно дольше [2].

Как отмечали ранее, крупносеменные культуры выдерживают более глубокую заделку семян. Это обстоятельство имеет существенное значение для получения всходов летом при быстрой потере влаги поверхностным слоем почвы из-за физического испарения. В опыте по сравнительной оценке влияния массы 1000 семян на полевую всхожесть, наибольшие отличия между сортом Синус и селекционной линией ТГ18 наблюдали при глубине заделки 8 и 10 см (рисунок 1, 2)

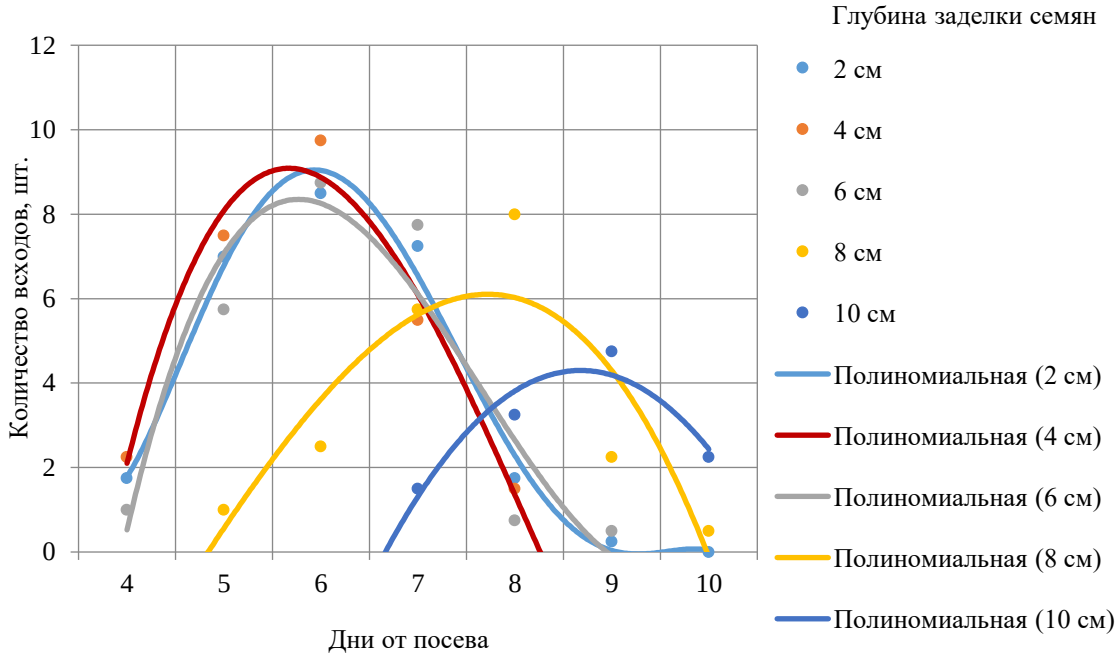


Рисунок 1 – Динамика всходов сорта гуара Синус в зависимости от глубины заделки семян (среднее за 2017–2018 гг.)

Примечание. *$НСР_{05}$ глубина заделки семян – 0,308.*

Так, из общего числа высеянных семян (32 шт./м^2) количество всходов у сорта Синус на десятый день при глубине заделки семян 10 см составило 13 шт./м^2 (41 %), у крупносеменной линии ТГ 18 – 18 шт./м^2 (56 %). Несколько меньшие различия наблюдали при глубине заделки 6 см – 23 и 25 шт./м^2 и 8 см – 21 и 25 шт./м^2 соответственно.

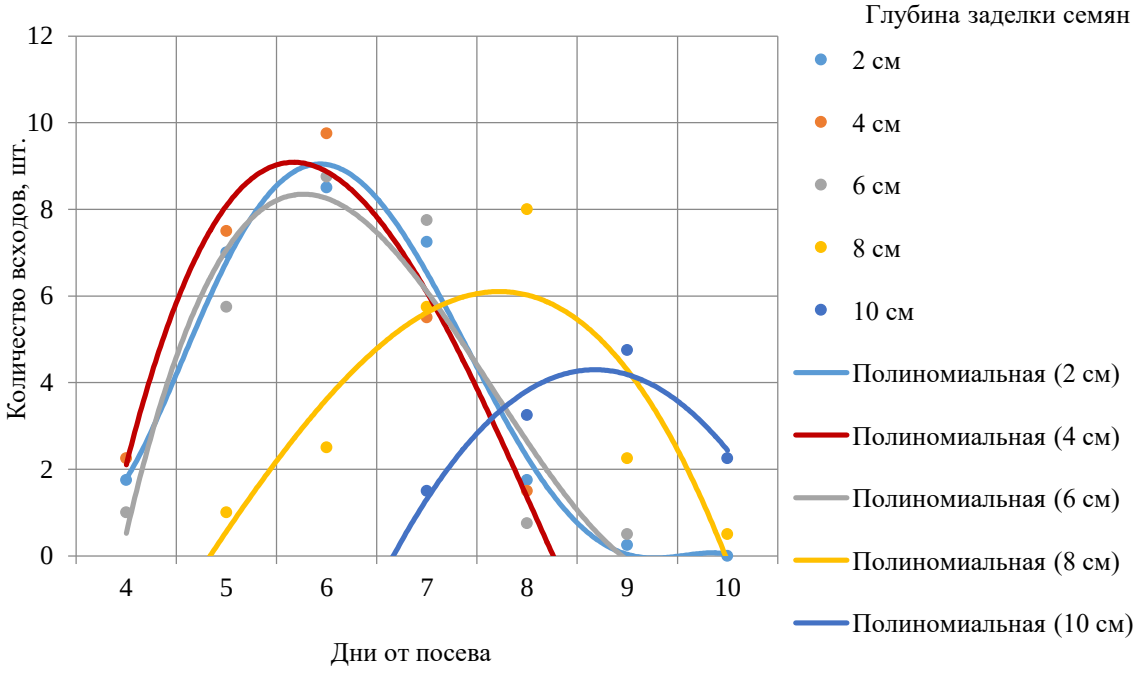


Рисунок 2 – Динамика всходов линии гуара ТГ 18 в зависимости от глубины заделки семян (среднее за 2017–2018 гг.)

Примечание. *$НСР_{05}$ глубина заделки семян – 0,294 см*

По времени от срока посева до появления всходов лучшие показатели наблюдали при глубине заделки 2 см и 4 см. Начало появления всходов отмечено на пятый день: у сорта Синус – 5 шт./м^2, у линии ТГ 18 – 7 шт./м^2. С увеличением глубины заделки на 2 см появление единичных всходов задерживалось на 1–2 дня. Самое продолжительное время от посева до появления всходов отмечено на 9 и 10 день после посева на глубину 10 см.

Динамику всходов семян гуара при заделке на различную глубину описывают приведенные уравнения (таблица 5).

Таблица 5 – Коэффициенты детерминации по изучению влияния глубины заделки семян на получение всходов гуара

Глубина посева, см	Уравнение	Степень полиномы	Коэффициент детерминации R^2
Сорт Синус			
2	$y = -0{,}00354x^5 + 0{,}7396x^4 - 5{,}4271x^3 + 15{,}885x^2 - 14{,}663x + 5{,}2857$	5	0,9852
4	$y = 0{,}2708x^3 - 4{,}2232x^2 + 16{,}756x - 10{,}7$	3	0,9690
6	$y = 0{,}338x^3 - 4{,}7093x^2 + 18{,}31x - 13{,}417$	3	0,8759
8	$y = -0{,}0903x^3 + 0{,}2857x^2 + 3{,}3403x - 6{,}5357$	3	0,7692
10	$y = -1{,}0625x^2 + 12{,}063x - 29{,}938$	2	0,8813
Линия ТГ 18			
2	$y = -1{,}75x^2 + 9{,}3x - 3{,}25$	2	0,9045
4	$y = -1{,}4643x^2 + 7{,}8857x - 2{,}35$	2	0,8556
6	$y = -1{,}875x^2 + 10{,}775x - 6{,}8$	2	0,8826
8	$y = -0{,}1204x^3 + 0{,}4286x^2 + 4{,}1204x - 8{,}8452$	3	0,7398
10	$y = -1{,}25x^2 + 15{,}4x - 41{,}3$	2	0,7464

Коэффициенты детерминации (для сорта Синус $R^2 = 0{,}7692–0{,}9852$, для линии ТГ 18 $R^2 = 0{,}7398–0{,}9045$) свидетельствуют о значительной связи количества всходов культуры с глубиной заделки семян. В условиях весеннего посева самая тесная связь

(R^2 = 0,9852) отмечена у сорта Синус при заделке семян на глубину 2 см. Можно предположить, что семена среднего размера в оптимальных условиях увлажнения быстрее набухают и прорастают, по сравнению с крупносеменной линией ТГ 18. У линии ТГ 18, по сравнению с сортом Синус, при заделке семян на глубину 8 и 10 см количество полученных всходов выше на 16 % и 32 % соответственно.

Выводы

Результаты, полученные в ходе проведенных исследований, свидетельствуют о возможности использования гуара в качестве пожнивной культуры в зерновых и зерно -пропашных севооборотах Западного Предкавказья. За четыре года испытаний сорт гуара Синус формировал урожайность зеленой массы от 165 до 281 ц/га с содержанием протеина в сухом веществе листьев и бобов 24,3 %. Для вегетации гуара в повторных посевах достаточно около 1850 °С эффективных температур и осадков в количестве свыше 78 мм.

Крупносеменная линия ТГ 18, по сравнению с сортом Синус, обладала преимуществом при заделке семян на глубину 8 и 10 см. Количество всходов на единице площади составило 25 и 21 шт./м^2 и 18 и 13 шт./м^2 соответственно. Планируется дальнейшее размножение линии и производственное испытание в качестве сидерата.

Литература

1. Цховребов В. С., Фаизова В. И., Калугин Д. В., Никифорова А. М., Новиков А. А. Эволюция и деградация черноземов Центрального Предкавказья // Вестник АПК Ставрополья. 2012. № 3 (7). С. 123–125.

2. Почвы и климат Краснодарского края. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://studopedia. org (index. php? vol=2&post=5382 (дата обращения 22.02.2019).

3. Федорова А. В., Пискунова Х. А. Сидераты как средство повышения урожая. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://sci-article.ru/stat.php? i=1439184585 (дата обращения 26.01.2019).

4. Лошаков В. Г. Зеленое удобрение как фактор биологизации земледелия и повышения плодородия почвы // Агропромышленные технологии Центральной России. 2016. № 2. С. 65–81.

5. Киреев В. М., Клинов В. Д., Спиридонова Л. И. Повышение продуктивности промежуточных посевов кормовых культур. М.: Агропромиздат, 1988. С. 158–164.

6. Постников П. А. Агроэкологический мониторинг при применении зеленых удобрений // Плодородие. 2014. № 1. С. 42–43.

7. Новоселов С. И. Влияние севооборотов и удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур и плодородие почвы // Вестник Марийского государственного университета. 2017. Т. 3. № 1 (9). С. 60–64.

8. Белик М., Бондаренко Е., Воронин Е. Сидеральные культуры (сидераты) – альтернатива минеральным удобрениям. Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://agbz.ru/articles/sideralnyie-kulturyi--sideratyi----alternativa-mineralnyim-udobreniyam / (дата обращения 12.03.2019).

9. Волошин М. И., Лебедь Д. В., Брусенцов А. С. Результаты интродукции нового бобового растения – гуара (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (58). С. 84–91.

10. Костенкова Е. В., Рейнштейн Л. Н., Остапчук П. С. Применение *Cyamopsis tetragonoloba* L. в кормлении сельскохозяйственных животных, птицы и рыб: проблемы и перспективы // Таврический вестник аграрной науки. 2015. № 2 (4). С. 108–117.

11. Whistler R. L., Hymowits T. Guar: agronomy, production, industrial use, and nutrition. USA. Indiana: Purdue University Press West Lafayette, 1979. 124 p.

12. Мурадов К. М. Опыт интродукции *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. на юге Туркмении // Растительные ресурсы. 1973. Т. 9. С. 516–523.

13. Guar variety-fertility evaluation trials & dryland guar cotton rotation. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://lubbock.tamu.edu/ programs /crops/other – field – crops/guar/ pdf (дата обращения 03.10.2019).

14. Петухов Д. А., Юрина Т. А., Чаплыгин М. Е. Рекомендации по новому комплексу машин для возделывания пропашных культур. Новокубанск: КубНИИТиМ, 2015. 48 с.

15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 207 с.

16. Лебедь Д. В., Костенкова Е. В., Волошин М.И. Агрономическое обоснование размещения посевов *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) на юге европейской части России // Таврический вестник аграрной науки. 2017. Вып. 1(9). С. 53–64.

References

1. Tskhovrebov V. S., Faizova V. I., Kalugin D. V., Nikiforova A. M., Novikov A.A. Evolution and degradation of the Central Ciscaucasian chernozems// Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2012. No. 3(7). P.123–125.

2. Soils and climate of the Krasnodar Territory. [Electronic resource]. Access point: http://studopedia .org(index. php? vol=2&post=5382 (reference's date 22.02.2019).

3. Fedorova A. V., Piskunova Kh. A. Green manure as a means of yield increasing. [Electronic resource]. Access point: http:// sci-article.ru/stat.php?i=1439184585 (reference's date 26.01.2019).

4. Loshakov V. G. The green manure as a factor of agriculture biologization and for improving soil fertility // Agro-industrial technologies of the Central Russia. 2016. No. 2. P. 65–81.

5. Kireev V. M., Klinov V. D., Spiridonova L. I. Increasing the productivity of intermediate forage crops. Moscow: Agropromizdat, 1988. P. 158–164.

6. Postnikov P. A. Agroenvironmental monitoring using green fertilizers // Plodorodie. 2014. No. 1. P. 42–43.

7. Novoselov S. I. Effect of crop rotation and fertilizers on crop yields and soil fertility // Vestnik of the Mari State University. 2017. Vol. 3. No. 1 (9). P. 60–64.

8. Belik M., Bondarenko E., Voronin E. Green manure crops – an alternative to mineral fertilizers// Novokubansky branch of FSBSI "Rosinformagrotekh". [Electronic resource]. Access point: http://agbz.ru/articles/sideralnyie-kulturyi--sideratyi----alternativa-mineralnyim-udobreniyam/ (reference's date 12.03.2019).

9. Voloshin M.I., Lebed D.V., Brusentsov A.S. The results of new bean plant, guar introduction (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. Krasnodar, 2016. No. 1(58). P 84–91.

10. Kostenkova E. V., Reinshtein L. N., Ostapchuk P. S. The problems and perspectives of application of *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) in feeding of agricultural animals, birds and fish // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2015. No. 2(4). P. 108–117.

11. Whistler R. L., Hymowitz T. Guar: agronomy, production, industrial use, and nutrition. USA. Indiana: Purdue University Press West Lafayette, 1979. 124 p.

12. Muradov K. M. Introduction of *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. in the south of Turkmenistan // Plant resources. 1973. Vol. 9. P 516–523.

13. Guar variety-fertility evaluation trials & dryland guar cotton rotation [Electronic resource]. Access point: http://lubbock.tamu.edu/programs/crops/other–field-crops /guar/.pdf (reference's date 03.10.2019).

14. Petukhov D. A., Yurina T. A., Chaplygin M. E. Recommendations for a new set of machines for cultivating row crops. Novokubansk: KubNIITiM, 2015, 48 p.

15. Dospekhov B.A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 207 p.

16. Lebed D. V., Kostenkova E. V., Voloshin M. I. Agronomic rationale for the placement of *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) in the south of the European part of Russia // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2017. Vol. 1(9). P. 53–64.

UDC 631.874.4

Bespalov E. A., Voloshin M. I., Kostenkova E. V.

CYAMOPSIS TETRAGONOLOBA (L.) TAUB. IN AFTERHARVEST SOWING IN THE WESTERN PRE-CAUCASUS AREA

Summary. *The article presents research findings indicating the possibility of using guar in the afterharvest sowing in grain crop rotation of the Western Ciscaucasia. This survey is relevant because the use of this crop helps to restore the fertility of chernozems. The experiments were carried out in 2016–2019. Seeder "PC 1M" was used to plant Cyamopsis tetragonoloba (L.). Taub.; seeding rate – 12 kg/ha (14 pcs/m); planting method – wide-row (0.45 m); seed placement depth – 5-6 cm; experiments were replicated four times. Preceding crop – winter barley. The accounting area of the experimental plot – 25m^2. Green mass was harvested with mower "ABM 875". The content of crude protein in dry matter was determined according to GOST 13496.4-93; phosphorus – GOST 26657-97; crude fiber – GOST 31675-2012. In 2017–2018, we studied the effect of seed placement depth (2; 4; 6; 8; and 10 cm) on the field germination of cv. 'Sinus' (1000-grain weight reached 37 g) and line 'TG 18' (1000-grain weight reached 50 g). Thirty-two seeds were sown on 1 m^2 in four*

replications. Sowing was carried out in the third decade of May; preceding crop – winter wheat. Weather conditions during the years of the experiments differed and contributed to the achievement of the objective. The temperature of the growing seasons of 2016, 2017 and 2019 was close to long-term average data. In 2018, the sum of effective temperatures was 415 °C lower than that of the long-term average; the amount of precipitation was 101 mm less than the average long-term norm (78 mm). We found that for four years of field trials, the yield of green mass of cultivar 'Sinus' in afterharvest sowing was 165-281 kg/ha with a protein content of 24.3 % in the dry matter of leaves and beans. Large-seeded line 'TG 18' has an advantage when sowing seeds to a depth of 8 and 10 cm compared to the cv. 'Sinus'. The number of seedlings per unit area was 25 and 21 pcs/m^2 and 18 and 13 pcs/m^2, respectively.

Keywords: *guar, Cyamopsis tetragonoloba (L.). Taub., soil fertility, green manure, variety, afterharvest sowing, seed placement depth.*

Беспалов Евгений Анатольевич, аспирант ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»; 350004, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: jenya.bespalov 81@yandex.ru.

Волошин Михаил Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, заслуженный деятель науки Кубани, консультант АО «Агрообъединение «Кубань»; 350005, г. Краснодар, ул. Пожарского, 27; e-mail: mihail.voloshin@rambler.ru.

Костенкова Евгения Владимировна, научный сотрудник ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: evgenya.kostenkova@yandex.ru.

Bespalov Evgeniy Anatolyevich, postgraduate student of the Kuban State Agrarian University; 13, Kalinina str., Krasnodar, 350004, Russia; e-mail: jenya.bespalov@yandex.ru.

Voloshin Mikhail Ivanovich, Dr. Sc. (Agr.), advisor of JSC "Agronomic Association "Kuban"", Honored worker of science of Kuban; 27, Pozharskiy str., Krasnodar, 350005, Russia; e-mail: mihail.voloshin@rambler.ru.

Kostenkova Evgenia Vladimirovna, researcher, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: evgenya.kostenkova@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 15.03.2020.
Дата принятия к печати – 25.05.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-28-36
УДК 665.11+665.5

Грунина Е. Н.[1], Белова И. В.[1], Глумова Н. В.[2]

РАСТЕНИЯ РОДА *SYRINGA* L. – ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭФИРОМАСЛИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

[1]ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»;
[2]Академия биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»

Реферат. *Соцветия сирени могут быть использованы для получения экстрактовой эфиромасличной продукции (конкрета, масла абсолю). Цель исследований – изучить качество экстрактового масла (конкрет, абсолю) сирени обыкновенной, полученного с помощью органического растворителя, и показать возможность использования соцветий сирени в качестве перспективного сырья для производства востребованной эфиромасличной продукции. Материалом для исследований служили свежесрезанные в фазе массового цветения соцветия сирени обыкновенной разных форм: фиолетовая махровая, фиолетовая немахровая, белая махровая. Исследования проводили в 2018–2019 гг. в отделе переработки и стандартизации эфиромасличного сырья ФГБУН «НИИСХ Крыма» в двух вариантах: первый – экстракция в аппаратах Сокслета при температуре кипения растворителя 63–70 °С, второй – трехкратная экстракция способом настаивания при низкой положительной температуре +3 °С (±1 °С). В первом варианте исследований выход конкрета составил 0,190–0,210 % для фиолетовой махровой формы сирени и 0,270–0,330 % – для фиолетовой немахровой и белой махровой форм сирени. При втором способе выход конкрета был ниже в сравнении с первым вариантом исследований и составил 0,170–0,200 % (меньше на 7–8 %) для фиолетовой махровой формы и 0,260–0,320 % (меньше на 3–4 %) для белой махровой и фиолетовой немахровой форм сирени обыкновенной. Но при этом массовая доля летучих ароматических соединений оказалась более высокой в конкрете сирени, полученного вторым способом, и составила 0,152 % для сирени фиолетовой махровой формы, а также 0,194 % и 0,225 % – для белой махровой и фиолетовой немахровой форм сирени. Показано, что переработку свежих соцветий сирени для получения качественной продукции необходимо осуществлять способом экстракции: настаиванием при низких положительных температурах с периодической сменой растворителя.*

Ключевые слова: *Syringa L., соцветия сирени, конкрет, масло абсолю, экстракция, аппарат Сокслета.*

Введение

Из всего многообразия душистых растений флоры Земли более двухсот имеют промышленное значение и перерабатываются с целью получения разнообразной эфиромасличной продукции. Среди них выделяют основные и перспективные, первые занимают большие площади, их продукция широко известна и пользуется устойчивым коммерческим спросом. Вторые перспективные эфиромасличные культуры занимают небольшие объемы возделываемых земельных площадей, иногда произрастают в диком виде, их переработка, как правило, производится в периодическом режиме, объемы производимой продукции невелики, но многие виды имеют интересные направления запаха, представляющие несомненный интерес для парфюмеров, в состав продукции входят ценные соединения, которые обладают биологической и фармакологической активностью.

К числу перспективных эфиромасличных растений можно отнести сирень. По ботанической классификации она относится к семейству маслиновых (Oleaceae Lindl.), роду *Syringa* L. который насчитывает около 30 видов [1]. В Российской Федерации сирень распространена практически повсеместно в виде декоративного растения. В настоящее время в реестр селекционных достижений Российской Федерации внесен 31 сорт сирени.

Душистые соцветия сирени, собранные в период массового цветения, могут быть использованы для получения экстрактовой эфиромасличной продукции [1–4].

Попытки получения дистилляционного эфирного масла из свежих соцветий различных видов сирени, собранных в фазе массового цветения, предпринимали в Крыму неоднократно, но полученный продукт имел низкий выход (на уровне следовых количеств), низкую органолептическую оценку и абсолютно не передавал неповторимого, приятного природного запаха цветков сирени. Это объясняется активным протеканием гидролитических процессов при действии насыщенного водяного пара на сырье и длительностью процесса переработки при температуре близкой к 100 °С.

В литературе имеются сведения о результатах исследований эфирных масел, выделенных из растительного сырья сирени, как свежего, так и воздушно-сухого [5, 6]. Так, в работе сотрудников Национального фармацевтического университета Украины приведены данные о содержании и компонентном составе эфирного масла, выделенного из воздушно-сухого сырья сирени обыкновенной сорта Красавица Москвы. Эфирное масло выделяли методом гидродистилляции с использованием аппарата Клевенджера в лабораторных условиях. Полученный авторами результат – содержание эфирного масла в количестве 0,61 % оказался неожиданно высоким и объясняется использованием сухого сырья и, возможно, присутствием ряда других соединений, перегоняющихся с водяным паром, но не являющихся компонентами эфирного масла. Об этом свидетельствуют и результаты исследования компонентного состава полученного эфирного масла, среди которых в качестве основных в количественном отношении являются трикозан, гептакозан, 3-этенилпиридин, 2-метокси-4-метилфенол и ряд не идентифицированных компонентов [6, 7]. Авторы утверждают, что трикозан и гептакозан являются маркерными соединениями для исследуемого сырья сирени обыкновенной, но в этом случае эфирное масло не может иметь характерный запах соцветий сирени.

Продукты переработки различных видов сирени способом экстракции легколетучим углеводородным растворителем – экстракт-конкрет и масло абсолю имели высокую органолептическую оценку и практически полностью передавали природный запах свежих соцветий сирени.

Экстрактовые масла сирени имеют высокую стоимость на мировом рынке эфиромасличной продукции, но объем их поставок незначителен, а спрос очень высок, поэтому переработка соцветий сирени и производство эфиромасличной продукции без сомнения является перспективной и рентабельной, что позволит приблизить эфиромасличную отрасль к решению задач расширения ассортимента конкурентоспособной натуральной эфиромасличной продукции и импортозамещения в производстве парфюмерных и косметических изделий.

Цель исследований – изучить качество экстрактового масла (конкрет, абсолю) сирени обыкновенной, полученного с помощью органического растворителя, и показать возможность использования соцветий сирени в качестве перспективного сырья для производства востребованной эфиромасличной продукции.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

– определить содержание экстрактовых масел у различных форм сирени;
– провести органолептическую оценку полученных экстрактовых масел;

– исследовать качественные характеристики экстрактовых масел сирени обыкновенной;

– определить компонентный состав экстрактовых масел сирени.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2018–2019 гг. в отделе переработки и стандартизации эфиромасличного сырья ФГБУН «НИИСХ Крыма». Материалом для исследований служили свежесрезанные в фазе массового цветения соцветия сирени обыкновенной разных форм: фиолетовая махровая; фиолетовая немахровая; белая махровая.

Для определения технологических параметров экстракции, обеспечивающих максимальный выход экстрактивных веществ, проведены исследования при лабораторном моделировании эксперимента.

Экстрагирование сырья сирени проводили бензином экстракционным марки П 63/70 с содержанием н-гексана и его изомеров в количестве не менее 95 %.

Исследования проводили в двух вариантах.

Первый: исчерпывающая экстракция в аппаратах Сокслета при температуре кипения растворителя 63–70 °С. Масса навески сырья составляла 50 г. Экспериментальным путем установлена продолжительность процесса экстракции – 90 минут, при сливе экстракта через сифон 10–12 раз.

В мировой практике промышленной переработки нежного цветочного сырья (гиацинт, нарцисс, лилия белая) устраняют фактор температурного воздействия, применяя экстракцию способом настаивания при низких положительных температурах.

Второй вариант предусматривал трехкратную экстракцию способом настаивания при низкой положительной температуре +3 °С (± 1°С), принятую для переработки цветочного сырья [8]. Масса навески сырья – 100 г. Гидромодуль первого настаивания составил 1:8 (продолжительность процесса настаивания – 20 минут), для второго и третьего настаиваний – 1:5 (продолжительность процесса настаивания – 15 и 10 минут соответственно). Общая продолжительность процесса экстракции составила 45 минут.

Полученные мисцеллы с концентрацией извлекаемых веществ 0,3–0,4 % направляли на фильтрацию, удаление клеточного сока (с помощью безводного Na_2SO_4) и далее на последующее удаление растворителя с помощью ротационного вакуумного испарителя при температуре 38 °С и остаточном давлении 13,5–15,6 кПа с целью получения экстракта-конкрета.

При выборе способа переработки растительного сырья, содержащего ароматические душистые вещества, основными критериями эффективности способа являются выход целевого продукта и его качественный состав.

Выход конкрета определяли гравиметрическим методом [8, 9]. Исследования проводили в трехкратной повторности, результаты обрабатывали с помощью пакета прикладных программ Excel.

Содержание масла-абсолю в конкрете сирени определяли рефрактометрическим методом, разработанным А. П. Шляпниковой с соавторами [9].

Выделение масла-абсолю из конкрета проводили классическим способом путем растворения конкрета в 96 % этиловом спирте при температуре 45 °С, последующей кристаллизации растительных восков при температуре от −14 °С до −17 °С, отделения выпавших восков от спиртовой мисцеллы и удаления из нее растворителя при температуре 38 °С и остаточном давлении 13,3–15,6 кПа [8].

Органолептические и физико-химические показатели качества конкрета определяли в соответствии со стандартными методиками, принятыми в эфиромасличной отрасли [10–12].

Запах конкрета сирени оценивали, определяя характер (словесно) и интенсивность запаха по пятибалльной шкале согласно представленной градации при температуре 20 °С, балл: 0 – отсутствует; 1 – очень слабый; 2 – слабый; 3 – заметный; 4 – отчетливый; 5 – очень сильный.

Для определения компонентного состава летучих ароматических соединений экстрактовых масел сирени использовали метод хромато масс-спектрометрии, прибор фирмы Agilent Technologies 7890 (USA) с квадрупольным масс-спектрометром Agilent Technologies. Исследования проводили в режиме программирования температуры. Колонки капиллярные, кварцевые, неподвижная жидкая фаза – Carbowax 20M. Идентификацию компонентов проводили с использованием электронной библиотеки прибора и индексами удерживания Ковача [13].

Результаты и их обсуждение

В результате проведенных исследований в первом варианте при экстракции соцветий сирени в аппаратах Сокслета выход конкрета составил от 0,190 % до 0,210 % для фиолетовой махровой сирени и от 0,270 % до 0,330 % для белой махровой и фиолетовой немахровой форм сирени обыкновенной. При этом массовая доля летучих ароматических соединений составляла 0,127 % для фиолетовой махровой, от 0,134 % до 0,158 % для белой и фиолетовой немахровых форм сирени (таблица 1).

Полученный экстракт–конкрет представлял собой густую мазеобразную массу интенсивно-желтого цвета с коричневатым оттенком.

Таблица 1 – Влияние способа экстракции на выход и качество конкрета сирени (аппарат Сокслета)

Образец	Выход конкрета, % к массе свежих соцветий	Массовая доля летучих ароматических соединений, %
Сирень фиолетовая махровая форма	0,190–0,210	0,127 ± 0,002
Сирень фиолетовая немахровая форма	0,310–0,330	0,158 ± 0,002
Сирень белая махровая форма	0,270–0,300	0,134 ± 0,001

Органолептический анализ конкрета, полученного из образцов способом экстракции в аппарате Сокслета, выявил несоответствие его запаха аромату свежих соцветий всех исследуемых образцов сирени. Отсутствовала нежность и тонкость, присущая аромату свежих цветков, также ощущалось присутствие посторонних призапахов. Оценка запаха полученных образцов находилась в интервале 1,5–3,0 по пятибалльной шкале. Это можно объяснить негативным действием температуры кипения растворителя (65–70 °С) в процессе экстракции на термолабильные ароматические соединения, входящие в состав экстракта–конкрета, а также процессами гидролиза отдельных летучих ароматических соединений при температурном воздействии.

Во втором варианте исследований, при использовании способа настаивания соцветий в углеводородном растворителе при низких положительных температурах, не превышающих +3 °С (±1 °С), выход конкрета был ниже по сравнению с первым вариантом исследований на 7–8 % и составил от 0,170 до 0,200 % для фиолетовой махровой формы и от 0,260 до 0,320 % (меньше на 3–4 %) для белой махровой и фиолетовой немахровой форм сирени обыкновенной. При этом массовая доля летучих ароматических соединений оказалась более высокой в сравнении с первым вариантом и составляла 0,152 % для фиолетовой махровой формы и от 0,194 % до 0,225 % для остальных образов сирени обыкновенной (таблица 2).

Полученный продукт имел интенсивно-желтый цвет с оранжевым оттенком и ярко выраженный аромат, характерный для свежих соцветий сирени. Органолептическая оценка полученных образцов находилась в интервале 3,5–4,5 по

пятибалльной шкале, при этом более высокую оценку имели образцы, полученные из соцветий сирени обыкновенной (фиолетовой немахровой и белой форм).

Таблица 2 – Влияние способа экстракции на выход и качество конкрета (холодное настаивание)

Образец	Выход конкрета, % к массе свежих соцветий	Массовая доля летучих ароматических соединений, %
Сирень фиолетовая махровая форма	0,170–0,200	0,152 ± 0,002
Сирень фиолетовая немахровая форма	0,270–0,320	0,225 ± 0,003
Сирень белая махровая форма	0,260–0,300	0,194 ± 0,003

Содержание масла абсолю в конкрете изучаемых образцов сирени составило 0,086 %, 0,117 %, 0,141 % для фиолетовой немахровой; белой махровой и фиолетовой немахровой форм или 56,7 %, 60,4 % и 62,5 % к массе экстракта-конкрета соответственно. Масло абсолю имело желтую окраску с ярко выраженным запахом свежих соцветий сирени, органолептическая оценка полученных образцов была достаточно высокой, в интервале 4,00–4,75.

Определение показателей качества конкрета сирени различных образцов проводили в соответствии со стандартными методиками [9, 10]. В таблице 3 представлены органолептические и физико-химические показатели конкрета различных форм сирени.

Таблица 3 – Показатели качества конкрета сирени, полученного способом холодного настаивания

Показатель		Характеристика и фактическое значение		
		фиолетовая немахровая форма	фиолетовая махровая форма	белая махровая форма
Внешний вид		густая, мазеобразная масса	густая, мазеобразная масса	густая, мазеобразная масса
Цвет		интенсивно-желтый с оранжевым оттенком	интенсивно-желтый	желтый
Запах	характер	ярко выраженный, характерный для свежих соцветий сирени	характерный для свежих соцветий сирени	приятный, характерный для свежих соцветий сирени
	интенсивность	4,5	3,8	4,5
Показатель преломления n^{35}_{D}		1,5001–1,5004	1,4850–1,4852	1,4862–1,4870
Кислотное число, мг КОН/г		12,0–12,4	11,6–11,8	10,8–11,2
Температура плавления, °С		39,0–39,4	38,6–38,8	37,8–38,2
Массовая доля масла абсолю, %		56,7	62,5	60,4

Основными компонентами летучей части конкрета сирени и носителями аромата считают сиреневый альдегид А и В и сиреневые спирты А, В, С. В составе летучих ароматических соединений конкрета сирени обыкновенной (фиолетовая форма), методом хромато масс-спектрометрии обнаружено 33 компонента, из них идентифицировано 32 компонента (рисунок 1).

В составе летучей части также обнаружены терпеновые углеводороды, α- и β-пинены, транс-оцимен, терпеновый спирт линалоол и его оксид, ароматический β-фенилэтиловый спирт, сложный эфир нерилацетат, сесквитерпеновые углеводороды – сесквифелландрен, транс-кариофиллен, α-копаен, β-бурбонен (таблица 4). Среди других соединений неожиданным оказалось достаточно высокое содержание элемицина.

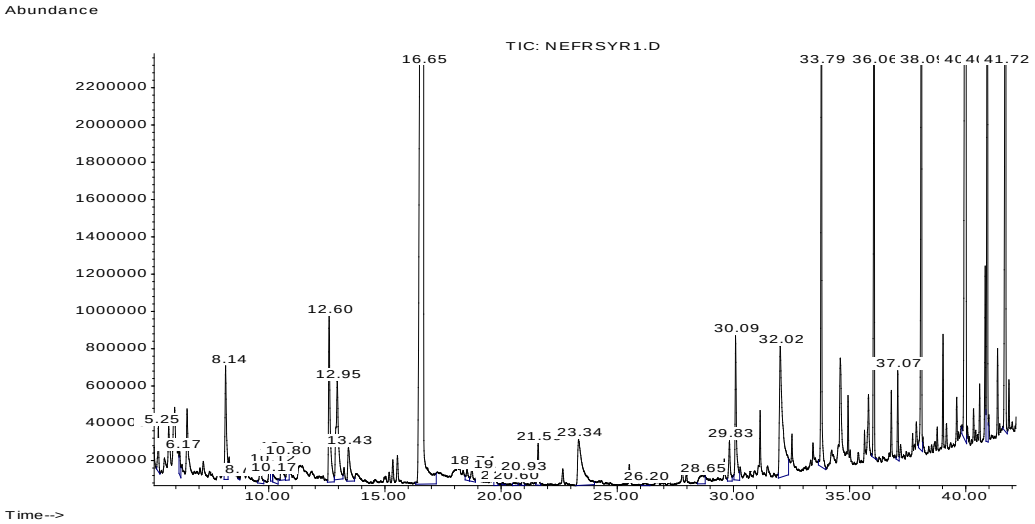


Рисунок 1 – Типичная хроматограмма летучей части конкрета сирени обыкновенной (фиолетовая немахровая форма), полученного холодным настаиванием

Таблица 4 – Компонентный состав конкрета сирени обыкновенной (фиолетовая немахровая форма)

№ п.п	Время удерживания, мин	Наименование компонента	Содержание компонента, %
1	5.249	α-пинен	0,59
2	6.167	β-пинен	0,38
3	8.141	транс-оцимен	2,37
4	8.711	линалоолоксид	0,04
5	9.621	линалоол	0,50
6	10.122	п-мента-1,3,8-триен	0,28
7	10.169	β -фенилэтиловый спирт	0,34
8	10.539	сиреневый альдегид А	0,68
9	10.801	сиреневый альдегид В	0,58
10	12.597	сиреневый спирт А	3,54
11	12.952	сиреневый спирт В	3,29
12	13.43	сиреневый спирт С	1,23
13	16.653	не идентифицирован	4,51
14	18.542	α-копаен	0,31
15	18.742	β-бурбонен	0,38
16	19.745	транс-кариофиллен	0,33
17	20.061	сесквифелландрен	0,05
18	20.601	нерил ацетат	0,15
19	20.932	Фарнезен	0,23
20	21.595	гермакрен D	0,39
21	23.338	элемицин	3,06
22	26.206	транс-изоэлемицин	0,14
23	28.65	бензилбензоат	0,61
24	29.83	изопропил миристат	0,82
25	30.092	пентадекан-2-он	2,55
26	32.019	пальмитиновая кислота	5,81
27	33.793	докозан	7,14
28	36.06	трикозан	7,66
29	37.07	пентакозан	0,95
30	38.095	гексакозан	8,89
31	40.007	гептакозан	20,87
32	40.932	сквален	8,99
33	41.719	нонакозан	12,34

В составе нелетучей части (растительные воска, покрывающие цветки) преобладают углеводороды: гептакозан, гексакозан, докозан, трикозан, нонакозан. Бензилбензоат является фиксатором аромата, а высокое содержание сквалена дает основание обратить внимание фармацевтов на цветочное сырье сирени обыкновенной.

Выводы

В результате проведенных исследований показана возможность использования соцветий различных форм сирени в качестве перспективного сырья для производства востребованной эфиромасличной продукции. Массовая доля летучих ароматических соединений в мисцелле после экстракции соцветий сирени составила от 0,127 % до 0,225 %, а содержание конкрета из этого сырья от 0,170 % до 0,330 % к массе свежих соцветий для разных образцов.

Установлено, что переработку свежих соцветий сирени обыкновенной для получения качественной, конкурентоспособной продукции целесообразно использовать способ экстракции, в варианте настаивания при низких положительных температурах с периодической сменой растворителя.

Литература

1. Машанов В. И., Андреева Н. Ф., Машанова Н. С., Логвиненко И. Е. Новые эфиромасличные культуры. Симферополь: изд-во Таврия, 1988. С. 4–9.
2. Войткевич С. А. Эфирные масла для парфюмерии и ароматерапии. М.: Пищевая промышленность, 1999. 282 с.
3. Багатурия Н. Эфирные масла лекарственных и пряноароматических растений: химия, технология получения, свойства. Тбилиси: изд-во Paragraf, 2007. 312 с.
4. Глумова Н. В., Грунина Е. Н. Технологические особенности переработки цветочного сырья перспективных эфиромасличных культур // Сборник тезисов IV научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В. И. Вернадского». Симферополь: ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского», 2018. С. 9–11.
5. Ефремов Е. А., Зыкова И. Д., Ефремов А. А. Изучение компонентного состава эфирного масла соцветий, семян и листьев сирени обыкновенной Сибирского региона // Тезисы IV всероссийской конференция «Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья». Кн. 2. Барнаул, 2009. С. 104–105.
6. Попик А. І., Кисличенко В. С., Король В. В. Дослідження компонентного складу ефірної олії квіток бузку звичайного сорту Красуня Москви // Український біофармацевтичний журнал. 2014. № 1 (30). С. 52–55.
7. Попик А. І., Кисличенко В. С., Король В. В. Хромато-мас-спектрометричне дослідження ефірної олії *Syringa vulgaris* L. // Медична хімія. 2011. Т. 13. № 3. С. 47–50.
8. Сидоров И. И., Турышева Н. А., Фалеева Л. П., Ясюкевич Е. И. Технология натуральных эфирных масел и синтетических душистый веществ. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 367 с.
9. Биохимические методы анализа эфиромасличных растений и эфирных масел // Под ред. Карпачевой А. Н. Симферополь, 1972. С. 55–64.
10. ГОСТ 30145-94. Масла эфирные и продукты эфиромасличного производства. Правила приемки, отбор проб и методы органолептических испытаний. М.: Стандартинформ. 1996. 10 с.
11. ГОСТ 14618.12-78. Масла эфирные, вещества душистые и полупродукты их синтеза. Методы определения температурных пределов перегонки, температуры плавления и застывания. М.: Издательство стандартов, 1991. 9 с.
12. ГОСТ 30143-94. Масла эфирные и продукты эфиромасличного производства. Метод определения кислотного числа. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, издательство стандартов, 1996. 10 с.
13. ГОСТ ISO 7609-2014. Масла эфирные. Анализ методом газовой хроматографии на капиллярных колонках. Общий метод. М.: Стандартинформ, 2015.12 с.

References

1. Mashanov V. I., Andreeva N. F., Mashanova N. S., Logvinenko I. E. New essential oil crops. Simferopol: Tavria, 1988. P. 4–9.
2. Voitkevich S. A. Essential oils for perfumery and aromatherapy. Moscow: Food Industry, 1999. 282 p.
3. Bagaturia N. Essential oils of medicinal and aromatic plants: chemistry, production technology, properties. Tbilisi: Paragraf, 2007. 312 p.

4. Glumova N. V., Grunina E. N. Technological features of the processing of floral raw materials of promising essential oil crops // Abstracts of the 4th scientific-practical conference of the faculty, graduate students, students and young scientists "Science days of V.I. Vernadsky Crimean Federal University". Simferopol: V. I. Vernadsky Crimean Federal University, 2018. P. 9–11.

5. Efremov E. A., Zykova I. D., Efremov A. A. The study of the component composition of the essential oil of inflorescences, seeds and leaves of common lilac from the Siberian region // Abstracts of the IV All-Russian Conference "New Achievements in Chemistry and Chemical Technology of Plant Raw Materials". Book 2. Barnaul, 2009. P. 104–105.

6. Popik A. I., Kislichenko V. S., Korol V. V. The study of the component composition of the essential oil from the lilac flowers of the variety 'Krasavitsa Moskvy' // Ukrainian Biopharmaceutical Journal. 2014. No. 1(30). P. 52–55.

7. Popik A. I., Kislichenko V. S., Korol V. V. Chromato-mass-spectrometricae research of essential oil of *Syringa vulgaris* L. // Medical Chemistry. 2011. Vol. 13. No. 3. P. 47–50.

8. Sidorov I. I., Turysheva N. A., Faleeva L. P., Yasyukevich E. I. Technology of natural essential oils and synthetic aromatic substances. Moscow: Light and food industry, 1984. 367 p.

9. Biochemical methods for the analysis of essential oil plants and essential oils // Ed. by Karpacheva A. N. Simferopol, 1972. P. 55–64.

10. GOST 30145-94. Essential oils and products of essential oil production. Acceptance rules, sampling and methods of organoleptic tests. Moscow: Standartinform. 1996. 10 p.

11. GOST 14618.12-78. Essential oils, aromatics and their intermediates. Methods for determination of distillation, melting and congelation temperature limits. Moscow: Publishing house of standards, 1991. 9 p.

12. GOST 30143-94. Essential oils and products of essential oil production. Method for determination of acid value. Minsk: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification, Publishing house of standards, 1996. 10 p.

13. GOST ISO 7609-2014. Essential oils. Analysis by gas chromatography on capillary columns. General method. Moscow: Standartinform, 2015. 12 p.

UDC 665.11+ 665.5

Grunina E. N., Belova I. V., Glumova N. V.

PLANTS OF THE GENUS *SYRINGA* L. – PROMISING RAW MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF ESSENTIAL OIL PRODUCTS

Summary. *Lilac inflorescences can be used to obtain extracted essential oil products (concrete, absolutes). The purpose of the work was to study the quality of extracted oil (concrete, absolutes) of common lilac obtained using an organic solvent and to show the possibility of using lilac inflorescences as a promising raw material for the production of essential oil products. Violet terry, violet non-terry and white terry inflorescences of common lilac cut into the phase of mass flowering served as a material for our research. The studies were carried out in 2018–2019 in the department of processing and standardization of essential oil raw materials of the FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea". The studies were carried out in two versions: 1) extraction in Soxhlet extractor at a boiling point of the solvent of 63–75 °C; 2) triple extraction by infusion at a low positive temperature +3 °C. The amount of the concrete was 0.190–0.210 % for the violet terry form of lilac and 0.270–0.330 % for the violet non-terry and white terry forms of lilac. When extracting by infusion, the yield of concrete was slightly lower compared to the first research option and amounted to 0.170–0.200 % (7–8 % less) for the violet terry form and 0.260–0.320 % (3–4 % less) for the white terry and violet non-terry forms of Syringa L. At the same time, the mass fraction of volatile aromatic compounds was significantly higher compared to the first research option and amounted to 0.152 % for violet terry lilac, 0.194 % and 0.225 % for white terry and violet non-terry lilacs. The processing of fresh lilac inflorescences to obtain high-quality products must be carried out by the extraction method: infusion at low positive temperatures with a periodic change of solvent.*

Keywords: *Syringa L., lilac inflorescences, concrete, absolutes, extraction, Soxhlet extractor.*

Грунина Елена Николаевна, научный сотрудник отдела переработки и стандартизации эфиромасличного сырья ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: elgrunina@mail.ru.

Белова Ирина Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела переработки и стандартизации эфиромасличного сырья ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: Belova_Irina80@mail.ru.

Глумова Наталья Всеволодовна, кандидат биологических наук, заведующий кафедрой технологии и оборудования производства жиров и эфирных масел Академии биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», 295492, Россия, Республика Крым, п. Аграрное, ул. Научная, 1; e-mail: n.v.glumova@mail.ru.

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

Belova Irina Viktorovna, Cand. Sc. (Agr.), researcher of the Department of processing and standardization of essential oils, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: Belova_Irina80@mail.ru.

Glumova Natalya Vsevolodovna, Cand. Sc. (Biol.), head of the Department of technology and equipment for the production of fats and essential oils, Academy of Bioresources and Environmental Management (Academic Unit) of V.I. Vernadsky Crimean Federal University; 1, Naychaya str., vill. Agrarnoe, Simferopol, Republic of Crimea, 295492, Russia; e-mail: n.v.glumova@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 27.02.2020.
Дата принятия к печати – 30.05.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-37-49
УДК 574.42:631/635:502/504

Гулянов Ю. А.

ПРЕДПОСЫЛКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИРОДОПОДОБНЫХ ПРИЁМОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В АГРОТЕХНОЛОГИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук (ИС УрО РАН) – обособленное структурное подразделение ФГБУН «Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук» (ОФИЦ РАН)

Реферат. *Разработка ориентированных на природоподобие технологий выращивания зерновых культур необходима для повышения стабильности полеводства. Цель исследований заключалась в изучении влияния различных по степени природоподобия приёмов основной обработки почвы на формирование высокопродуктивных агроценозов озимой пшеницы в условиях современных климатических и антропогенных изменений. Эксперименты выполняли в 2016– 2019 гг. на чернозёмах обыкновенных западной зоны Оренбургской области на посевах озимой мягкой пшеницы (Triticum aestivum L.) сорта Новоершовская, возделываемой в зернопаровом севообороте: пар чистый – озимая пшеница – яровая пшеница – ячмень. Изучали различные приёмы основной обработки почвы в полях севооборота (безотвальное глубокое рыхление на 23–25 см, вспашка на 23–25 см, двукратное дискование на 8–10 см и без обработок) и состояние её поверхности (мульчированности). Посев озимой пшеницы осуществляли в третьей декаде августа нормой 5,0 млн всхожих семян/га в трёхкратной повторности. Учеты и наблюдения проводили общепринятыми методами в соответствии с методическими указаниями. Статистическую обработку опытных данных проводили методами корреляционного и дисперсионного анализов. Выявлена тенденция перераспределения осадков по сезонам года в сторону их увеличения в холодные периоды и уменьшения – в тёплые (на 30,0 мм, или 16,0 %), с очевидным повышением засушливости летних месяцев, в особенности августа (меньше на 13,0 мм, или 38,2 %). Подтверждена значимость рационального использования осадков «непродуктивного» периода вегетации – поздних осенних и зимних, научно обоснованы перспективы природоподобных мульчированных технологий с минимальной обработкой почвы парового поля и прямым посевом яровых зерновых культур. При таких подходах формируется более плотный продуктивный стеблестой, который в совокупности с более тяжеловесными колосьями обеспечивает формирование высокого урожая озимой пшеницы – 2,76 т/га. В вариантах с ресурсосберегающей обработкой почвы отмечается меньшая по сравнению с минимальной обработкой (на 17,0 %) урожайность зерна – 2,36 т/га, и самая низкая – при традиционной обработке почвы (2,12 т/га).*

Ключевые слова: *степное земледелие, влагосберегающие приёмы, природоподобные технологии, озимая мягкая пшеница (Triticum aestivum L.), урожайность зерна.*

Введение

Становится всё более очевидным, что выращивание полевых культур на интенсивно обрабатываемых земледельческих угодьях с регулярными механическими нарушениями поверхностного горизонта приводит к формированию совершенно специфичных экосистем, существенно отличающихся от естественных и характеризующихся негативными изменениями с прогрессирующим снижением продуктивности [1]. По убеждению многих учёных [2–8] к этому приводят замена естественных растительных компонентов на искусственные, изменение количества и

элементарного состава растительных остатков, характера их распределения по профилю почвы, сопровождающиеся закономерной перестройкой внутрипочвенных процессов и трансформацией свойств почвы. Исчезновение природного степного войлока, выполняющего роль термо- и влагоизолятора, разреженный, по сравнению со степными ценозами растительный покров, открытая поверхность почвы во второй половине лета, создают возможность сильного прогревания обнажённых поверхностных слоев и больших потерь влаги [9]. В дополнение к этому усиливается минерализация органических остатков, сопровождающаяся дегумификацией и снижением эффективного плодородия почвы, устанавливается относительное гумусовое равновесие на более низком количественном уровне. Нарушается воспроизводство характерной зернистой структуры чернозёмов, обеспечивающей их высокую влагоёмкость и водопроницаемость, что особенно проявляется в условиях современных климатических и антропогенных изменений.

Обобщая многочисленные публикации отечественных и зарубежных учёных [7, 10–15] по обсуждаемой проблеме, всё многообразие негативных изменений при сельскохозяйственном освоении естественных экосистем сегодня можно представить в следующем виде:

– уничтожение «растительного покрывала», повышающего водопоглотительную и водоудерживающую способность почвы, снижающего непродуктивные потери влаги, защищающего обрабатываемый горизонт от изменения почвенного климата, длительного и глубокого промерзания, вызывающего значительные потери осадков холодного периода из-за стекания талых вод по мерзлой поверхности;

– замена многокомпонентного многоярусного фитоценоза, отражающего своеобразие конкретного местообитания (почвенного покрова), в течение всего вегетационного периода защищающего почву от изнуряющего солнечного излучения, ветра и сдерживающего развитие эрозионных процессов, на одноярусный, чаще всего однолетний и одновидовой агроценоз, покрывающий почву не более четырех–шести месяцев в году, с ежегодно разрушающимися и создающимися заново внешними и внутренними экологическими связями, нуждающийся в специальных мерах по поддержанию устойчивости и продуктивности;

– замена мозаичного растительного покрова, копирующего пространственную неоднородность факторов окружающей среды, с хорошо приспособленными к взаимному сосуществованию видами (низкорослыми и высокорослыми, глубокоукореняющимися и мелкоукореняющимися), с максимально возможной густотой стояния растений, площадью покрытия почвы и годовым приростом растительного покрова, соответствующим её естественному плодородию, на геометрически правильное поле, удобное для работы сельскохозяйственной техники с единой технологией возделывания культуры, полностью игнорирующей внутрипольную гетерогенность;

– замена генетического профиля почвы с набором горизонтов, сменяющих друг друга по глубине, на обрабатываемый, трансформировавшийся фактически в новый самостоятельный агрогоризонт слой почвы, отделённый от остального почти не участвующего в метаболизме профиля, не имеющий аналогов в естественных почвах, характеризующийся специфическими формами гумусовых веществ, нарушением установившихся органо-минеральных связей, иной организацией почвенной массы, с агрегированностью, сохраняющейся только на микроуровне, не соответствующий атрибутике гумусовых горизонтов чернозёмов и соответствующий агрогенной стадии почвообразования [1, 9, 28];

– замена замкнутого почти на 90 % круговорота веществ разомкнутой более чем на 50 % геохимической системой с дисбалансом круговорота элементов минерального питания, стимулирующего деградацию почв.

Для преодоления указанных проблем научное сообщество предлагает биологизированное земледелие, основным элементом которого является экологизация обработки почвы, означающая её минимизацию с целью приближения условий существования почвы и растений в агроценозах к условиям, характерным для естественных растительных сообществ. Отказ от вспашки и переход на безпахотные технологии обработки почвы рассматривается как экологизированный способ восстановления почвы и повышения продуктивности агроценозов [7]. Одними из таких технологий, близко воспроизводящих природоподобные взаимосвязи в системе «почва – растение», являются технологии минимальной обработки почвы и технологии прямого посева в необработанную почву, вызывающие высокий научно-практический интерес во всём мире. При возделывании сельскохозяйственных культур с подобным подходом сдерживается почвенная эрозия, повышается содержание гумуса, восстанавливается микробная биомасса, улучшается структура почвы и как результат повышается её плодородие [16]. Такие системы можно рассматривать в качестве технологий, наиболее близких к природе, поскольку почвенный слой не подвергается интенсивной механической обработке, остаётся укрытым слоем измельченных растительных остатков, впитывает и удерживает большее количество влаги. В связи с этим безпахотные технологии являются реальной альтернативой традиционным подходам в земледелии и нуждаются в повсеместном внедрении в регионах с засушливыми климатическими условиями, а также территориях, подверженных выветриванию и смыву верхнего плодородного слоя почвы.

Особую значимость указанные подходы приобретают в постцелинных регионах степной зоны РФ, где оптимизация структуры землепользования предполагает выведение из оборота деградированных земель и выделения наиболее ценных в ландшафтном отношении местностей и урочищ, что будет неизбежно сопровождаться интенсификацией земледелия на пригодных для обработки землях [4, 28].

В условиях Оренбургского Предуралья, где климатически обусловленный дефицит атмосферного увлажнения и влагорасточительные традиционные технологии сопровождаются нестабильностью валовых сборов и низкой урожайностью полевых культур, остро стоит вопрос о научном обосновании инновационных технологических подходов, исключающих перечисленные негативные последствия и построенных на основе заимствованных у природы экологоориентированных приёмов.

Стратегическую важность в современных рыночных условиях хозяйствования приобретает поиск экономически наиболее эффективных и экологически наименее вредных приёмов обработки почвы при длительном и краткосрочном применении в севооборотах с зерновыми культурами, обеспечивающими продовольственную безопасность населения. Острозасушливые условия территории, истощённые, подверженные деградации почвы, диспаритет стоимости сельскохозяйственной и промышленной продукции дополнительно усиливают необходимость адаптации инновационных технологий к зональным условиям.

В этой связи разработка природоподобных систем земледелия для степных регионов РФ, являющихся основными поставщиками продовольственного зерна, достаточно актуальна, а полученные результаты имеют высокое практическое значение в условиях современных климатических и антропогенных изменений.

Цель исследований – изучение влияния различных по степени природоподобия приёмов основной обработки почвы в севообороте на формирование устойчивых высокопродуктивных агроценозов озимой пшеницы в условиях

современных климатических и антропогенных изменений степной зоны Оренбургского Предуралья.

Для выполнения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

– обобщить негативные изменения в природных экосистемах при их земледельческом освоении и теоретически обосновать перспективы реализации новационных технологий, включающих наиболее природоподобные приёмы основной обработки почвы в севообороте;

– провести анализ агрометеорологических условий в период проведения исследований, изучить динамику атмосферных осадков и температуры воздуха за предшествующие двадцать лет и определить оптимальную длительность временного периода (включающего вегетацию озимой пшеницы), осадки которого наиболее тесно коррелируют с урожайностью;

– изучить особенности формирования урожая и продуктивность озимой пшеницы в технологиях, отличающихся приёмами основной обработки почвы и состоянием её поверхности, в том числе основанной на природоподобных подходах мульчированной технологии с минимальной обработкой почвы парового поля и прямым посевом яровых зерновых культур;

– обосновать практическую значимость полученных результатов и перспективу продолжения научных исследований.

Материалы и методы исследований

Полевые исследования проводили в 2016–2019 гг. в зоне сухих степей Оренбургского Предуралья на обрабатываемых земледельческих угодьях западной зоны Оренбургской области. Почва опытного участка – чернозём обыкновенный с содержанием гумуса в пахотном слое почвы 4,2 % (по методу Тюрина), подвижного азота (NO_3^-) – 1,63 мг/100 г почвы (при определении ионометрическим методом), легкогидролизуемого азота – 10,6 мг (по методу Тюрина и Кононовой), подвижного фосфора (P_2O_5) – 5,16 мг и обменного калия (K_2O) – 33,0 мг/100 г почвы (по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО).

Зона исследований характеризуется недостаточным и неустойчивым атмосферным увлажнением, с продолжительной, морозной и часто малоснежной зимой, короткой дружной весной с быстрым переходом в жаркое засушливое лето, продолжительной тёплой и сухой осенью. Гидротермический коэффициент территории указывает на засушливость климата (ГТК = 0,6–0,8). В отличие от влагообеспеченности, температурный режим и солнечная радиация практически не лимитируют формирование урожая традиционных полевых культур [17].

Объектом исследований являлись различные приёмы основной обработки почвы в системе зернопарового севооборота пар – озимая пшеница – яровая пшеница – ячмень при возделывании озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.,) сорта Новоершовская. Изучали три варианта основной обработки почвы:

1) традиционную обработку, включающую безотвальное глубокое рыхление почвы (23–25 см) под яровую пшеницу и ячмень и вспашку (23–25 см) парового поля; в целом за ротацию севооборота на поверхности почвы наблюдали слабо выраженный растительно-почвенный мульчирующий слой в поле яровой пшеницы и ячменя, отсутствовавший в поле озимой пшеницы;

2) ресурсосберегающую обработку, включающую двукратное перекрёстное дискование (8–10 см) под все культуры севооборота; наблюдали не полностью сформированный мозаичный растительно-почвенный мульчирующий слой на поверхности почвы во всех полях севооборота;

3) минимальную обработку, включающую прямой посев яровой пшеницы и ячменя и двукратное перекрёстное дискование (8–10 см) парового поля; наблюдали

практически сплошной неглубокий (1,0–1,5 см) растительно-почвенный мульчирующий слой на поверхности почвы всех полей севооборота.

Пожнивные растительные остатки во всех изучаемых вариантах ежегодно равномерно распределяли по поверхности поля одновременно с уборкой. Вслед за уборкой яровой пшеницы и ячменя проводили опрыскивание гербицидом «Ураган Форте», к.э. (2,0–2,5 кг/га во всех вариантах), с последующей через 14 дней основной обработкой почвы. После яровой пшеницы она включала безотвальное глубокое рыхление на 23–25 см (вариант 1) и двукратное перекрёстное дискование на 8–10 см (вариант 2), а после ячменя – вспашку на 23–25 см (вариант 1) и двукратное перекрёстное дискование на 8–10 см (варианты 2 и 3).

Предпосевная подготовка парового поля включала покровное боронование и двукратную культивацию на глубину заделки семян (5–7 см) во всех изучаемых вариантах. Посев озимой пшеницы проводили в трёхкратной повторности в третьей декаде августа нормой 5,0 млн всхожих семян/га, предварительно протравленных препаратом «Максим» (2,5 кг/т). Минеральные удобрения (NP) общей нормой 93 кг/га д. в. (под климатически обеспеченную урожайность) вносили в три приёма: 36 кг/га – при посеве (аммофос, 60 кг/га), 34 кг/га – в прикорневую подкормку весной при физической спелости почвы (нитрофос, 90 кг/га), 23 кг/га (мочевина, 50 кг/га) – в некорневую подкормку в фазе выхода в трубку с расходом рабочего раствора 300 л/га и концентрацией 16,6 % (по мочевине), 7,6 % (по д. в.). Для защиты от снежной плесени посевы с осени обрабатывали «Фундазолом» (0,5 кг/га) и «Каратэ» (0,2 л/га) – против тлей и цикад. Вегетационные гербицидные обработки – опрыскивания препаратом «Ковбой Супер» (150 мл/га) проводили в полях яровой пшеницы и ячменя в фазе кущения.

Учеты и наблюдения проводили общепринятыми методами в соответствии с указаниями Б. А. Доспехова, В. Ф. Мосейченко и других [18, 19]. Статистическую обработку опытных данных проводили методами корреляционного и дисперсионного анализов.

Результаты и их обсуждение

Общеизвестно, что озимая пшеница является растением культурного земледелия, способным формировать стабильные урожаи качественного продовольственного зерна только при высокой обеспеченности условиями внешней среды. В степной зоне Оренбургского Предуралья обеспеченность растений доступной почвенной влагой, особенно в критические периоды роста и развития, является основным параметром, сдерживающим расширение её площадей [20] и высокую реализацию генетического потенциала адаптивных сортов, даже при оптимальном сочетании других факторов [17].

Изучение особенностей выпадения осадков за предшествующий двадцатилетний период позволило выявить их заметную динамику в отдельные годы и обозначило устойчивую тенденцию к перераспределению их по сезонам года, а также повышающуюся засушливость отдельных месяцев (рисунок 1).

Так, при среднемноголетнем значении годовых атмосферных осадков на уровне 367,0 мм их количество в отдельные годы анализируемого периода изменялось от 239, 0 мм (2014 г.) до 474,0 мм (2013 г.), то есть, составляло 65,1–129,2 % от нормы с размахом вариации 235,0 мм. Девять анализируемых лет (45,0 %) характеризовались как более увлажнённые, в 11 лет (55,0 %) осадков выпадало меньше нормы, хотя в целом их среднегодовое количество составило 361,0 мм и оказалось практически равным среднемноголетним значениям.

Характерной особенностью этого периода стало перераспределение осадков по сезонам года в сторону их увеличения в холодные сезоны и уменьшения – в тёплые, с очевидным повышением засушливости летних месяцев, в особенности августа.

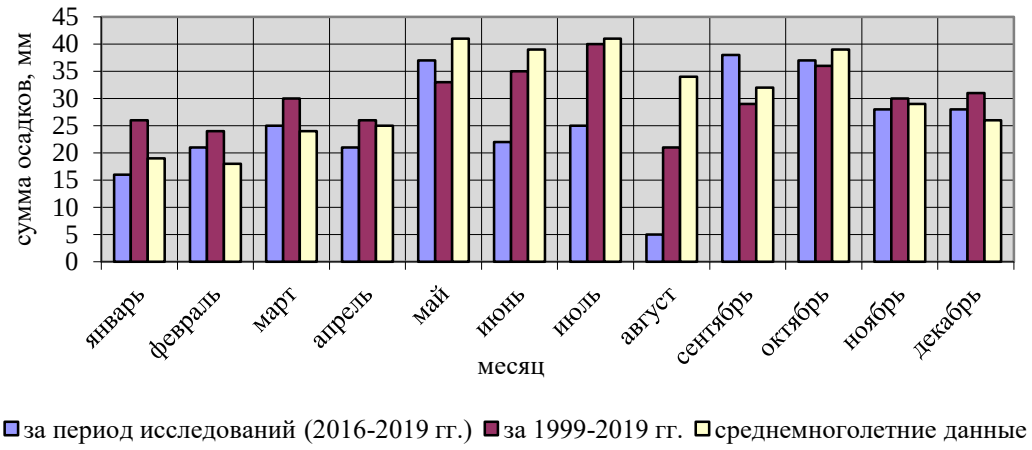


Рисунок 1 – Динамика выпадения осадков в степной зоне Оренбургского Предуралья за двадцатилетний период (1999–2019 гг.)

Осадков, выпадающих за зиму и начало весны (декабрь–апрель), стало больше на 24,0 мм (11,2 %), а летних и начала осени (май–сентябрь) – уменьшилось на 30,0 мм или 16,0 %. На этом фоне крайне скудным выглядит атмосферное увлажнение августа (21,0 мм), уменьшившееся по сравнению со среднемноголетними значениями (34,0 мм) на 13,0 мм или 38,2 %.

В период проведения представленных полевых исследований (в среднем за 2016–2019 гг.) с декабря по апрель выпало близкое к норме количество осадков – 112,0 мм. В летние же месяцы их оказалось значительно меньше, чем в предыдущие годы – 127,0 мм (68,0 % от нормы), из которых только 5,0 мм (14,7 % от нормы) выпало в августе.

Учитывая почти годовую продолжительность вегетационного периода озимой пшеницы и дополнительный год на парование, с целью определения наиболее важных по обеспеченности влагой временных интервалов, нами была определена корреляция урожайности зерна за 2000–2015 гг. с осадками в следующие периоды:

– с апреля по июнь текущего года (I);
– с августа предшествующего по июнь текущего года (II);
– с сентября, предшествующего парованию, по июнь текущего года (III).

Установлено, что при значительной степени рассеивания данных, с коэффициентом вариации 24 %, наиболее сильно (r = 0,563) урожайность озимой пшеницы была связана с количеством атмосферных осадков в период с августа предшествующего по июнь текущего года (таблица 1).

Этот период полностью совпадает с вегетацией озимой пшеницы и включает посев, появление всходов, перезимовку, возобновление весенней вегетации и формирование урожая. С более длительным периодом, включающим ещё и год парования, урожайность оказалась менее связанной (r = 0,280), что является подтверждением уже высказывавшихся в научной литературе суждений о полной потере традиционным паром в сухостепной зоне не только всех летних осадков, но и части зимних, предшествующего парованию года. Количество атмосферных осадков за период с апреля по июнь текущего года на урожайность зерна оказало самое слабое влияние (r = 0,271), что является убедительным свидетельством безапелляционной значимости рационального использования осадков «непродуктивного» периода вегетации – поздних осенних и зимних [21–24].

Следует отметить, что в годы проведения исследований количество атмосферных осадков значительно менялось (таблица 2), что оказывало заметное влияние на рост, развитие и формирование урожайности озимой пшеницы.

Таблица 1 – Корреляция урожайности озимой пшеницы с осадками в различные периоды (средние данные за 2000–2015 гг.)

Показатель	Среднее	Максимальное значение	Минимальное значение	Коэффициент вариации, %	Коэффициент корреляции (*r*) с урожайностью
Урожайность зерна, т/га	1,46	1,93 (2002 г.)	0,85 (2004 г.)	24	
Количество осадков, мм (I)	98	195 (2000 г.)	23 (2010 г.)	45	0,271
Количество осадков, мм (II)	321	424 (2007 г.)	232 (2015 г.)	20	0,563
Количество осадков, мм (III)	680	817 (2008 г.)	539 (2015 г.)	12	0,280

Таблица 2 – Динамика выпадения осадков в период проведения исследований (2016–2019 гг.)

Год исследований	Количество осадков, мм				
	за период парования (апрель–июль)	за вегетацию (август–июнь)	в том числе по периодам		
			за август и осеннюю вегетацию (август–октябрь)	за холодный период года (ноябрь–март)	за весенне-летнюю вегетацию (апрель–июнь)
2016–2017 гг.	112	338	2 / 114	137	87
2017–2018 гг.	120	231	4 / 67	87	77
2018–2019 гг.	97	240	8 / 57	132	51
Средние за период исследований	110	270	5 / 79	119	72
Средние за 1999–2019 гг.	134	321	21 / 86	141	94
Среднемноголетние	146	367	34 / 105	116	105

Так, количество выпавших атмосферных осадков, приуроченное к периодам активной вегетации или покоя озимой пшеницы, в разрезе лет исследований варьировало следующим образом. В целом за вегетацию оно изменялось на 107,0 мм (46,3 %), с максимальными значениями в 2016/17 сельскохозяйственном году (338 мм) и минимальными – в 2017/18 сельскохозяйственном году (231 мм). В период парования (апрель–июль) выпадало от 97 до 120 мм, что на 14–37 мм (10,4–27,6 %) меньше, чем за предыдущий двадцатилетний период и на 26–49 мм (17,8–33,5 %) меньше среднемноголетних значений. В период активной осенней вегетации (август–октябрь) в среднем за три года исследований отмечено 79 мм осадков, что ниже средних за предыдущие двадцать лет (на 7 мм или 8,1 %) и среднемноголетних – на 26 мм или 24,7 %, размах вариации составил 57 мм или 100,0 %.

Характерной особенностью периода исследований стала экстремальная засушливость августа – в этом месяце ни в один из анализируемых годов не выпало агрономически ценного количества осадков (более 10,0 мм).

Увлажнение холодного периода вегетации и покоя озимой пшеницы, соответствовало обозначенному выше тренду увеличения влагообеспеченности этого периода и в два из трёх лет оказалось выше среднемноголетних значений на 16–21 мм (13,7–18,1 %). В последовавший весенне-летний период (апрель–июнь) сложился засушливый режим увлажнения, с варьированием осадков по годам от 51 до 87 мм, что составило только 48,5–82,9 % от нормы.

Температурные условия в период исследований подвергались меньшему варьированию (таблица 3).

Так, коэффициент вариации среднесуточной температуры воздуха в период парования по годам составил 3,5 %, а с августа по октябрь, в период появления всходов и осенней вегетации озимой пшеницы – только 1 %. В период весенне-летней вегетации наблюдали более заметную динамику среднесуточной температуры (9,9 %), в основном из-за 2019 г., когда она была выше аналогичного показателя в предшествующие годы на 1,9 °С (2018 г.) – 2,8 °С (2017 г.).

При этом следует отметить тенденцию к повышению среднесуточных температур в указанные периоды, как по сравнению со средними за последние

двадцать лет (на 0,1; 0,7 и 0,7 °С), так и в особенности со среднемноголетними значениями (на 1,5; 2,0 и 1,1 °С).

Таблица 3 – Гидротермическая характеристика периодов вегетации озимой пшеницы

Показатель	Сумма эффективных температур, °С	ГТК, мм/°С (по Селянинову)	Среднесуточная температура воздуха, °С
2016/17 сельскохозяйственный год	2087*/1334**/1193***	0,53/0,85/0,73	16,1/14,6/13,1
2017/18 сельскохозяйственный год	1902/1328/1282	0,63/0,50/0,60	15,1/14,5/14,0
2018/19 сельскохозяйственный год	2073/1358/1456	0,47/0,42/0,35	16,0/14,8/15,9
Коэффициент вариации, %	5,1/1,1/10,2	20,6/38,7/34,5	3,5/1,0/9,9
Средние за 2016–2019 гг.	2021/1340/1310	0,54/0,59/0,55	15,7/14,6/14,3
Средние за 1999–2019 гг.	1768/1271/1365	0,75/0,67/0,69	15,6/13,9/14,0
Среднемноголетние	1580/1157/1211	0,92/0,91/0,86	14,2/12,6/13,2

Примечание. ** за апрель–июль; ** за август–октябрь; *** за апрель–июнь.*

По указанной причине сумма эффективных температур за период парования (апрель–июль) оказалась выше средних за последние двадцать лет на 253 °С и на 441 °С выше среднемноголетних. В период осенней вегетации (август–октябрь) она также была выше – на 69 и 183 °С соответственно, а в весенне-летний период оказалась близкой к средним за последние двадцать лет и превысила среднемноголетний показатель на 99 °С.

На фоне устойчивого роста температуры и снижения количества осадков в теплые сезоны года достаточно чётко обозначилась тенденция снижения ГТК (по Селянинову), свидетельствующая о повышении засушливости анализируемых периодов вегетации озимой пшеницы. При среднемноголетних значениях 0,92 за период парования (апрель–июль), 0,91 – за август–октябрь и 0,86 – за весенне-летнюю вегетацию (засушливый характер), за последние двадцать лет по соответствующим периодам он понизился до 0,75; 0,67 и 0,69 соответственно, а в среднем за годы исследований составил 0,54; 0,59 и 0,65 (очень засушливый характер).

Заключая анализ условий атмосферного увлажнения по периодам вегетации озимой пшеницы за последние двадцать лет и трехлетний период представленного полевого эксперимента, можно достаточно обоснованно утверждать об обозначившейся тенденции повышения засушливости климата Оренбургского Предуралья. Особенно очевидно это проявляется в снижении количества атмосферных осадков в тёплые сезоны года. Так, предшествующий посеву период парования характеризуется уменьшением количества осадков в среднем на 37 мм (25,7 %), а самым сухим месяцем года становится август, когда может вообще не наблюдаться ни одного агрономически ценного дождя. Аналогичная ситуация складывается и в осеннюю, и в весенне-летнюю вегетации, осадков выпадает на 26–33 мм (24,7–31,4 %) меньше среднемноголетних значений соответственно. Напротив, характерной особенностью холодного периода является рост атмосферного увлажнения по большинству лет, в среднем на 18–20 мм (10–11 %).

В целом, обозначенные тенденции изменения условий атмосферного увлажнения Оренбургского Предуралья и экологические последствия длительного расточительного использования земельных ресурсов при традиционных подходах к обработке почвы, выразившиеся в повсеместном снижении урожайного потенциала зональных почв, и стали основанием для проведения глубокого анализа сложившихся взаимоотношений в системе «почва–растение» и изучения особенностей формирования устойчивых высокопродуктивных агроценозов озимой пшеницы при различных по степени природоподобия приёмах основной обработки почвы в севообороте.

Как мы уже отмечали в своих публикациях [19], при возделывании озимой пшеницы для получения высоких и стабильных урожаев важное значение имеет

формирование дружных всходов, напрямую зависящее от обеспеченности почвы на глубине заделки семян достаточным количеством продуктивной влаги.

Среди изученных нами технологических подходов наиболее полные и дружные всходы озимой пшеницы во все годы исследований отмечали в варианте с минимальной обработкой почвы, где число нормально взошедших растений изменялось от 457 (2018 г.) до 475–480 (2016 и 2017 гг.) шт./м^2, а в среднем оказалось равным 470 шт./м^2. Среднее по данному показателю положение (423 шт./м^2 в среднем за три года) занял вариант с ресурсосберегающей обработкой, а самая низкая полнота всходов сложилась при традиционной системе подготовки почвы – 407 шт./м^2.

На наш взгляд, в сложившихся гидротермических условиях периода исследований при прочих равных условиях, решающее значение в формировании полноты всходов сыграли приёмы обработки почвы и состояние её поверхности, оказавшие влияние на сохранность и рациональное расходование почвенных влагозапасов. Лучшие результаты обеспечило растительно-почвенное покрывало при полном исключении в севообороте обработок почвы под яровую пшеницу и ячмень и двукратном перекрёстном дисковании парового поля, а худшей оказалась традиционная технология обработки почвы. Аналогичные опытные данные получены и другими исследователями [25–27].

Следует отметить ещё одну, на наш взгляд немаловажную особенность климата Оренбургского Предуралья, заключающуюся в длительных летних бездождевых периодах, заканчивающихся скоротечными ливнями, когда в течение непродолжительного промежутка времени (10–20 минут) выпадает до полумесячной, а иногда и месячная норма осадков. Подобные проявления отмечали в летние периоды 2017 и 2018 гг., вызвавшие бурные потоки на полях, обрабатываемых по традиционной технологии, уносившие вместе с не успевшей впитаться водой и незакрепленный плодородный слой почвы, а иногда и растения. Наблюдения показали, что защищенная пожнивными остатками и сохранившая естественную структуру почва на участках с минимальной обработкой поглощала влагу полнее и оказалась более устойчивой к разрушению.

Получившие значительное преимущество в полноте с осени, посевы озимой пшеницы, размещённые на участках с минимальной обработкой почвы, хорошо раскустились, лучше перезимовали и показали высокую сохранность растений. К уборке они сформировали более плотный продуктивный стеблестой (332 шт./м^2), который в совокупности с более тяжеловесными колосьями (0,83 г) обеспечил в среднем за три года формирование самой высокой в полевом эксперименте урожайности зерна – 2,76 т/га (таблица 4).

Таблица 4 – Структурные показатели посевов и урожайность озимой пшеницы при различных технологиях возделывания (2017–2019 гг.)

Обработка почвы	Год	Плотность продуктивного стеблестоя, шт./м^2	Продуктивная кустистость	Масса зерна с колоса, г	Биологическая урожайность зерна, т/га
Традиционная	2017	292	1,2	0,83	2,42
	2018	280	1,1	0,79	2,21
	2019	232	1,0	0,75	1,74
	среднее	268	1,1	0,79	2,12
Ресурсосберегающая	2017	326	1,2	0,85	2,77
	2018	290	1,1	0,81	2,35
	2019	257	1,0	0,77	1,98
	среднее	291	1,1	0,81	2,36
Минимальная	2017	363	1,3	0,86	3,12
	2018	331	1,2	0,83	2,75
	2019	301	1,1	0,80	2,43
	среднее	332	1,2	0,83	2,76
$НСР_{05}$		15,08	0,07	0,01	0,16

В указанном варианте наивысшая урожайность отмечена и по отдельным годам. В наименее засушливом 2016/17 сельскохозяйственном году она составила 3,12 т/га, что оказалось выше вариантов с ресурсосберегающей и традиционной обработкой почвы на 12,6–28,9 %. А в самом сухом 2018/19 сельскохозяйственном году урожайность участков с минимальной обработкой почвы была выше соответственно на 0,45–0,69 т/га (22,7–39,6 %).

В варианте с ресурсосберегающей обработкой почвы во все годы исследований отмечали меньшую урожайность зерна, составившую в среднем за три года – 2,36 т/га (меньше на 17,0 %) и превысившую урожайность варианта с традиционной обработкой почвы (2,12 т/га).

Выводы

Проведённые исследования позволили установить, что в условиях повышающейся засушливости периодов вегетации озимой пшеницы и смещения акцентов увлажнения на холодные сезоны года, на фоне негативных изменений в агроэкосистемах при их традиционном земледельческом освоении, в короткоротационных зернопаровых севооборотах степной зоны Оренбургского Предуралья достаточно высоки перспективы реализации основанных на природоподобных подходах мульчированных технологий с минимальной обработкой почвы парового поля и прямым посевом яровых зерновых культур. При таком подходе формируется более плотный продуктивный стеблестой озимой пшеницы, который в совокупности с более тяжеловесными колосьями обеспечивает высокую реализацию урожайного потенциала адаптивного сорта Новоершовская – 2,76 т/га. В вариантах с ресурсосберегающей обработкой почвы отмечена меньшая по сравнению с минимальной обработкой (на 17,0 %) урожайность зерна – 2,36 т/га и самая низкая – при традиционной обработке почвы (2,12 т/га).

Данная статья является продолжением серии публикаций о перспективах реализации природоподобных агротехнологий, подготовленных по результатам полевых и экспедиционных исследований в степной зоне Оренбургского Предуралья. Основным направлением продолжения исследований рассматривается адаптация прямого посева озимой пшеницы в технологиях без обработки почвы (no-till).

Статья подготовлена по теме НИР Института степи УрО РАН: «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды», №ГР АААА-А17-117012610022-5.

Литература

1. Лебедева И. И., Королёва И. Е., Гребенников А. М. Концепция эволюции чернозёмов в условиях агроэкосистем // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2013. Вып. 71. С. 16–26.
2. Солонкин А. В., Болдырь В. А., Селиванова В. Ю. No-till – начало освоения в острозасушливых условиях Волгоградской области // Сельскохозяйственный журнал. 2019. № 3(12). С. 31–37.
3. Vach M., Hisnikovsky L., Javurek M. The effect of different tillage methods on torsion // Agriculture (Pol'nohospodarstvo). 2018. Vol. 64. No. 1. P. 28–34.
4. Гулянов Ю. А., Левыкин С. В., Казачков Г. В. Оптимизация сельскохозяйственного землепользования на основе природоподобных технологий // Вопросы степеведения. 2018. № 14. С. 57–61.
5. Alvarez R., Steinbach H.S. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas // Soil and Tillage Research. 2009. No 1. P. 1–15.
6. William F., Ann C., Douglas L. Eight years of annual no-till cropping in Washington's winter wheat-summer fallow region // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2007. No. 2 – No 4. P. 345–358.
7. Кирюшин В. И. Экологические основы земледелия. М.: Колос, 1996. 367 с.
8. Абаимов В. Ф., Соболин Г. В., Сатункин И. В., Гулянов Ю. А., Коровин Ю. И. Экологические проблемы России и Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2005. № 4(8). С. 7–10.

9. Лебедева И. И., Королева И. Е., Гребенников А. М. Концепция эволюции черноземов в условиях агроэкосиситем // Бюллетень почвенного института имени В. В. Докучаева. 2013. № 71. С. 16–26.

10. Аллен Х. П. Прямой посев и минимальная обработка почвы. М.: Агропромиздат, 1985. 208 с.

11. Поляков Д. Г., Бакиров Ф. Г. Органическая мульча и No-till в земледелии: обзор зарубежного опыта // Земледелие. 2020. № 1. С. 3–7. DOI: 0.24411/0044-3913-2020-10101.

12. Mulumba L.N., Lal R. Mulching effects on selected soil physical properties // Soil and Tillage Research, 2008.Vol. 98. No. 1. P. 106–111.

13. Jordan A., Zavala L.M., Gil J. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain // Catena. 2010. Vol. 81. No. 1. P. 77–85.

14. Rahma A. E., Warrington D. N., Lei T. Efficacy of wheat straw mulching in reducing soil and water losses from three typical soils of the Loess Plateau, China // International Soil and Water Conservation Research. 2019. Vol. 7. P. 335–345.

15. Керженцев А. С., Кузьменчук Ю. А. Другой земли у нас нет // Вестник Российской академии наук. 2009. Т. 79. № 4. С. 312–319.

16. Кроветто К. Прямой посев (No-till). Самара: «Элайт», 2010. 206 с.

17. Гулянов Ю. А., Досов Д. Ж., Умарова С. А. Эффективность использования биоклиматических ресурсов при выращивании озимой пшеницы в Оренбуржье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. № 2(26). С. 48–50.

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

19. Моисейченко В. Ф., Трифонова В. Ф., Заверюха А. Х., Ещенко В. Е. Основы научных исследований в агрономии. М.: Колос, 1996. 336 с.

20. Гулянов Ю. А. Совершенствование научных подходов к эффективному использованию природных ресурсов в агротехнологиях степной зоны // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019. № 4. 12 с.

21. Гулянов Ю. А. Приёмы рационального использования водных ресурсов в ландшафтно-адаптивных технологиях степной зоны Оренбургского Предуралья // Теоретические проблемы экологии и эволюции: сборник материалов Международных VII Любищевских чтений «Качество воды и водные биоресурсы». Тольятти: Издательство «Анна», 2020. С. 238–244.

22. Дридигер В. К., Стукалов Р. С., Матвеев А. Г. Влияние типа почвы и её плотности на урожайность озимой пшеницы, возделываемой по технологии No-till в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Земледелие. 2017. № 2. С.19–22.

23. Алабушев А. В., Попов А. С., Овсянникова Г. В., Сухарев А. А., Игнатьева Н. Г. Оптимизация системы удобрений под мягкую озимую пшеницу в южной зоне Ростовской области // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 4(16). С. 9–17.

24. De Vitaa P., Di Paolob E., Fecondob G., Di Fonzoc N., Pisanted M. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy // Soil and tillage research. 2007. No. 1–No. 2. P. 69–78.

25. Дридигер В. К. Технология no-till и допускаемые при её освоении ошибки // Сельскохозяйственный журнал. 2018. № 1 (11). С.14–23.

26. Кащаев Е. А. Эффективность технологий возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте на чернозёме обыкновенном зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Таврический вестник аграрной науки. 2016. № 4(8). С. 72–81.

27. Лицуков С. Д., Ширяев А. В., Кузнецова Л. Н., Линков С. А., Сегидин А. Н. Агроэкологическая оценка технологии No-till в условиях Белгородской области // Вестник Курской Государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 9. С. 46–48.

28. Гулянов Ю. А., Чибилев А. А., Чибилев (мл.) А. А. Резервы повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы и их зависимость от гетерогенности посевов в условиях степной зоны Оренбургского Предуралья // Юг России: экологи, развитие. 2020. Т. 15. № 1(54). С. 79–88.

References

1. Lebedeva I. I., Koroleva I. E., Grebennikov A. M. The concept of evolution of chernozems in agroecosystems // Dokuchaev Soil Bulletin. 2013. Vol. 71. P. 16–26.

2. Solonkin A. V., Boldir V. A., Selivanova V. Yu. No-till is the beginning of development in the extremely arid conditions of the Volgograd region // Agricultural Journal. 2019. No. 3 (12). P. 31–37.

3. Vach M., Hisnikovsky L., Javurek M. The effect of different tillage methods on torsion // Agriculture (Pol'nohospodarstvo). 2018. Vol. 64. No. 1. P. 28–34.

4. Gulyanov Yu. A., Levykin S. V., Kazachkov G. V. Optimization of agricultural land use on the basis on nature-like technologies // Problems of Steppe Science. 2018. No. 14. P. 57–61

5. Alvarez R., Steinbach H. S. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas // Soil and Tillage Research. 2009. No. 1. P. 1–15.

6. William F., Ann C., Douglas L. Eight years of annual no-till cropping in Washington's winter wheat-summer fallow region // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2007. No. 2-No. 4. P. 345–358.

7. Kiryushin V. I. Ecological basis of agriculture. Moscow: Kolos, 1996. 367 p.

8. Abaimov V. F., Sobolin G. V., Satunkin I. V., Gulyanov Yu. A., Korovin Yu. I. Ecological problems in Russia and the Orenburg region // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2005. No. 4 (8). P. 7–10.

9. Lebedeva I. I., Koroleva I. E., Grebennikov A. M. The cjncept of evolution of chernozems in agroecosystems // Docuchaev Soil Bulletin. 2013. No. 71. P. 16–26.

10. Allen H. P. Direct sowing and minimal tillage. Moscow: Agropromizdat, 1985. 208 p.

11. Polyakov D. G., Bakirov F. G. Organic mulch and No-till in agriculture: a review of international experience // Zemledelie. 2020. No. 1. P. 3–7. DOI: 0.24411/0044-3913-2020-10101.

12. Mulumba L. N., Lal R. Mulching effects on selected soil physical properties // Soil and Tillage Research. 2008. Vol. 98. No. 1. P. 106–111.

13. Jordan A., Zavala L. M., Gil J. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain // Catena. 2010. Vol. 81. No. 1. P. 77–85.

14. Rahma A. E., Warrington D. N., Lei T. Efficacy of wheat straw mulching in reducing soil and water losses from three typical soils of the Loess Plateau, China // International soil and water conservation research. 2019. Vol. 7. P. 335–345.

15. Kerzhentsev A. S., Kuzmenchuk Yu.A. We have no other land // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2009. Vol. 79. No. 4. P. 312–319.

16. Crowetto C. Direct sowing (No-till). Samara: Aelight, 2010. 206 p.

17. Gulyanov Yu. A., Dosov D. Zh., Umarova, S. A. Efficiency of using bioclimatic resources in winter wheat cultivation in Orenburg region // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2010. No. 2 (26). P. 48–50.

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

19. Moiseichenko V. F., Trifonova V. F., Zaveryukha A.Kh., Yeshchenko V.E. Fundamentals of scientific research in agronomy. Moscow: Kolos, 1996. 336 p.

20. Gulyanov Yu. A. Improvement of scientific approaches to the effective natural resources use of agrotechnologies in the steppe zone of the Russian Federation // Bulletin Orenburg research center UB RAS. 2019. No. 4. 12 p.

21. Gulyanov Yu. A. Methods of rational use of water resources in landscape-adaptive technologies of the steppe zone of the Orenburg Pre-Urals // Theoretical problems of ecology and evolution: compendium of the International VII Lubischev Readings "Water Quality and Aquatic Biological Resources". Tolyatti: Publishing house "Anna", 2020. P. 238–244.

22. Dridiger V. K., Stukalov R. S., Matveev A. G. Influence of soil type and its density on winter wheat yield, cultivated by No-till technology in the zone of unstable moistening of Stavropol Krai // Zemledelie. 2017. No. 2. P. 19–22.

23. Alabushev A. V., Popov A. S., Ovsyannikova G. V., Sukharev A.A., Ignatieva N. G. Optimization of fertilizing system for winter soft wheat in the southern part of Rostov region // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2018. No. 4 (16). P. 9–17.

24. De Vitaa P., Di Paolob E., Fecondob G., Di Fonzoc N., Pisanted M. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy // Soil and tillage research. 2007. No. 1-No. 2. P. 69–78.

25. Dridiger V. K. The no-till technology and mistakes made during its mastering // Agricultural Journal. 2018. No. 1 (11). P. 14–23.

26. Kaschaev E. A. Efficiency of technologies of agricultural crops cultivation in crop rotation on the chernozem ordinary in the zone of unstable moistening of Stavropol Krai // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2016. No. 4(8). P. 72–81.

27. Litsukov S. D., Shiryaev A. V., Kuznetsova L. N., Linkov S. A., Segidin A. N. Agroecological assessment of No-till technology in the Belgorod region // Vestnik of Kursk State Agricultural Academy. 2013. No. 9. P. 46–48.

28. Gulyanov Yu. A., Chibilov A. A., Chibilov (jr.) A. A. Reserves for the increase of yield and quality of winter wheat grain and their dependence on the heterogeneity of crops in the condition of Steppe zone of Orenburg Urals, Russia // South of Russia: ecology, development. 2020. Vol. 15. No. 1(15). P. 79–88.

UDC 574.42:631/635:502/504

Gulyanov Yu. A.

BACKGROUND AND PROSPECTS FOR THE IMPLEMENTATION OF NATURE-LIKE CULTIVATION TECHNIQUES IN THE AGROTECHNOLOGIES OF THE STEPPE ZONE OF ORENBURG URALS

Summary. *The development of nature-oriented technologies for crop production under modern climatic and anthropogenic changes is necessary to increase the stability of field husbandry. The purpose of the research was to study the influence of various tillage methods differing at their nature-likeness on the formation of highly productive winter wheat agrocenoses under conditions of modern climate and anthropogenic changes. The studies were carried out in 2016–2019 on ordinary chernozems of the western zone of the Orenburg region. Winter soft wheat (Triticum aestivum L.) variety 'Novoershovskaya' was cultivated in the grain-fallow crop rotation: summer fallow – winter wheat – spring wheat – barley. We studied different methods of primary tillage in the fields of crop rotation (23–25 cm subsurface loosening, 23–25 cm plowing, 8–10 cm double disking, without tillage) and soil surface or mulching conditions. The planting of winter wheat was carried out in late August; seeding rate – 5.0 million seeds/ha; triple replication. The recordings and observations were carried out according to generally accepted methods, as specified in the recommendations of B. A. Dospekhov, V. F. Moseychenko, etc. Statistical processing of experimental data was carried out by methods of correlation and analysis of variance. We also revealed a tendency of precipitation redistribution over the seasons of the year: an increase in the cold periods and a decrease in the warm periods (30.0 mm or 16.0 % less); an obvious increase in the aridity of the summer months, especially August (13.0 mm or 38.2 % less). The research confirmed the importance of rational precipitation use in "unproductive" vegetation period (late autumn and winter). Besides, we gave a scientifically valid outlook of nature-like mulching technologies, as well as minimal fallow tillage and direct sowing of spring grains. Following these approaches, we can form a denser and more productive stalk with heavier ears, which ensures high yields of winter wheat – 2.76 t/ha. Resource-saving technology provides lower grain yield at a rate of 2.36 t/ha compared to minimal tillage (17.0 % less); the lowest grain yield (2.12 t/ha) was obtained at the trial fields where traditional tillage was applied.*

Keywords: *steppe farming, moisture-saving techniques, nature-like technologies, Triticum aestivum L., winter soft wheat, grain yield.*

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

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

Дата поступления в редакцию – 25.02.2020.
Дата принятия к печати – 05.05.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-50-56
УДК 635.611:631.526.32

Елисеева Н. А.

НОВЫЙ СОРТ ДЫНИ КАЛАМИТА

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. *Выведение и внедрение в сельскохозяйственное производство новых продуктивных сортов дыни с комплексом ценных признаков является актуальным направлением научно-исследовательской работы. Цель исследований – создать раннеспелый высокопродуктивный сорт дыни с хорошими вкусовыми свойствами плодов. Исследования проводили в 2016–2018 гг. на опытных полях ФГБУН «НИИСХ Крыма» (окрестности г. Симферополя, с. Укромное). Основной метод создания – внутривидовая гибридизация между сортом Титовка и отцовской линией № 22 – отбором из Среднеазиатского образца с последующим индивидуальным семейственным отбором. Высев семян осуществляли с 27 апреля по 11 мая при прогревании почвы на глубине 8–10 см до 15 °С. Схема посева стандартная – рядовым способом на 140 см, площадь питания одного растения – 1,0×1,5 м^2. Для сравнения сортов между собой проводили метеорологические, фенологические наблюдения, биометрические измерения; учёт урожая с оценкой товарности плодов, определение их качества (визуально, органолептически, с помощью полевого рефрактометра и в лабораторных условиях); оценивали выровненность образца; степень поражения растений основными болезнями и вредителями. Метеоусловия 2016–2017 гг. характеризовались умеренными температурами, неравномерно выпадающими осадками, преимущественно в виде ливней. 2018 г. характеризовался засушливыми условиями, высокими температурами (до 36,8 °С), ливнями и градом в середине июля. Сумма эффективных температур за весь период вегетации составила 1957,6 °С, что выше уровня прошлого года на 44,5 °С. Почвы представлены южным карбонатным тяжелосуглинистым чернозёмом. В ходе работы создан новый раннеспелый сорт дыни Каламита с дружной отдачей урожая, транспортабельный, превышающий стандарт сорт Таманская по показателям товарной урожайности плодов на 82 % (20,2 т/га), средней массе плода – на 45 % (1,8 т/га), содержанию растворимых сухих веществ – на 15 %, со средней общей урожайностью плодов 23 т/га, приспособленный для выращивания в южных регионах России, соотношение выхода раннего урожая составляет 62 %. Сорт относительно устойчив к пероноспорозу (среднее поражение – 23 %), антракнозу (15 %), устойчив к фузариозному увяданию, положительно реагирует на внесение удобрений, особенно фосфорно-калийных, отдаёт предпочтение лёгким аэрированным почвам на южном склоне.*

Ключевые слова: *дыня (Cucumis melo L.), сорт, генотип, селекция, признаки, урожайность, товарность плодов, вегетационный период, абиотические факторы.*

Введение

Бахчеводство – традиционная отрасль сельского хозяйства для юга России. Ежегодно площадь, занимаемая бахчевыми культурами в РФ, насчитывает более 150 тыс. га [1]. Одной из основных задач бахчеводства является создание зон промышленного производства плодов бахчевых культур, обеспечивающих формирование высоких урожаев [2]. Расширение зон возделывания бахчевой продукции в связи с потеплением климата, привело к востребованности ведения селекции адаптивной направленности. Необходимы сорта, приспособленные к конкретным климатическим условиям: жаростойкие, засухоустойчивые, более ранних сроков созревания для возделывания в различных зонах [2, 3].

Благодаря ценным пищевым и диетическим свойствам плодов, дыня является одной из популярных бахчевых культур в России. Её сорта отличаются по вкусовым свойствам, сахаристости, консистенции мякоти, её цвету, по внешнему виду плодов [4]. В Государственный реестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию, внесено в 2020 г. 165 образцов дыни различных сроков созревания и происхождения [6].

В Крыму наибольшим спросом пользуются раннеспелые формы с дружной отдачей урожая, которые отличаются высокими вкусовыми свойствами плодов. Всё больше и больше внимания население уделяет разнообразию предлагаемой на рынке продукции для удовлетворения спроса на любой вкус.

В решении этих задач помогает работа по созданию новых генетических форм, которые, наряду с полезными хозяйственно ценными признаками, отличались бы высокой степенью адаптивности к стрессовым факторам внешней среды и устойчивостью к болезням. Расширение существующего ассортимента происходит благодаря селекции [1, 4, 5].

Таким образом, выведение и внедрение в сельскохозяйственное производство новых продуктивных сортов дыни с комплексом хозяйственно ценных признаков является актуальным направлением нашей работы.

Цель исследований – создать раннеспелый высокопродуктивный сорт дыни с хорошими вкусовыми свойствами плодов.

Задачи исследования – провести гибридизацию на основе выделенных родительских форм, выделить лучшую линию на всех этапах селекционного процесса на основе существующих методик. Провести конкурсное испытание в сравнении с существующими сортами.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2016–2018 гг. на опытных полях ФГБУН «НИИСХ Крыма», расположенных в 12 км на северо-восток от г. Симферополя в с. Укромное. Работу по созданию нового раннеспелого сорта дыни проводили по полной схеме селекционного процесса. Основным методом создания была внутривидовая гибридизация: между сортом Титовка и отцовской линией № 22 – отбором из Среднеазиатского образца с последующим индивидуальным семейственным отбором.

Почвы представлены южным карбонатным тяжелосуглинистым чернозёмом, механический состав – глинистый, структура комковатая. Объёмная масса метрового слоя почвы – 1,36 г/см^3. Максимальная гигроскопичность – 9,2 %. Содержание гумуса (ГОСТ 26213-91) – 4,3 %, азота (ГОСТ 26951-86) – 3,2 – 5,6, фосфора (по Мачигину) – 8,9, калия (по Мачигину) – 64,8 мг/100г; pH почвенного раствора – 8,3. Глубина пахотного горизонта – 30–40 см.

В период с 2016 по 2018 гг. проведено конкурсное испытание нового сорта дыни Каламита в сравнении со стандартом сортом Таманская. Закладку опытов проводили согласно существующей методики по селекции бахчевых культур [7, 8]. Высев семян осуществляли в оптимальные сроки с 27 апреля по 11 мая при прогревании почвы на глубине 8–10 см до 15 °С. Схема посева стандартная – рядовым способом на 140 см, площадь питания одного растения – 1,0×1,5 м^2.

Для сравнения сортов между собой проводили метеорологические, фенологические наблюдения, биометрические измерения; учёт урожая с оценкой товарности плодов, определение их качества (визуально, органолептически, с помощью полевого рефрактометра и в лабораторных условиях); оценивали выровненность образца; степень поражения растений основными болезнями (пероноспороз, антракноз, фузариоз) и вредителями [7].

Статистическую обработку полученных данных осуществляли методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [8].

В предгорной зоне Крыма климат характеризуется как степной умеренно континентальный с засушливым жарким летом со своей характерной не выравненностью, частой сменой жары и нерегулярно выпадающих осадков. В летний период преобладает северо-восточное направление перемещения воздушных масс, причём со скоростью больше 15 м/с, продолжительностью 7–14 дней, унося с собой запас почвенной влаги, что наносит непоправимый ущерб посевам сельскохозяйственных культур. Количество выпадающей влаги ограничено и составляет 350–450 мм в год, причём летом в виде ливней.

Погодные условия первой половины вегетационного периода 2016 г. сопровождались умеренными температурами на фоне достаточного количества выпадающих осадков. К началу созревания плодов дыни выпало 293,2 мм при средней многолетней норме – 206 мм. Среднесуточные температуры воздуха с середины июня до конца августа находились в пределах 21,0–25,1 °С. Сумма эффективных температур (СЭТ) в период формирования плодов дыни (с 15.06 по 30.07) составляла 987 °С при норме 930–970 °С; за весь период вегетации – 1738 °С.

Метеоусловия 2017 г. мало отличались от предшествующего года. Среднесуточные температуры июня были ниже показателей прошлого года на 1,7–2,0 °С и изменялись в пределах 18,5–23,1°С, осадки выпадали неравномерно и в основном в первой половине лета. До начала созревания плодов выпало 328,9 мм, что выше нормы на 59,7 %. Сумма эффективных температур в период с 15.06 по 30.07 составляла 938,5 °С, за весь вегетационный период – 1913,2 °С.

Период развития растений дыни 2018 г. отличался от двух предшествующих лет длительной весенней засухой с сильными ветрами юго-восточного направления. На фоне высоких дневных температур, количество осадков за апрель, май, июнь и первую декаду июля составило всего 84 мм, что в два раза меньше нормы, при изменении среднесуточных температур в июне от 18,2 °С до 22,6 °С, а максимальные температуры доходили до 36,8 °С. С 13 июля этого года резко увеличилось выпадение осадков, сопровождающихся ливнями и градом. За вторую половину июля выпала двухмесячная норма осадков (122 мм), что благоприятно повлияло на повышение урожайности плодов при снижении их товарности и содержании сахаров, особенно у раннеспелых форм. Сумма эффективных температур до начала созревания плодов была значительно выше двух предшествующих лет и соответствовала значению 1014 °С, за весь период вегетации её величина была 1957,6 °С, что выше уровня прошлого года на 44,5 °С.

Результаты и их обсуждение

Сорт дыни Каламита (внесён в Государственный реестр селекционных достижений РФ с 2019 года, код 8355799) – раннеспелый, от всходов до начала созревания плодов 65–75 дней, что на 7–10 дней раньше местного сорта Алушта. Продолжительность плодоношения 15–20 дней. Соотношение раннего урожая к общему – 65 %.

Сорт относится к виду *Cucumis melo* L., подвиду – дыня культурная *melo sanivus*, разновидности – европейская *var. Ameri*.

Растения имеют среднее количество плетей от 6 до 8 шт., длина главной плети – 160–175 см, длина плетей второго порядка – от 150 до 200 см. Форма листовой пластинки почковидная, слабо рассечённая, край листа зубчатый. Лопасти у основания листа не доходят до черешка. Окраска листовой пластинки зелёная, размер средний – 9,6 × 16,5 см, положение по отношению к стеблю – около 80°.

Женские цветки гермафродитные, располагаются на плетях первого и второго порядка в первом и третьем узле.

Форма плода – шаровидная, слегка сплющена, индекс плода – 0,92–1,00, длина плода 13–15 см, ширина – 14–16 см. Масса товарного плода от 1,5 до 2,0 кг, в среднем 1,8 кг.

Поверхность плода гладкая, сетка нежная, сплошная средней густоты, иногда расположена ближе к вершине плода. Окраска фона оранжево-жёлтая, без рисунка. Кора тонкая, белая, гнущаяся. Мякоть белая, средней толщины от 3,5 до 5,0 см, сбежистость отсутствует. Структура мякоти нежная, сочная, с характерным ароматом дыни. Вкус – сладкий. Дегустационная оценка – 4,0 балла.

Семенное гнездо среднее 8,7 × 11,5 см, окраска – белая или кремово-белая. Положение плацент постенное, количество – 3, они открытые, сухие, рыхлые; семенная камера открытая, средней величины. Семена белые, широкоовальные, гладкие. Масса 1000 шт. – 37,5–47,5 г.

За годы изучения новый сорт дыни Каламита по товарной урожайности плодов превышал стандарт сорт Таманская в среднем на 82 % (таблица 1). Урожайность плодов за первую декаду плодоношения превышала стандарт на 44,8 %, что свидетельствует о дружном созревании плодов и ранней отдаче урожая. Товарность плодов превосходила стандарт на 11 %. По биохимическим показателям Каламита имела преимущества в среднем от 11 до 15 % над стандартом, по вкусовым свойствам плодов на 14 %. Содержание сухих веществ в мякоти плодов менялось от 9,5 % до 13,5 %, общего сахара – от 8,5 % до 10,5 %, витамина «С» – от 30,5 до 36,5 мг/100 г. Товарный вид плодов нового сорта соответствовал современным нормам и был выше стандарта. Анализируя в комплексе все признаки, можно сделать вывод о явном его преимуществе.

Таблица 1 – Основные хозяйственно биологические показатели изучаемых образцов дыни (среднее за 2016–2018 гг.)

Показатель		Сорт	
		Таманская (St.)	Каламита
Вегетационный период, сутки		62,0 ± 3,7	72,0± 2,0
Общая урожайность плодов, т/га		14,2 ± 1,8	23,1 ±3,7
Товарная урожайность плодов, т/га		11,1 ± 1,8	20,2 ± 3,2
$НСР_{05}$	5,14 т/га		
Урожайность за первую декаду плодоношения, т/га;		8,7 ± 1,8	12,6 ± 3,5
в % к общему урожаю товарных плодов		78,0 ± 4,0	65,0 ± 4,0
Товарность плодов, %		77,0± 3,5	88,0 ± 2,5
Средняя масса плода, кг		1,1 ± 0,1	1,8 ± 0,0
$НСР_{05}$	0,37 кг		
Состав мякоти плодов	содержание сухих растворимых веществ, %	10,0 ± 0,3	11,5 ± 0,9
	общий сахар, %	8,6 ± 0,4	9,6 ± 0,5
	витамин «С», мг/на 100г	26,9 ± 1,0	30,5 ± 3,0
	нитраты, мг/кг	45,0 ± 21,2	43,0 ± 24,9
Дегустационная оценка, баллы		3,5 ± 0,2	4,0 ± 0,1
Выход семян из 1т плодов, %		0,88 ± 0,1	0,92 ± 0,1

Большой ущерб растениям дыни наносят грибковые заболевания: антракноз, бурая пятнистость листьев и ложная мучнистая роса. Поэтому выявление степени устойчивости к данным заболеваниям, имеет решающее значение при выведении новых сортов и гибридов, а также в формировании высоких стабильных урожаев. Сравнительная оценка поражения основными болезнями новых сортов дыни по данным конкурсного испытания в условиях предгорной зоны Крыма за 2016–2018 гг. представлена в таблице 2.

Технология выращивания данного сорта общепринятая для бахчевых культур. Лучшими предшественниками являются озимая пшеница, пласт многолетних трав, кукуруза на зелёный корм; допустимый предшественник – ячмень.

Таблица 2 – Поражение сортов дыни болезнями в полевых условиях

Сорт	Поражение антракнозом					Поражение пероноспорозом				
	по годам в %				балл	по годам в %				балл
	2016	2017	2018	среднее		2016	2017	2018	среднее	
Таманская (St.)	20	28	35	28	3	27	37	55	40	4
Каламита	13	15	17	15	2	17	25	27	23	2
$НСР_{05}$				8					21	

В овощных севооборотах его можно размещать после корнеплодов, лука, капусты. Не рекомендуется дыню высевать на одном месте более двух лет, это приводит к накоплению возбудителей основных заболеваний дыни, снижению урожая плодов.

Дыня хорошо отзывается на размещение на богатых органикой почвах, предпочитая лёгкие и средние суглинки, плохо переносит засоление и при концентрации солей в пахотном горизонте 0,5–0,7 % (в том числе 0,05–0,07 % солей хлора) растения погибают.

Обработка почвы общепринятая для пропашных культур. С учётом механического состава обязательным приёмом является глубокая вспашка, хотя бы через год, для лучшей аэрации почвенного слоя и заделки семян сорных растений. В настоящее время все больше отдается предпочтение поверхностной обработке почвы, которую лучше проводить по предшественнику. Оптимальными сроками высева семян раннеспелой группы сортов в Крыму являются конец апреля–начало мая в зависимости от температуры прогревания почвы на глубине 10 см до 14–16 °С. Глубина заделки семян – 4–6 см, норма высева – 1,0–1,5 кг. За годы изучения оптимальным был период с 27 апреля по седьмое мая. После ранневесенней культивации, за две недели до посева вносят гербициды по всходам сорных растений контактного действия, если этот приём не успели провести, то его можно применять до всходов культуры, не позднее пяти дней после высева семян.

После появления всходов, на пятые–шестые сутки проводят первое профилактическое опрыскивание посевов против вредителей и болезней раствором препаратов: «Регент» + «Превикур» + гумат калия в рекомендуемых дозах. Через неделю обработку повторяют, заменяя препараты на «Конфидор» + «Квадрис» + «Карбамид». Первую корневую подкормку растений проводят в зависимости от состояния посевов, но не позднее фазы шатрика, последующие – через каждые 7–10 дней смесью препаратов гумата калия (20 л/га) и водорастворимых азотных удобрений: аммиачной селитры и мочевины (25 кг/га).

В период усиленного роста растений и формирования плодов, вместо азотных удобрений используют водорастворимые марки «Мастер» (13:40:13) (20 л/га) + гуматы (100 кг/га). Вносить удобрения можно в три приема.

Перед началом цветения используют «Мастер» (13:40:13) 40 кг/га; аммиачную селитру (75 кг/га) + нитрат кальция (100 кг/га); сульфат магния (50 кг/га) плюс ортофосфорная кислота (1,5–5,0 кг/га). Подкормки проводят с интервалом четыре–семь дней.

В период цветения обязательным является опрыскивание растений жидкими гумифицированными органическими удобрениями с микроэлементами типа «Reasil micro Humic B/Mo» 15 мл/10 л воды. Необходимо проводить две обработки с интервалом пять дней.

В период роста плодов с интервалом семь дней подкармливают баковой смесью препаратов: «Мастер» (18:18:18) (20 кг/га), аммиачная селитра (15 кг/га), нитрат кальция (8 кг/га) и «Бороплюс» (5 кг/га).

В период созревания плодов осуществляют две подкормки препаратами: 1) «Мастер» (15:5:30) 30 кг/га, нитрат кальция (125 кг/га), гумат калия (20 л/га); 2) «Монокалийфосфат» (10 кг/га), нитрат кальция (7–9 кг/га), «Мастер» (15:5:30) (30 кг/га).

В течении вегетации против вредителей и болезней можно применять «Квадрис», «Консенто», «Фалькон», «Тиовит Джет», «Калипсо» и «Конфидор», «Энжио», «Калипсо» в рекомендуемых дозах.

Полив осуществляют по мере необходимости и при проведении подкормок с интервалом от пяти до десяти суток. После первого полива в фазе настоящего листочка необходимо выдержать безполивной период до 40 дней и в дальнейшем нижний порог влажности почвы во всех фазах развития растений постоянно поддерживать в пределах 65–70 % от наименьшей влагоёмкости почвы. В начале созревания плодов достаточно провести 1–2 полива.

Сбор плодов дыни осуществляют выборочно по мере их созревания. Данный сорт отличается дружным созреванием, поэтому проводят два–три сбора. Для хранения лучше всего собирать плоды с плодоножкой, во второй половине дня в ясную солнечную погоду, осторожно укладывая в коробки.

Выводы

В результате селекционной работы создан новый раннеспелый сорт дыни Каламита. Сорт отличается скороспелостью и дружным созреванием плодов, транспортабельный, превышающий стандарт сорт Таманская по показателям товарной урожайности плодов на 82 % (20,2 т/га), средней массе плода – на 45 % (1,8 т/га), содержанию растворимых сухих веществ – на 15 % (11,5 %), с средней общей урожайностью плодов 23 т/га, приспособленный для выращивания в южных регионах России, соотношение выхода раннего урожая составляет 62 %.

Средняя общая урожайность плодов на капельном орошении – 23 т/га, при максимально возможной – 36 т/га.

Сорт относительно устойчив к пероноспорозу (среднее поражение – 23 %), антракнозу (15 %), устойчив к фузариозному увяданию, положительно реагирует на внесение удобрений, особенно фосфорно-калийных, отдаёт предпочтение лёгким аэрированным почвам на южном склоне.

Литература

1. Литвинов С. С., Быковский Ю. А. Бахчеводство: стратегия и перспективы развития // Картофель и овощи. 2013. № 5. С. 2–5.
2. Быковский Ю. А. Проблемы и перспективы развития бахчеводства России // Картофель и овощи. 2014. № 6. С. 2–7.
3. Колебошина Т. Г., Егорова Г. С., Варивода Е. А., Шапошников Д. С. Значение селекции бахчевых культур в развитии отрасли бахчеводства // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Серия «Наука и высшее профессиональное образование». 2017. № 1 (45). С. 90–97.
4. Быковский Ю. А., Емельянова Л. В. Новые сорта дыни для товарного производства // Картофель и овощи. 2013. № 5. С. 29–32.
5. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Россельхозакадемия, 2011. 649 с.
6. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 516 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2019/07/REESTR_2019-3.pdf (дата обращения 09.06.2020).
7. Селекция бахчевых культур: методические указания // Под ред. Фурса Т. Б. Л.: ВИР, 1988. 78 с.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. С. 320–323.

References

1. Litvinov S. S., Bykovskiy Yu. A. Watermelon growing: strategy and prospects of development// Potato and Vegetables. 2013. No. 5. P. 2–5.
2. Bykovskiy Yu. A. Problems and prospects of watermelon growing in Russia // Potato and Vegetables. 2014. No. 6. P. 2–7.
3. Koleboshina T. G., Egorova G. S., Varivoda E. A., Shaposhnikov D. S. The value selection of melons in the melon industry development // Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education. 2017. No. 1 (45). P. 90–97.
4. Bykovskiy Yu. A., Emelyanova L. V. New cultivars of melon for commodity production // Potato and Vegetables. 2013. No. 5. P. 29–32.

5. Litvinov S. S. Methods of field experience in vegetable production. Moscow: Rosselkhozakademiya. 2011. 649 p.
6. Selection of melons: methodical instructions // Ed. by Fursa T. B. Leningrad: VIR, 1988. 78 p.
7. State Register of Breeding Achievements Permitted for Use. Vol. 1. Plant varieties/cultivars. Moscow: FSBSI "Rosinfornagrotekh", 2019. 516 p. [Electronic resource]. Access point: https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2019/07/REESTR_2019-3.pdf (reference's date 09.06.2020).
8. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Kolos, 1979. P. 320–323.

UDC 635.611:631.526.32

Eliseeva N. A.

'KALAMITA' – NEW VARIETY OF MELON

Summary. *The development of new varieties of melon with improved agronomic qualities, as well as introducing them into agricultural production, is a topical direction of research work. The aim of our research was to create an early-maturing, high-yielding variety of melon with excellent taste qualities. The study was conducted in 2016–2018 on the experimental fields of FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea" (suburbs of Simferopol, village of Ukromnoye). Seeds were sown from April 27 to May 11 at a temperature of about 15 °C at a depth of 8–10 cm. Planting scheme – standard – in rows at 140 cm; feeding area – 1.0×1.5 m^2 per one plant. The main method of creation is intraspecific hybridization between cultivar 'Titovka' and the paternal line No. 22 – selection from the Central Asian sample with subsequent individual family selection. To compare varieties, meteorological and phenological observations, as well as biometric measurements, were conducted; yield was accounted; marketability of fruits was assessed; quality was determined (visually, organoleptically, using a field refractometer, in the laboratory); alignment of the sample was estimated; degree of damage by major diseases and pests was evaluated. Weather conditions in 2016–2017 were characterized by moderate temperatures, irregular precipitation, mainly in the form of showers. Growing season 2018 was characterized by arid conditions, high temperatures (up to 36.8 °C), heavy rains and hail in mid-July. The sum of effective temperatures for the entire growing season was 1957.6 °C, which is 44.5 °C higher than that of the previous year. Soil – southern carbonate heavy loamy chernozem. Consequently, a new early-maturing melon variety 'Kalamita' was created. This is the variety with a friendly yield, transportable one, adapted for cultivation in the southern regions of Russia. It exceeds standard variety 'Taman' in terms of marketable fruit yield by 82 % (20.2 t/ha), average fruit weight – by 45 % (1.8 t/ha), soluble solids content – by 15 %. Its average total fruit yield reaches 23 t/ha, the ratio of early crop yield is 62 %. 'Kalamita' is relatively resistant to peronosporosis (damage at a level of 23 %), anthracnose (15 %) and fusarium wilt; responds positively to fertilizers, especially phosphorus-potassium; prefers light aerated soils on the southern slope.*

Keywords: *melon (Cucumis melo L.), cultivar, genotype, breeding, signs, yield, marketability, growing season, abiotic factors.*

Елисеева Надежда Алексеевна, 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: nadezhda.19.60@mail.ru.

Eliseeva Nadezhda Alekseevna, researcher of the Department of plant breeding and seed production of vegetables and melons, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: nadezhda.19.60@mail.

Дата поступления в редакцию – 02.02.2020.
Дата принятия к печати – 11.05.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-57-65

УДК 633.81

Золотилова О. М. [1], Невкрытая Н. В.[1], Золотилов В. А.[1], Коротких И. Н.[2], Аникина А. Ю.[3]

Экологическое испытание аниса обыкновенного сорта Артек в разных регионах России

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

Реферат. *Анис обыкновенный (Anisum vulgare Gaerth.) возделывают для получения плодов и эфирного масла, которые используют в медицине, парфюмерии, консервной, пищевой промышленности, ликероводочном производстве, хлебопечении и мыловарении. Цель исследований – сравнительный анализ показателей продуктивности аниса обыкновенного сорта Артек при выращивании в трех регионах, отличающихся метеорологическими условиями, для определения наиболее благоприятных для выращивания культуры. Исследования проводили в 2017–2019 гг. в соответствии с методическими указаниями по селекции эфиромасличных культур. Изучали сроки прохождения фаз развития, морфобиологические параметры, показатели продуктивности, содержание эфирного масла в плодах и его компонентный состав. Показано, что в связи с особенностью погодных условий посев в Подмосковье проводится позже, чем в Крыму и Краснодарском крае. Соответственно смещаются сроки прохождения фаз вегетации и наступления фазы технической спелости семян аниса. Наиболее сильное влияние контрастных погодных условий на продуктивность аниса сорта Артек отмечено в Крыму, где урожайность плодов была самой низкой и составляла, в среднем, 6,1 ц/га (1,8–10,0 ц/га). Содержание эфирного масла в плодах аниса варьировало по годам и регионам в довольно широких пределах – от 2,23 до 7,52 % от абсолютно сухой массы. Наибольшее накопление эфирного масла (в среднем, 6,31 ± 0,85 % от абсолютно сухой массы) отмечено при выращивании аниса в Крыму в условиях высокого температурного режима и пониженной влажности. Полученные в результате эксперимента данные позволяют говорить о возможности возделывания аниса обыкновенного сорта Артек во всех трех регионах. Однако наиболее благоприятными являются условия Центрального региона Нечерноземной зоны РФ, позволяющие, несмотря на различие погодных условий в разные годы, получать стабильный сбор масла с единицы площади, в среднем, 35,9 ± 3,3 кг/га (31,1–42,3 кг/га).*

Ключевые слова: *анис обыкновенный Anisum vulgare Gaerth., плоды, регион, массовая доля эфирного масла, сбор эфирного масла, компонентный состав.*

Введение

Анис обыкновенный (*Anisum vulgare* Gaerth.) является ценным эфиромасличным растением. Плоды и эфирное масло аниса, имеющее приятный аромат, применяют в медицине, парфюмерии, консервной, пищевой промышленности, ликероводочном производстве, хлебопечении и мыловарении [1, 2].

Это однолетнее травянистое растение семейства Сельдерейные (Apiaceae). Корень тонкий, веретеновидный; стебель прямой, округлый, бороздчатый, наверху ветвистый, 20–50 см высотой, нижние стеблевые листья на черешках, округло-почковидные, цельные, надрезанно-зубчатые или лопастные из трех округло-сердцевидных листочков; верхние листочки сидячие на узком влагалище, дважды или трижды перистые. Соцветия – сложные зонтики с 7–15 лучами диаметром до 6 см. Цветки мелкие с лепестками белого или кремового цвета; плод – яйцевидный,

коричневато-серого или буровато-серого цвета [1]. Плоды аниса содержат 2,5–5,0 % эфирного масла, основным компонентом которого является анетол (80–90 %). Анис – культура, требовательная к влаге и влажности воздуха, а также высокому плодородию почвы [2].

Сорт Артек, оригинатором которого является ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» включен в «Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию» РФ [3]. По данным конкурсного сортоиспытания урожайность плодов этого сорта в условиях Предгорной зоны Крыма составляет, в среднем, 7,4 ц/га, массовая доля эфирного масла – 4,6 %, содержание анетола в масле – 95,3 %, сбор эфирного масла – 39,7 кг/га [2].

При возделывании любых сельскохозяйственных культур возникает необходимость уточнения возможности выращивания их в различающихся почвенно-климатических условиях. Для этого проводят экологическое испытание сортов, что в дальнейшем позволяет рекомендовать для возделывания регионы с наиболее благоприятными условиями для роста и развития растений данного сорта [4–6]. В литературе имеются сведения о благоприятности условий разных подзон степной зоны Украины для возделывания аниса, без сопоставления характера проявления показателей продуктивности [7]. Имеется информация об изучении в Подольском государственном аграрно-техническом университете особенностей возделывания аниса сорта Артек в данном регионе, которая свидетельствует о достаточно высокой урожайности плодов [8].

Цель исследований – сравнительный анализ показателей продуктивности аниса обыкновенного сорта Артек при выращивании в трех регионах, отличающихся метеорологическими условиями, для определения наиболее благоприятных для выращивания культуры.

Материалы и методы исследований

Сравнительный анализ основных морфо-биологических признаков и показателей продуктивности аниса проведен в 2017–2019 гг. в трех регионах: Предгорная зона Крыма, Центральный регион Нечерноземной зоны РФ (Подмосковье), Западное Предкавказье (Краснодарский край), отличающихся метеорологическими условиями.

Экологическое испытание аниса обыкновенного проводили на сорте Артек. Лабораторная всхожесть семян урожая 2016 г. категории «оригинальные» – 90 %. На 1 п.м. высевали по 100–120 плодов. Посев проводили широкорядным способом, с междурядьями 60 см. Площадь учетной делянки – 0,6 м^2. К моменту проведения учетов количество растений на делянке составляло 60–70 шт. Учет показателей приводили при побурении 50–60 % плодов центральных зонтиков.

Методы исследования: полевые, лабораторные (биохимические), согласно разработанным методикам [9, 10]. Содержание эфирного масла в семенах из всех регионов определяли в лаборатории биохимии ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Выполнена статистическая обработка данных с использованием пакета программ Microsoft Excel 2010 [11].

Исследование проводили в с. Крымская Роза Белогорского района Республики Крым (отдел эфиромасличных и лекарственных растений ФГБУН «НИИСХ Крыма»), Подмосковье (ФГБНУ ВИЛАР) и ст. Васюринская (Краснодарский край, СКФ ФГБНУ ВИЛАР). Данные регионы имеют ряд отличий метеоусловий в рамках умеренно-континентального климата и почвенных показателей (таблица 1) [12–14].

Подмосковье – регион с наиболее низким температурным режимом, где сумма активных температур более чем в два раза уступает таковой двух остальных регионов.

По годовой сумме осадков Предгорье Крыма уступает и Подмосковью, и региону испытания в Краснодарском крае.

Таблица 1 – Почвенно-климатические показатели регионов проведения исследования

Показатель	Восточная предгорная часть Крыма	Западное Предкавказье (Краснодарский край)	Центральный регион Нечерноземной зоны (Московская область)
Макроклиматические показатели			
Тип климата	умеренно-континентальный	умеренно-континентальный	умеренно-континентальный
Годовая сумма эффективных температур, °С	3200–3400	3550–3600	1371
Годовая сумма осадков, мм	450–500	600–700	550–560
Средняя годовая испаряемость с поверхности, мм	460–484	550–742	420
Гидротермический коэффициент увлажнения (Г.Т. Селянинова)	0,9	0,3–0,4	1,4
Суммарная годовая солнечная радиация, ккал/см^2	112–128	115–120	87–89
Средняя суточная температура самого теплого месяца, °С	22,3 (июль)	22,6 (июль)	18,2 (июль)
Средняя суточная температура самого холодного месяца, °С	−0,8 (январь)	−2,1(январь)	−9,2 (январь)
Продолжительность периода со средней суточной температурой выше 0 °С, дней	292	300–310	180–220
Агробиологические показатели почв			
Тип почв	южные карбонатные черноземы	типичные выщелоченные черноземы	дерново-подзолистые
Гранулометрический состав почв	тяжелые суглинки	тяжелые суглинки	средние суглинки
Кислотность, pH	8,0	5,9	4,6

Существенные различия имеют почвы экспериментальных участков регионов исследования. По типу – это черноземы: южные карбонатные в Крыму, выщелоченные в Краснодарском крае и дерново-подзолистые в Подмосковье. Наиболее богата гумусом почва опытного участка в Краснодарском крае (среднее содержание – 3,7 %). Почва слабокислая, pH – 5,9. Более бедные по содержанию гумуса почвы участков в Крыму и Подмосковье (среднее содержание – 2,35 и 2,55 % соответственно). Почва в Крыму – слабощелочная, (pH – 8,0, в среднем), в Подмосковье – кислая (pH – 4,6, в среднем).

Показатели температуры воздуха периода активной вегетации растений довольно значительно различались в разные годы и по регионам проведения исследований [6]. На рисунке 1 приведены показатели среднемесячной температуры воздуха с марта по август (период активной вегетации растений) во всех регионах. Как и следовало ожидать, исходя из общей характеристики регионов, самые высокие температуры отмечены за все годы наблюдений в Краснодарском крае, а самые низкие – в Подмосковье.

Также, соответственно характеристике регионов, отмечены различия в количестве осадков (рисунок 2). Как следует из приведенных данных, самыми засушливыми являются условия экспериментального участка в Предгорной зоне Крыма.

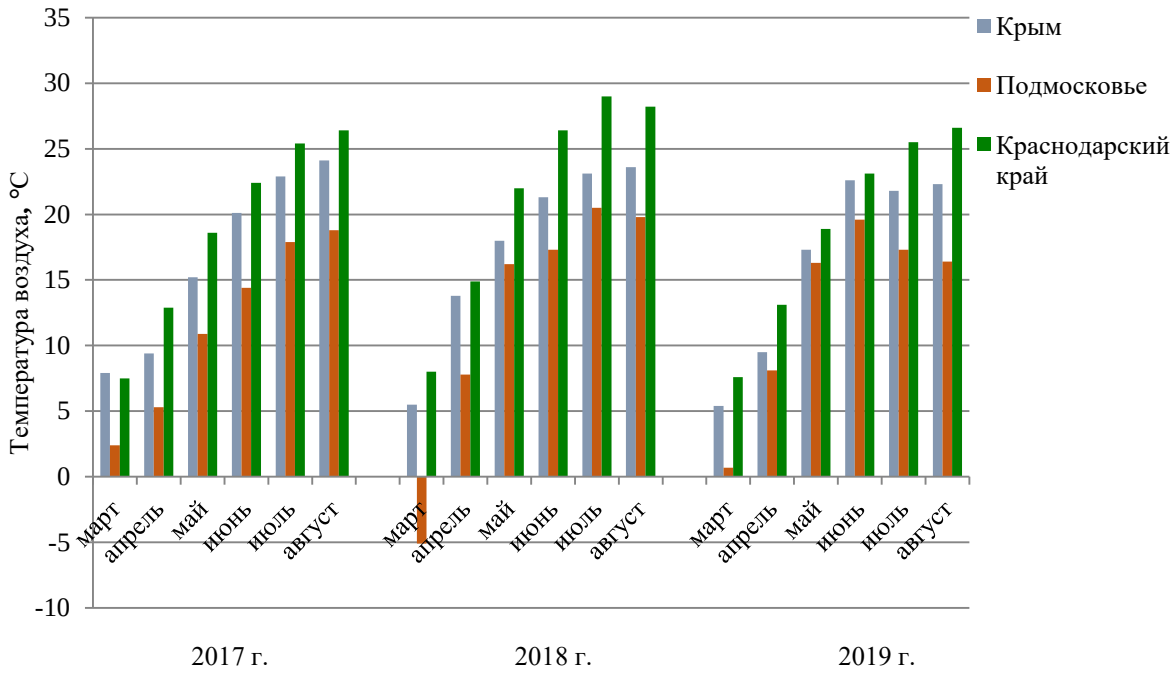


Рисунок 1 – Среднемесячные температуры в период вегетации в регионах исследования

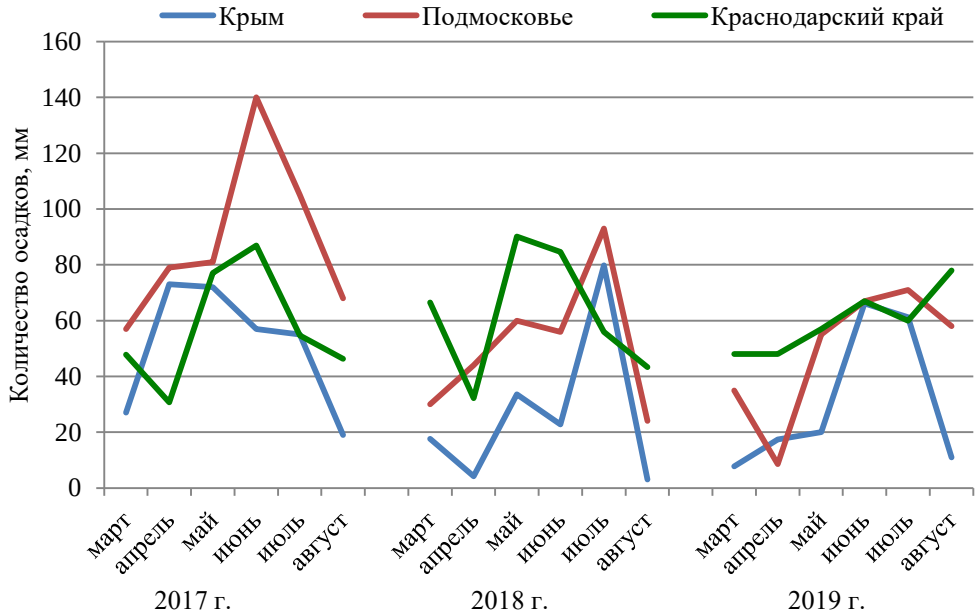


Рисунок 2 – Среднемесячное количество осадков в период вегетации в регионах исследования

Наиболее благоприятным для развития аниса по метеоусловиям был 2017 г., характеризовавшийся обилием осадков во всех регионах и близким к среднемноголетним показателям температурным режимом.

Менее благоприятными для развития растений были условия 2018 г. Значительно более засушливым был этот сезон для Подмосковья и экстремальным в условиях Крымского Предгорья, где наблюдали высокие температуры при минимальном количестве осадков. Весенняя засуха, июньская жара и последующие обильные дожди не благоприятствовали формированию урожая семян. Условия в Краснодарском крае были сходны с таковыми в 2017 г. Количество выпавших

осадков, хотя и было меньше, чем в предыдущем году, но незначительно отличалось от средних многолетних показателей.

В 2019 г. во всех регионах температурный режим и количество осадков были ниже, чем в предыдущие годы. В Крыму сочетание температурного фактора и количества осадков было не столь экстремальным, как в 2018 г.

Результаты и их обсуждение

Особенности метеоусловий в регионах в годы проведения исследований обусловили различия в сроках прохождения фаз развития растений, в характере проявления морфобиологических параметров и показателей продуктивности изучаемого сорта аниса обыкновенного. В связи с отличиями условий весенне-летнего периода сроки посева, проведения учетов и созревания различались по годам и регионам. Наиболее поздно проводили посев в Подмосковье – в конце апреля–начале мая. Соответственно здесь были смещены и все сроки прохождения фаз вегетации (таблица 2).

Таблица 2 – Фенология развития растений аниса сорта Артек

Регион	Год	Фаза развития растений. Дата наступления и окончания					
		посев	всходы	бутонизация	цветение	побурение плодов центральных зонтиков	созревание плодов
Предгорье Крыма	2017	29.03	15–18.04	03–05.07	12–15.07	15–17.08	29.08
	2018	28.03	20.04	15.06	28.06	14.07	28.07
	2019	28.03	22.04	15.06	10.07	18.08	02.09
Подмосковье	2017	05.05	29.05	04–09.08	10–14.08	13–20.09	04–10.10
	2018	08.05	30.05	20.07	22.08	17.10	01.11
	2019	26.04	11.06	11.08	06.09	17.10	05.11
Краснодар-ский край	2017	10.03	02.03	15.05	02.06	29.06	12.07
	2018	20.03	11.04	13.06	29.06	12.07	27.07
	2019	19.03	11.04	18.06	28.06	30.07	27.08

Характеристика морфобиологических параметров и показателей продуктивности аниса в разных регионах приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика морфобиологических параметров и показателей продуктивности аниса обыкновенного сорта Артек (2017–2019 гг.)

Год	Высота растений, см	Количество продуктивных соцветий, шт.	Урожай-ность плодов, ц/га	Массовая доля эфирного масла в плодах, % от:		Содержание анетола в эфирном масле, %	Сбор масла из плодов, кг/га
				сырой массы	абс. сухой массы		
Крым. Предгорная зона							
2017	51,7 ± 2,3	15,9 ± 1,7	10,0 ± 1,0	4,10 ± 0,10	4,65 ± 0,11	90,7 ± 0,1	41,0 ± 4,1
2018	36,7 ± 1,7	8,3 ± 0,9	1,8 ± 0,6	5,70 ± 0,62	6,76 ± 0,71	87,8 ± 0,0	10,3 ± 3,4
2019	47,3 ± 1,3	11,5 ± 0,7	6,6 ± 1,6	6,87 ± 0,25	7,52 ± 0,28	85,2 ± 0,6	45,3 ± 10,9
Среднее	45,2 ± 4,5	11,9 ± 2,2	6,1 ± 2,4	5,56 ± 0,8	6,31 ± 0,85	87,9 ± 1,6	32,2 ± 11,0
Московская область. Центральный регион Нечерноземной зоны РФ							
2017	59,8 ± 7,5	6,6 ± 0,4	10,0 ± 0,5	4,23 ± 0,13	4,51 ± 0,13	88,0 ± 0,3	42,3 ± 2,1
2018	40,2 ± 1,1	3,0 ± 0,2	5,8 ± 0,4	5,90 ± 0,10	6,56 ± 0,12	85,1 ± 0,0	34,2 ± 2,4
2019	29,4 ± 0,5	2,9 ± 0,1	6,1 ± 0,4	5,10 ± 0,10	5,60 ± 0,11	84,5 ± 0,2	31,1 ± 2,0
Среднее	43,1 ± 8,9	4,2 ± 1,2	7,3 ± 1,4	5,08 ± 0,48	5,56 ± 0,59	85,9 ± 1,1	35,9 ± 3,3
Западное Предкавказье. Краснодарский край							
2017	73,3 ± 0,2	2,6 ± 0,0	9,4 ± 0,6	3,87 ± 0,07	4,22 ± 0,07	87,8 ± 0,4	36,4 ± 2,3
2018	60,5 ± 0,2	4,9 ± 0,0	7,9 ± 0,1	4,13 ± 0,07	4,55 ± 0,07	87,6 ± 0,6	32,6 ± 0,4
2019	65,5 ± 0,4	5,6 ± 0,1	8,1 ± 0,1	2,02 ± 0,09	2,23 ± 0,10	81,0 ± 0,6	16,4 ± 0,2
Среднее	66,4 ± 3,7	4,4 ± 0,9	8,5 ± 0,4	3,34 ± 0,66	3,67 ± 0,72	85,5 ± 2,2	28,5 ± 6,1

Высота растений различалась по регионам во все годы проведения исследований. Максимальной высоты растения достигали в условиях повышенной влажности в Краснодарском крае – в среднем, до 66,4 ± 3,7 см, что значительно выше, чем в Крыму и Подмосковье, где высота растений существенно не различалась, составляя, в среднем, 45,2 ± 4,5 см и 43,1 ± 8,9 см соответственно.

Максимальный и наиболее стабильный по годам урожай плодов формировался в условиях Краснодарского края – в среднем, 8,5 ц/га. Наибольшая зависимость урожайности плодов от варьирования погодных условий по годам отмечена в Крыму, где она была самой низкой и составляла, в среднем, 6,1 ц/га (1,8–10,0 ц/га).

Количество продуктивных соцветий было существенно выше в Предгорье Крыма – в среднем, 11,9 шт. на растение, что в 2,7-2,8 раза больше, чем в других регионах. Однако урожайность плодов в данном регионе была самой низкой, что указывает на более слабую завязываемость плодов в данных условиях.

Содержание эфирного масла в плодах варьировало по годам и регионам в довольно широких пределах – от 2,23 до 7,52 % от абсолютно сухой массы. Наиболее высокое содержание эфирного масла в плодах наблюдали при выращивании аниса в Крыму и в Подмосковье – в среднем, 6,31 ± 0,85 % и 5,56 ± 0,59 % от абсолютно сухой массы соответственно. Этот показатель был существенно ниже в Краснодарском крае (3,67 ± 0,72 %), что объясняется условиями высокой влажности в период накопления эфирного масла.

Наиболее важный, результирующий показатель продуктивности – сбор эфирного масла с единицы площади – существенно варьировал в зависимости от года и региона. Хотя средние показатели достоверно не различались, как правило, наиболее низким сбор эфирного масла был в Краснодарском крае. Высокие температуры и влажность способствовали формированию здесь повышенного по сравнению с другими регионами урожая плодов. В то же время, обильные дожди во время образования и созревания плодов не благоприятствовали маслообразовательному процессу, что и отразилось на величине сбора эфирного масла, которая составила, в среднем, 28,5 ± 6,1 кг/га (16,4–36,4 кг/га). В Крыму средний сбор эфирного масла за три года – 32,2 ± 11,0 кг/га, однако более засушливые по сравнению с другими регионами условия и связанные с этим значительные колебания урожайности плодов не обеспечивают желаемой стабильности данного показателя, разница по которому по годам может достигать 35 кг/га (10,3–45,3 кг/га). В Подмосковье варьирование данного показателя в разные годы было наименьшим по сравнению с другими регионами – 31,1–42,3 кг/га при среднем показателе 35,9 ± 3,3 кг/га.

По компонентному составу эфирного масла существенных различий по регионам не отмечено. Содержание основного компонента – анетола составляло в среднем 85,5–87,9 %.

Выводы

Анализ данных, полученных в ходе экологического испытания, свидетельствует о возможности возделывания аниса обыкновенного сорта Артек во всех трех регионах. Однако следует отметить, что южные регионы России не являются по метеоусловиям зонами, оптимальными для выращивания этой культуры. Более благоприятными являются условия Центрального региона Нечерноземной зоны РФ, обеспечивающие достаточно стабильный сбор эфирного масла с единицы площади, несмотря на различие погодных условий в разные годы, в среднем, 35,9 ± 3,3 кг/га (31,1–42,3 кг/га).

Литература

1. Атлас лекарственных растений России // Под общей ред. Быкова В. А. М.: ВИЛАР, 2006. С. 20–22.

2. Паштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнев А. В., Назаренко Л. Г. Эфиромасличная отрасль Крыма. Вчера, сегодня, завтра. 2-ое издание, дополненное. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. С. 139–142.

3. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 516 с.

4. Машукова С. И. Результаты экологического испытания новых сортов картофеля в условиях республики Коми // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2008. № 11. С. 36–38.

5. Инжечик О. Г., Полосухина Т. М. Экологическое испытание различных сортов люцерны в условиях предгорно-степной зоны Восточного Казахстана // Наука и мир. 2015. Т. 2. № 3 (19). С. 118–119.

6. Золотилова О. М., Невкрытая Н. В., Коротких И. Н., Аникина А. Ю. Продуктивность *Anisum vulgare* Gaerth. в зависимости от особенностей климата региона возделывания // Материалы IV Международной научной конференции «Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки». Симферополь: ИТ «Ариал», 2019. С. 53–55.

7. Kniazyuk O., Kostrets I., Kovalenko O. Influence of sowing time on growth, development and seed productivity of anise // Агробіологія. 2018. № 1 (138). С. 179–185.

8. Костенко Н. П. Біологічні особливості та агротехніка вирощування видів рослин анісу звичайного, кмину звичайного, коріандру посівного, фенхелю звичайного, кропу запашного // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2012. № 1 (15). С. 40–43.

9. Селекция эфиромасличных культур: методические указания // Под ред. Аринштейн А. И. Симферополь: НПО по эфиромасличным культурам и маслам Всесоюзного научно-исследовательского института эфиромасличных культур, 1977. 151 с.

10. Биохимические методы анализа эфиромасличных растений и эфирных масел: сборник научных работ // Сост. Карпачева А. Н., Персидская К. И., Лиштванова Л.Н. Симферополь: МСХ СССР, НПО по эфиромасличным культурам и маслам Всесоюзного научно-исследовательского института эфиромасличных культур, 1972. 107 с.

11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.

12. Савчук Л. П. Климат предгорья Крыма и эфироносы. Симферополь, 2006. 76 с.

13. Агроклиматический справочник по Московской области // Сост. разделов Зворыкина О. Б., Бурцева Т. И., Васека К. Т. [и др.]. М.: Московский рабочий, 1967. 135 с.

14. Редькин Н. Е. Агрохимические особенности и водно-физические свойства черноземов Кубани // Труды Кубанского сельскохозяйственного института. 1968. Вып. 19. С. 27.

References

1. Atlas of medicinal plants of Russia // General ed. by Bykov V. A. Moscow: VILAR, 2006. P. 20–22.

2. Pashtetskiy V. S., Nevkrytaya N. V., Mishnev A. V., Nazarenko L. G. Essential oil industry in the Crimea. Yesterday, today, tomorrow. 2nd edition, updated. Simferopol: Publisher “Arial”, 2018. P. 139–142.

3. State Register of Selection Achievements Allowed for Use. Volume 1. “Varieties of plants” (official publication). Moscow: FSBSI “Rosinformagrotekh”, 2019. 516 p.

4. Mashukova S. I. The results of the environmental testing of new potato varieties in the Komi Republic // Agricultural Science Euro-North-East. 2008. No. 11. P. 36–38.

5. Inzhechik O. G., Polosukhina T. M. Environmental testing of different *Lucerne* varieties in the conditions of foothill-steppe area of east Kazakhstan // Science and world. 2015. Vol. 2. No. 3 (19). P. 118–119.

6. Zolotilova O. M., Nevkrytaya N. V., Korotkikh I. N., Anikina A. Yu. *Anisum vulgare* Gaerth. productivity depending on the climate of the cultivation region // Current state, problems and prospects of the development of Agrarian Science: IV International Scientific Conference. Simferopol: Publisher “Arial”, 2019. P. 53–55.

7. Kniazyuk O., Kostrets I., Kovalenko O. Influence of sowing time on growth, development and seed productivity of anise // Agrobiology. 2018. No. 1 (138). P. 179–185.

8. Kostenko N. P. Biological peculiarities and mechanized agriculture of species of plants anise (*Finisum vulgare* Gaern.), caraway (*Carum carvi* L), cicely (*Coriandrum sativum L*), fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.), dill (*Anethum graveolens* L.) // Plant varieties studying and protection. 2012. No. 1 (15). P. 40–43.

9. Essential oil crops breeding (guidelines) // Ed. by Arinshteyn A. I. Simferopol: Scientific Production Association for essential oil crops and oils of the All-Union Research Institute of Aromatic Crops (VNIIEMK), 1977. 150 p.

10. Biochemical methods of analysis essential oil crops and essential oil: collection of proceedings // Compiled by Karpacheva A. N., Persidskaya K. I., Lishtvanova L. N. Simferopol: Ministry of Agriculture of

the USSR, Scientific Production Association for essential oil crops and oils of the All-Union Research Institute of Aromatic Crops (VNIIEMK) VNIIEMK, 1972. 107 p.

11. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Kniga po trebovaniyu, 2012. 352 p.

12. Savchuk L. P. The climate of the foothill areas of the Crimea and essential oil crops. Simferopol, 2006. 76 p.

13. Agroclimatic reference for the Moscow region // Section authors Zvorykina O. B., Burtseva T. I., Vaseka K. T. [et al]. Moscow: Moskovskiy rabochiy, 1967.135 p.

14. Redkin N. E. Agrochemical features and water-physical properties of chernozems of the Kuban // Trudy Kubanskogo Selskokhozyaystvennogo Instituta. 1968. Iss. 19. P. 27.

UDC 633.81

Zolotilova O. M., Nevkrytaya N. V., Zolotilov V. A., Korotkikh I. N., Anikina A.Yu.

ENVIRONMENTAL TESTING OF *ANISUM VULGARE* VARIETY 'ARTEK' IN DIFFERENT REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Summary. *Anise (Anisum vulgare Gaerth.) is widely cultivated for fruits (seeds) and essential oils. Anise essential oil is used in medicine, perfumery, canning, as well as in food and alcoholic beverage production, bread baking and soap making. The aim of this research was a comparative analysis of the productivity of anise variety 'Artek' in three regions that differ in meteorological conditions to determine the most favourable for this crop cultivation. The above-mentioned zones greatly differed in meteorological conditions. The studies were carried out in 2017–2019 according to the methodology of essential oil crops breeding. We studied the beginning of growth and development phases, morphological and biological characteristics, productivity parameters, content of essential oil in fruits and its component composition. Due to weather conditions, sowing in the Moscow region was carried out later than in the Crimea and Krasnodar Krai. Thus, growth and development phases and the technical ripeness of anise seeds were shifted. The strongest influence of contrasting weather conditions on the productivity of anise variety 'Artek' was noted in the Crimea. The seed yield was the lowest and averaged 6.1 cwt/ha (1.8–10.0 cwt/ha). The content of essential oil in anise fruits varied over the years and regions in a fairly wide range from 2.23 to 7.52 % of the absolutely dry mass. The greatest accumulation of essential oil (on average, 6.31 ± 0.85 % of the absolutely dry mass) was in the Crimea under conditions of high temperature and low humidity. The data obtained as a result of the experiment suggest the possibility of cultivating Anisum vulgare variety 'Artek' in all three regions. However, the most favourable were the conditions of the central region of the non-chernozem zone of the Russian Federation. Here, it is possible to obtain regular and stable oil collection per unit area, on average, 35.9 ± 3.3 kg/ha (31.1–42.3 kg/ha) despite the difference in weather conditions in different years.*

Keywords: *Anisum vulgare Gaerth., fruits, region, mass fraction of the essential oil, amount of essential oil, component composition.*

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

Невкрытая Наталья Владимировна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией селекции отдела эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: nevkritaya@mail.ru.

Золотилов Виктор Анатольевич, научный сотрудник лаборатории селекции отдела эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: viktor_zolotilov@mail.ru.

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

Аникина Анна Юрьевна, научный сотрудник Северо-Кавказского филиала ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений»; 353225, Россия, Краснодарский край, ст. Васюринская; e-mail: krasnodarvilar@gmail.com.

Zolotilova Olga Mikhailovna, researcher of Laboratory of breeding, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”, 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: olya_zolotilova@mail.ru.

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

Zolotilov Viktor Anatolievich, researcher of Laboratory of breeding, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”, 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: viktor_zolotilov@mail.ru.

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

Anikina Anna Yuryevna, researcher of the North Caucasus Branch of FSBSI “All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants”; stanitsa Vasyurinskaya, Krasnodar Krai, 353225, Russia; e-mail: krasnodarvilar@gmail.com.

Дата поступления в редакцию – 20.12.2019.
Дата принятия к печати – 10.02.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-66-72
УДК 633.11 «324»:631.523.4

Косенко С. В.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ КОЛЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

Реферат. *В статье обоснована актуальность создания сортов озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Цель исследований – провести комплексную оценку коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы и выделить наиболее ценные для дальнейшего использования в селекционных программах. Задача исследований – оценить коллекционные образцы озимой мягкой пшеницы по основным хозяйственно-биологическим признакам. Исследования проводили в 2014–2016 гг. на полях Пензенского НИИСХ. Объектом исследований служили 140 образцов озимой мягкой пшеницы из коллекции CIMMYT. Ведущим признаком, определяющим пригодность сорта озимой мягкой пшеницы в Среднем Поволжье, является зимостойкость растений. Показатель зимостойкости варьировал в пределах от 33 % у образца DH01-25-199*R (Канада) до 98 % у образца Лютесценс 410Н48 (Казахстан). Стабильно высоким уровнем перезимовки (>71 %) отличились 12 образцов. По признаку скороспелости выделились 13 образцов, которые выколашиваются на шесть–восемь суток раньше стандарта Безенчукская 380. Высокую полевую устойчивость (степень поражения – 0) к бурой ржавчине проявили 14 образцов, к мучнистой росе – четыре образца. По урожайности зерна выделились семь образцов, превысившие стандарт Безенчукская 380 (270 г/м^2) на 35–109 г/м^2. Стабильно высокой массой 1000 зёрен (40,2–44,6 г) отличились пять образцов, натурой зерна (>770 г/л) – девять образцов, стекловидностью (>80 %) – шесть образцов; содержанием клейковины (>28,0 %) – восемь образцов, содержанием белка (>16 %) – 10 образцов. Наиболее ценными для селекции являются образцы DH99-55-342-4, DH01-32-13, S01-31-12 (Канада), сочетающие высокую урожайность (306–379 г/м^2) с высокой зимостойкостью (>71 %), полевой устойчивостью к мучнистой росе (степень поражения – 0) и высоким качеством зерна.*

Ключевые слова: *пшеница мягкая озимая (Triticum aestivum L.), селекция, исходный материал, образец, урожайность, зимостойкость, устойчивость к болезням.*

Введение

Озимая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – культура больших биологических возможностей. Благодаря более продолжительной вегетации по сравнению с яровой пшеницей она полнее использует солнечную энергию, питательные вещества и осенне-весеннюю влагу и лучше переносит весеннюю засуху, вследствие чего формирует более высокий урожай зерна. Однако в Среднем Поволжье урожай зерна озимой мягкой пшеницы подвержен сильным колебаниям по годам в зависимости от складывающихся погодных условий. В отдельные годы из-за неблагоприятных погодных условий наблюдали гибель озимых культур. Поэтому для решения этой задачи нужны источники генов, контролирующих устойчивость растений к патогенам, пониженным температурам и другим абиотическим факторам среды. В селекции сельскохозяйственных растений вопрос об исходном материале был и остаётся актуальным [1–4].

Большой вклад в селекцию озимой пшеницы внёс П. П. Лукьяненко: он считал, что в основе селекции должно быть использование мировой коллекции пшеницы как

исходного материала для подбора родительских пар, подчёркивая, что в гибридных популяциях, полученных от скрещивания отдалённых эколого-географических форм, наблюдают положительную трансгрессию по урожайности, в отличии от близких форм [5].

В Австралии, Великобритании, Франции и других странах разработаны долгосрочные проекты, финансируемые правительствами и частными компаниями, которые направлены на ускорение селекционного процесса, раскрытие механизмов адаптации пшеницы к различным неблагоприятным факторам среды и формирования растениями зерна высокого качества, выявление и создание нового исходного материала, разработку маркёр-вспомогательных методов отбора, базирующихся на достижениях современной геномики, протеомики, метаболомики [6].

Цель исследований – провести комплексную оценку коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы и выделить наиболее ценные для дальнейшего использования в селекционных программах.

Задача исследований – оценить коллекционные образцы озимой мягкой пшеницы по основным хозяйственно-биологическим признакам.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2014–2016 гг. в лесостепной зоне Пензенской области. Климат зоны умеренно-континентальный. Почвы опытного участка – выщелоченный чернозём среднемощный среднегумусный, мощность пахотного горизонта 35–40 см. Среднее содержание гумуса в пахотном слое 6,38 % (по Тюрину), легкогидролизуемых форм азота – 6,41, подвижного фосфора – 14,96, калия – 16,9 мг/100 г почвы (по Чирикову). Реакция почвенного раствора слабокислая – pH = 5,5.

Условия вегетации в годы исследований были различными по температурному режиму и количеству выпавших осадков. В 2014 и 2015 гг. в период «выход в трубку–колошение» наблюдали засуху – водообеспечение 13,4 мм и 20,8 мм, что ниже среднемноголетней нормы на 27,5 мм и 20,1 мм соответственно; повышенные среднесуточные температуры воздуха до 18,8 °С и 17,6 °С, что выше среднемноголетней нормы на 3,4 °С и 2,0 °С; ГТК – 0,2 и 0,4 соответственно. Вегетационный сезон 2016 г. характеризовался благоприятными условиями в период формирования и налива зерна, за весь период выпало 171 мм осадков, что выше среднемноголетней нормы на 22,7 мм, среднесуточная температура воздуха – 15,7 °С (на уровне среднемноголетней нормы), ГТК = 1,1.

Объектом исследований служили 140 образцов из коллекции CIMMYT. Предшественник – чистый пар. Опыты закладывали в трёхкратной повторности с площадью делянок 3 м^2. Норма высева –5,5 млн всхожих семян/га. В качестве стандарта использовали районированный сорт озимой мягкой пшеницы Безенчукская 380.

Оценку зимостойкости, фенологические наблюдения, анализ структуры урожая проводили по «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» [7] и методическим указаниям ВИР [8]. Оценку поражения растений болезнями – по методике ВНИИФ [9]. Физико-химические показатели качества зерна определяли стандартными методами: массу 1000 зерен – по ГОСТ 10842-89 [10]; натуру зерна – ГОСТ 10840-64 [11], количество и качество клейковины – ГОСТ 54478-2011[12], стекловидность – ГОСТ 10987-76 [13]. Содержание белка в зерне определяли по методу Кьельдаля [14]. При статистической обработке полученных данных применяли дисперсионный анализ [15].

Результаты и их обсуждение

Ведущий признак, определяющий пригодность сорта озимой мягкой пшеницы в Среднем Поволжье, – зимостойкость растений. Исход перезимовки здесь определен, в первую очередь, устойчивостью к выпреванию, морозостойкостью, устойчивостью к резким колебаниям температур, как в течение зимнего периода, так и весной.

В наших исследованиях в зависимости от погодных условий показатель зимостойкости варьировал в пределах от 33 % у образца DH01-25-199*R (Канада) до 98 % у образца Лютесценс 410Н48 (Казахстан). В период перезимовки в 2014 г. четыре образца погибли (образец KATYA из Болгарии, образцы DH01-29-33*R, DH99-39-55-5*R из Канады и Комсомольская 103 из Казахстана), причиной гибели послужило выпревание. Стабильно высоким уровнем перезимовки (больше 71 %) в условиях 2014–2016 гг. отличились следующие образцы: Карабалыкская остистая, Лютесценс 410Н48 (Казахстан), DH99-55-342-4, DH01-32-13, S01-31-12, S01-249-8*R (Канада), Wesley/SD97049 (США), Золотава/Дар Зернограда (Украина), Альбина 45, КР134-3, Булава, Умка (Россия).

Очень актуальной остаётся проблема выведения скороспелых сортов озимой мягкой пшеницы. В засушливых условиях они лучше используют запасы влаги в почве [16]. За годы исследований продолжительность периода «отрастание–колошение» у коллекционных образцов составила в среднем 47–58 суток. По признаку скороспелости выделились образцы DH99-55-342-4, CDC FALCON (Канада), Булава (Россия), Карабалыкская 101, Лютесценс 410Н53, Лютесценс 410Н39 (Казахстан), Золотава/Дар Зернограда, Кружинка/МВ Ирма, ST.ERYHTR 1282-08, ST.ERYHTR 1334-07 (Украина), Wesley/SD97049, BULK02R2B, SD98444/SD97060 (США), которые выколашивались на 6–8 суток раньше стандарта Безенчукская 380. Интерес представляет образец DH99-55-342-4 из Канады, который сочетает скороспелость с высокой семенной продуктивностью (в среднем 379 г/м^2) и зимостойкостью (в среднем 94 %) (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика лучших коллекционных образцов по основным хозяйственно-биологическим признакам (среднее за 2014–2016 гг.)

Сортообразец	Урожайность, г/м^2				Перези-мовка, %	Период ВВ**–колошение, сут.	Высота растений, см	Поражение болезнями	
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	сред-нее				бурой ржавчиной*, %	мучнистой росой*, %
Безенчукская 380 (St.)	199	227	385	270	93	55	100	30	40
Карабалыкская остистая	293	330	507	376	97	55	102	30	10
Лютесценс 410Н48	265	308	490	354	98	55	90	5	1
DH99-55-342-4	300	345	493	379	94	49	71	5	0
S01-31-12	292	332	506	377	96	55	71	5	0
DH01-32-13	227	269	421	306	76	55	68	20	0
Альбина 45	225	262	429	305	95	55	95	30	30
КР134-3	226	264	442	311	73	54	94	40	30
Среднее	191	218	374	261					
$НСР_{05}$	21,0	24,0	18,0	21,0					

Примечание. ** в условиях 2016 г. наблюдали максимальное поражение; ** ВВ – возобновление вегетации.*

Наиболее значимыми биотическими факторами, лимитирующими урожайность зерна озимой мягкой пшеницы в Среднем Поволжье, являются фитопатогены. К числу наиболее вредоносных болезней принадлежат бурая ржавчина, вызываемая *Puccinia recondita*, и мучнистая роса – *Erysiphe graminis*, которые в отдельные годы снижают урожайность до 30 % [17–18]. Изучаемая коллекция представлена в основном восприимчивыми к бурой ржавчине и к мучнистой росе образцами. Лишь 10 % образцов не поражались бурой ржавчиной и 3 % образцов – мучнистой росой. Выделены образцы с высокой полевой устойчивостью к бурой ржавчине (степень поражения 0): CDC FALCON, DH01-29-33*R, DH99-39-55-5* R, S01-249-14*R, S01-249-8*R, DH01-32-13, DH01-29-167, DH01-25-135*R, DH99-55-342-4, S01-285-20*R (Канада), Wesley/SD97049, BULK02R2B, SD98444/SD97060, SD98W302/NW97S186

(США), а также к мучнистой росе (степень поражения – 0): DH01-25-135*R, DH02-15-54, DH01-25-199*R (Канада), Кружинка/МВ Ирма (Украина).

Основным показателем в селекции растений является урожайность. Самая высокая урожайность сформировалась в условиях 2016 г., у отдельных образцов она составила более 500 г/м^2, а в среднем по опыту – 374 г/м^2. Урожайность в 2014 г. была самой низкой (191 г/м^2) из-за неблагоприятных условий перезимовки (выпревание), повышенной среднесуточной температуры воздуха в период выход в трубку–колошение (18,8 °С, что выше среднемноголетней нормы на 3,4 °С) и дефицита осадков (13,4 мм, что ниже среднемноголетней нормы на 27,5 мм). В среднем за годы изучения лучшими по урожайности зерна были образцы: Карабалыкская остистая, Лютесценс 410Н48 (Казахстан), DH99-55-342-4, DH01-32-13, S01-31-12 (Канада), Альбина 45, КР134-3 (Россия), превысившие стандарт Безенчукская 380 (в среднем 270 г/м^2) на 35–109 г/м^2. Выделившиеся сорта формировали стабильно высокую урожайность независимо от погодных условий периода вегетации. Высокая урожайность этих образцов сочетается с комплексом хозяйственно-ценных признаков и свойств (таблица 2).

Таблица 2 – Технологические показатели качества зерна лучших коллекционных образцов (среднее за 2014–2016 гг.)

Сорт, линия	Масса 1000 зёрен, г	Натура зерна, г/л	Стекловидность зерна, %	Содержание клейковины, %	Показатель ИДК, ед.	Содержание белка, %
Безенчукская 380 (St.)	36,6	759,0	77,0	30,2	70,0	17,2
Карабалыкская остистая	41,3	775,0	94,0	30,4	72,0	17,4
Лютесценс 410Н48	44,6	778,0	92,0	29,8	75,0	17,5
DH99-55-342-4	38,3	760,0	96,0	28,8	72,0	16,2
S01-31-12	40,2	769,0	89,0	30,0	70,0	16,4
DH01-32-13	38,2	765,0	86,0	29,2	70,0	17,0
Альбина 45	40,3	756,0	84,0	28,6	75,0	16,8
КР134-3	41,1	764,0	78,0	28,2	75,0	16,6
Лютесценс 410Н39	39,1	772,0	76,0	29,2	85,0	16,2
Булава	37,4	774,0	80,0	27,8	80,0	16,4
ST.ERYHTR 1282-08	37,9	756,0	74,0	28,0	80,0	16,6
Среднее	34,4	744,0	72,0	27,4	78,0	14,6
$НСР_{05}$	1,5	0,4	0,7	1,2	0,6	0,5

Одной из главных целей селекции озимой мягкой пшеницы является создание высокоурожайных сортов, обладающих хорошим качеством зерна. Успех в создании сорта озимой мягкой пшеницы с генетически обусловленным высоким качеством зерна зависит от исходного материала, методов отбора и оценки [19]. Показатели качества могут иметь различную информативность, а применяемый комплекс оценок модифицируется с учётом особенностей селекционного процесса [20]. Для селекции представляют ценность образцы с высокой стекловидностью (больше 60 %), с высоким показателем натуры зерна (больше 750 г/л), с высоким содержанием клейковины в зерне (больше 28 %), содержанием белка выше 14 % [21].

Анализируемые образцы сформировали за годы исследований полновесное, хорошо выполненное зерно, натура зерна у большинства изучаемых образцов в среднем составила 751–778 г/л (при базисной норме 750 г/л). Натура зерна в опыте больше зависела от генотипа, чем от погодных условий года, и варьировала незначительно. Высокие показатели натуры зерна указывают на хорошую аттракцию зерном пластических веществ из вегетативной массы. В условиях 2014–2016 гг. все сорта и линии сформировали зерно с высокой стекловидностью – процент стекловидности в среднем варьировал от 75 % у образца DH99-39-55-5* (Канада) до

96 % у образца DH99-55-342-4. Стабильно высокую массу 1000 зёрен (в среднем 40,2–44,6 г), выше стандартного сорта Безенчукская 380 (36,6 г) формировали образцы Карабалыкская остистая, Лютесценс 410Н48 (Казахстан), S01-31-12 (Канада), Альбина 45, КР134-3 (Россия). Содержание клейковины в среднем варьировало от 26,3 % у образца DH01-29-33*R до 30,4 % у образца Карабалыкская остистая, при её качестве – 70–90 ед. ИДК (I–II группа). Содержание белка – от 13,6 % у образца Комсомольская 103 до 17,5 % у образца Лютесценс 410Н48.

В результате изучения коллекционных образцов различного эколого-географического происхождения наиболее ценными для селекции являются образцы DH99-55-342-4, DH01-32-13, S01-31-12 (Канада), сочетающие высокую урожайность (306–379 г/м^2) с высокой зимостойкостью (>71 %), полевой устойчивостью к мучнистой росе (степень поражения – 0) и высоким качеством зерна.

Выводы

В результате изучения коллекции озимой мягкой пшеницы из 140 образцов различного эколого-географического происхождения выделен перспективный исходный материал для селекции в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

По зимостойкости (>71 %) лучшими оказались 12 образцов: Карабалыкская остистая, Лютесценс 410Н48, DH99-55-342-4, DH01-32-13, S01-31-12, S01-249-8*R, Wesley/SD97049 (США), Золотава/Дар Зернограда, Альбина 45, КР134-3, Булава, Умка.

По скороспелости выделились 13 образцов: DH99-55-342-4, CDC FALCON, Булава, Карабалыкская 101, Лютесценс 410Н53, Лютесценс 410Н39, Золотава/Дар Зернограда, Кружинка/МВ Ирма, ST.ERYHTR 1282-08, ST.ERYHTR 1334-07, Wesley/SD97049, BULK02R2B, SD98444/SD97060 (выколашивались на 6–8 суток раньше стандарта Безенчукская 380).

Не поражались мучнистой росой (степень поражения – 0) четыре образца: DH01-25-135*R, DH02-15-54, DH01-25-199*R, Кружинка/МВ Ирма.

По устойчивости к бурой ржавчине (степень поражения – 0) лучшими были 14 образцов: CDC FALCON, DH01-29-33*R, DH99-39-55-5* R, S01-249-14*R, S01-249-8*R, DH01-32-13, DH01-29-167, DH01-25-135*R, DH99-55-342-4, S01-285-20*R (Канада), Wesley/SD97049, BULK02R2B, SD98444/SD97060, SD98W302/NW97S186 (США).

По урожайности зерна выделились семь образцов: Карабалыкская остистая, Лютесценс 410Н48 (Казахстан), DH99-55-342-4, DH01-32-13, S01-31-12 (Канада), Альбина 45, КР134-3 (Россия), превысившие стандарт Безенчукская 380 (в среднем 270 г/м^2) на 35–109 г/м^2.

Самую высокую массу 1000 зёрен (40,2–44,6 г) зафиксировали у пяти образцов: Карабалыкская остистая, Лютесценс 410Н48, S01-31-12, Альбина 45, КР134-3.

Высокой стекловидностью зерна (>80 %) отличались шесть образцов: DH01-32-13, Карабалыкская остистая, Лютесценс 410Н48, DH99-55-342-4, S01-31-12, Альбина 45.

Высоким содержанием клейковины (>28,0 %) отличались восемь образцов: Карабалыкская остистая, Лютесценс 410Н48, DH99-55-342-4, S01-31-12, DH01-32-13, Альбина 45, КР134-3, Лютесценс 410Н39.

Высоким содержанием белка (>16 %) характеризовались 10 образцов: Карабалыкская остистая, Лютесценс 410Н48, DH99-55-342-4, S01-31-12, DH01-32-13, Альбина 45, КР134-3, Лютесценс 410Н39, Булава, ST.ERYHTR 1282-08.

По комплексу показателей лучшими были три образца: DH99-55-342-4, DH01-32-13, S01-31-12, сочетающие высокую урожайность (306–379 г/м^2) с высокой зимостойкостью (>71 %), полевой устойчивостью к мучнистой росе (степень поражения – 0) и высоким качеством зерна.

Литература

1. Вавилов Н. И. Научные основы селекции пшеницы. М.-Л.: Сельхозгиз, 1935. 244 с.
2. Беспалова Л. А. Развитие генофонда как главный фактор третьей зелёной революции // Вестник Российской академии наук. 2015. Т. 85. № 1. С. 9–11.

3. Сухоруков А. Ф., Сухоруков А. А. Методы и результаты селекции озимой мягкой пшеницы // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. №2 (2). С. 235–238.
4. Косенко С. В., Кривобочек В. Г. Результаты селекции озимой мягкой пшеницы в Пензенском ИСХ – филиале ФГБНУ ФНЦ ЛК // Аграрный научный журнал. 2019. № 6. С. 15–19.
5. Лукьяненко П. П. Избранные труды. М.: Колос, 1972. 448 с.
6. Haussmann B., Parzies H., Presterl T., Sušić Z., Miedaner T. Plant genetic resources in crop improvement // Plant Genetic Res. 2004. Vol. 2. No. 1. P. 3–21.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры // Под ред. М. А. Федина М.: Колос, 1989. 194 с.
8. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале: методические указания ВИР // Под ред. Мережко А. Ф. СПб.: ВИР, 1999. 82 с.
9. Захаренко В. А., Медведев А. М., Ерохина С. А., Коваленко Е. Д., Добровольская Г. В., Михайлов А. А. Методика по оценке устойчивости сортов полевых культур к болезням на инфекционных и провокационных фонах. М.: Россельхозакадемия, 2000. 70 с.
10. ГОСТ 10842–89. Зерно зерновых и бобовых культур. Метод определения массы 1000 зёрен или 1000 семян. М.: Стандартинформ, 2009. 4 с.
11. ГОСТ 10840–64. Зерно. Метод определения натуры. М.: Стандартинформ, 2009. 3 с.
12. ГОСТ 54478–2011. Зерно. Метод определения количества и качества клейковины в пшенице. М.: Стандартинформ, 2013. 23 с.
13. ГОСТ 10987–76. Зерно. Метод определения стекловидности. М.: Стандартинформ. 2009. 4 с.
14. ГОСТ 26889–86. Продукты пищевые и вкусовые. Общие указания по определению содержания азота методом Кьельдаля. М.: Стандартинформ, 2010. 8 с.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е издание, переработанное и дополненное. М.: Альянс, 2014. 351 с.
16. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т.51. № 5. С. 617–623.
17. Темирбекова С. К., Зуев Е. В., Абугалиева А. И., Афанасьева Ю. В. Источники крупнозерности и устойчивости к болезням яровой мягкой пшеницы из мирового генофонда ВИР для использования в селекции // Аграрная наука. 2019. № 1. С. 43–47.
18. Громова С. Н., Скрипка О. В., Подгорный С. В. Продуктивность и устойчивость сортов озимой мягкой пшеницы к полеганию и мучнистой росе в условиях Ростовской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 4. С. 4–9.
19. Галушко Н. А., Комаров Н. М., Соколенко Н. И. Качество зерна новых сортов мягкой озимой пшеницы селекции Северо-Кавказского ФНАЦ // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2019. № 2. С. 7–14.
20. Пшеничная И.А., Малокостова Е.И. Изучение коллекции яровой пшеницы по качеству зерна // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 1. С. 31–33.
21. ГОСТ 9353–2016. Пшеница. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2016. 11 с.

References

1. Vavilov N. I. The scientific basis of wheat breeding. Moscow-Leningrad: Selkhozgiz, 1935. 244 p.
2. Bespalova L. A. Development of the gene pool as the main factor of the third green revolution // Vestnik Rossijskoj akademii nauk. 2015. Vol. 85. No. 1. P. 9–11.
3. Sukhorukov A. F., Sukhorukov A. A. Methods and results of the selection of winter soft wheat // Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018. Vol. 20. No. 2 (2). P. 235–238.
4. Kosenko S. V., Krivobochek V. G. Results of selection of winter soft wheat in Penza Agricultural Research Institute – a branch of the CBFC // The Agrarian Scientific Journal. 2019. No. 6. P.15–19.
5. Lukyanenko P. P. Selected works. Moscow: Kolos, 1972. 448 p.
6. Haussmann B., Parzies H., Presterl T., Sušić Z., Miedaner T. Plant genetic resources in crop improvement // Plant Genetic Res. 2004. Vol. 2. No. 1. P. 3–21.
7. Methodology of the State variety testing of agricultural crops: cereals, groats, legumes, corn and fodder crops // Ed. by Fedin M. A. Moscow: Kolos, 1989. 194 p.
8. Replenishment, preservation in a living form and study of the world collection of wheat, aegilops and triticale: guidelines of VIR // Ed. by Merezhko A. F. Saint-Petersburg: VIR, 1999. 82 p.
9. Zakharenko V. A., Medvedev A. M., Erokhina S. A., Kovalenko E. D., Dobrovolskaya G. V., Mikhailov A. A. Methodology for assessing resistance of cultivars of field crops to diseases on infectious and provocative backgrounds. Moscow: Rosselkhozakademia, 2000. 70 p.
10. GOST 10842–89. Cereals, pulses and oilseeds. Method for determination of 1000 kernels or seeds weight. Moscow: Standartinform, 2009. 4 p.
11. GOST 10840–64. Grain. Methods for determination of hectolitre weight. Moscow: Standartinform, 2009. 3 p.
12. GOST R 54478–2011. Grain. Methods for determination quantity and quality of gluten in wheat. Moscow: Standartinform, 2009. 23 p.
13. GOST 10987–76. Grain. Methods for determination of vitreousness. Moscow: Standartinform, 2009. 4 p.

14. GOST 26889–86. Food-stuffs and food additives. General directions for determination of nitrogen content by the Kjeldahl method. Moscow: Standartinform, 2010. 8 p.
15. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). 5th edition, revised and added. Moscow: Alliance, 2014. 351 p.
16. Rybas I. A. Breeding grain crops to increase adaptability (review) // Sel'skokhozyaistvennaya Biologia [Agricultural Biology]. 2016. Vol. 51. No. 5. P. 617–623.
17. Temirbekova S. K., Zuev E. V., Abugalieva A. I., Afanasyeva Yu. V. Sources of majority and resistance to diseases of spring wheat from the world gene fund of N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) for breeding // Agrarian science. 2019. No. 1. P. 43–47.
18. Gromova S. N., Skripka O. V., Podgorny S. V. Soft winter wheat productivity and resistance to lodging and powdery mildew in the Rostov region// Agricultural Science Euro-North-East. 2016. No. 4. P. 4–9.
19. Galushko N.A., Komarov N. M., Sokolenko N. I. Grain quality of new winter wheat varieties selected by North-Caucasus Research Agricultural Center // Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2019. No. 2. P. 7–14.
20. Pshenichnaya I. A., Malokostova E. I. Studying the collection of spring wheat in grain quality // Vestnik of the Russian agricultural science. 2016. No1. P. 31–33.
21. GOST 9353–2016. Wheat. Specifications. Moscow: Standartinform, 2016. 11 p.

UDC 633.11 «324»:631.523.4

Kosenko S. V.

RESULTS OF STUDYING COLLECTION MATERIAL OF WINTER SOFT WHEAT UNDER CONDITIONS OF FOREST-STEPPE OF THE MIDDLE VOLGA REGION

Summary. *The article substantiates the relevance of creating varieties of winter soft wheat under conditions of the forest-steppe of the Middle Volga. The purpose of the research was to conduct a comprehensive assessment of winter soft wheat collection samples and identify the most valuable ones for further use in breeding programs. The objective of the research was to evaluate the collection samples of winter soft wheat according to the main economic and biological characteristics. The studies were carried out in 2014–2016 in the fields of Penza Research Institute of Agriculture. 140 samples of winter soft wheat from the CIMMYT collection served as the object of research. Winter hardiness is an important factor determining the suitability of any winter soft wheat variety for cultivation in the Middle Volga region. The winter hardiness index ranged from 33 % (sample DH01-25-199*R, Canada) to 98 % (sample Lutescens 410H48, Kazakhstan). A high level of overwintering (>71 %) was noted for 12 samples. By the sign of early maturity, 13 samples stood out; they form ear six– eight days earlier than the standard variety 'Bezenchukskaya 380'. High field resistance (degree of damage 0) to brown rust had 14 samples, to powdery mildew – four samples. According to grain yield, six samples exceeded 'Bezenchukskaya 380' (on average 270 g/m^2) by 35–109 g/m^2. Five samples were distinguished by a high 1000-grain weight (40.2–44.6 g); nine samples – by hectolitre weight (>770 g/l); six samples – by vitreousness (>80 %); eight samples – by gluten content (>28.0 %), ten samples – by protein content (>16 %). The most valuable for selection are samples DH99-55-342-4, DH01-32-13, S01-31-12 (Canada). They combine high productivity (306–379 g/m^2), winter hardiness (>71 %) and grain quality, as well as field resistance to powdery mildew (degree of damage 0).*

Keywords: *winter soft wheat (Triticum aestivum L.), breeding, source material, sample, productivity, winter hardiness, disease resistance.*

Косенко Светлана Валентиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»; 442731, Пензенская область, р.п. Лунино, ул. Мичурина, 1 Б; e-mail: kosenkosv@mail.ru.

Kosenko Svetlana Valentinovna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the of the FSBRI "Federal Research Center for Bast Fiber Crops"; 1 B, Michurina str., village of Lunino, Penza Region, 442731, Russia; e-mail: kosenkosv@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 17.02.2020.
Дата принятия к печати – 01.06.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-73-80
УДК 633.366:631.5

Кулинич Р. А.

СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ДОННИКА ЖЕЛТОГО ПРИ РАЗНЫХ СРОКАХ И СПОСОБАХ СЕВА В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СТЕПИ КРЫМА

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. *В условиях отсутствия орошения в Республике Крым производство и качество кормов для животноводства резко снизилось. Один из способов решения этой проблемы – выращивание на кормовые цели донника желтого с низким содержанием кумарина. Обладая высокой засухоустойчивостью, зимостойкостью и неприхотливостью к почвам донник является прекрасной альтернативой. Но до настоящего времени эта культура не получила должного распространения в хозяйствах Крыма по причине отсутствия семян и технологии семеноводства донника желтого. Цель исследований – разработать элементы технологических приемов для семеноводства донника желтого в Крыму. Эксперименты выполняли в 2016–2018 гг. на опытном поле ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма». В исследования входило изучение двух сроков – весенний, осенний и двух способов посева с разной шириной междурядий – 45 и 60 см. Норма высева была общепринятой для широкорядных посевов многолетних трав – 4 млн шт./га. Установлено, что в центральной степи Крыма в условиях неустойчивого увлажнения, жаркого и длительного лета, двулетний донник желтый на семена следует сеять в весенние сроки с использованием широкорядного способа посева (60 см). Эти элементы технологии позволят получить дружные всходы, сформировать в год посева хорошо развитые растения – до 96 соцветий на одном растении, обеспечат высокую массу семян с одного растения – 2,5 г. При посеве в весенний срок с шириной междурядий 60 см формировалась наибольшая масса 1000 семян (2,3 г), урожайность кондиционных семян донника в среднем составила 170,5 кг/га, что на 25 % больше, чем при посеве осенью.*

Ключевые слова: *донник желтый (Melilotus officinalis L.), способ посева, сроки сева, урожайность, продуктивность.*

Введение

Большое количество исследований, проведенных в разных почвенно-климатических условиях, доказывают, что донник является ценной сельскохозяйственной культурой, занимающей важную роль в биологизации земледелия и растениеводства и в получении высококачественных кормов для кормопроизводства. В наиболее засушливых районах Канады, США, а также Австралии и Индии именно донник желтый с низким содержанием кумарина интенсивно используют на кормовые цели. Основной мировой производитель семян этой культуры – Канада, где для реализации семян на внутреннем рынке выращивают от 2,5 до 4,8 тыс. т донника [1–4].

Снижение содержания органического вещества в почве приводит к нарушению процессов ее саморазвития, снижению эффективности земледелия, разбалансировке биогеосистемы и в конечном итоге – к интенсивной деградации. Длительный дефицит органического вещества вызывает снижение содержания гумуса в почве. Одним из перспективных, экологически безопасных и экономически выгодных путей сохранения почвенного плодородия, является применение зеленых удобрений [2, 5].

Донник – эффективная сидеральная культура с потенциальными возможностями пополнения почвы органикой. Многолетние исследования,

проведенные в ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» по выращиванию донника на кормовые и семенные цели показали, что при ранневесеннем сроке посева у растений более продолжительный период вегетации, чем при осенних сроках, что позволяет сформировать более мощную корневую шейку. Она залегает глубже и на ней формируется больше почек возобновления, а это имеет большое значение для повышения зимостойкости растений и урожайности на уровне 250 кг/га [2]. Ученые ФГБНУ «Пензенский НИИСХ» считают, что в регионах с продолжительным летом и наличием достаточного количества осадков (500–550 мм) посев донника следует проводить в осенние сроки – тогда урожайность семян составит 350 кг/га [6].

Целесообразность расширения посевов донника в Крыму – 450 га (на 2020 г.) обусловлена его засухоустойчивостью и солевыносливостью, а также выраженной санитарной способностью. Пока донник не получил должного распространения в хозяйствах республики в результате недооценки производственниками по причине не достаточной изученности биологических особенностей и отсутствия системы семеноводства. Поэтому разработка элементов технологии и введение донника в структуру посевных площадей будут способствовать не только получению высококачественного корма, но и экологизации и биологизации растениеводства, внедрению безопасных прогрессивных технологий.

Благодаря прониканию его корневой системы вглубь окультуривается не только пахотный, но и подпахотный слой почвы [3]. Корни растений первого года жизни достигают глубины 1 м, второго – до 2 м. Стебель второгоднего донника внутри полый, что позволяет после перегнивания улучшать физические свойства почвы. За два года жизни донник накапливает в почве столько же богатого азотом органического вещества, сколько люцерна за пять лет вегетации [7]. Корневые и пожнивные остатки этой культуры по своему воздействию на плодородие почвы равноценны внесению 8–14 т/га, а при запашке надземной массы – 30–40 т/га навоза [2].

Обладая высокой засухоустойчивостью, малотребовательностью к почвенному плодородию, повышенной солеустойчивостью, растения донника способны произрастать на засоленных почвах, где другие культуры не растут или являются малоурожайными. На засоленных почвах донник формирует не только высокий урожай, но и одновременно выступает в роли мощнейшего меллиоранта, одновременно обогащая эти почвы азотом [2, 7].

В условиях отсутствия орошения и дефицита влаги в Крыму донник желтый является прекрасной альтернативой тем кормовым культурам, которые более требовательны к влагонакоплению почвы и к наличию орошения, и в полной мере может занять свое место в зеленом конвейере при заготовке кормов для животноводства Крыма. Также донник считается одним из лучших медоносов [6, 8].

Цель исследований – разработать элементы технологических приемов для семеноводства донника желтого в Крыму.

Материалы и методы исследований

Полевые исследования проводили в 2016–2018 гг. на неорошаемых землях в ФГБУН «НИИСХ Крыма» отдела интродукции и технологий в полеводстве и животноводстве.

Почва опытного участка – южный слабогумусированный чернозем, легко глинистый с содержанием гумуса в пахотном слое 2,16 %. Мощность гумусового слоя – 50 см. В пахотном слое валовое содержание азота – 0,18–0,20 %; фосфора – 0,12–0,14 %; калия – 2,1–2,4 %; количество гидролитических азота – 2,0–3,0 мг/100 г абсолютно сухой почвы, подвижного фосфора (P_2O_5) – 6,8–8,3 мг/100 г почвы, обменного калия (K_2O) – 36–42 мг/100 г почвы, легкогидролизуемого азота – 86,8 мг/100 г почвы. Степень кислотности почвенного раствора (pH = 7,2) –

слабощелочная. Южные черноземы благодаря своему тяжелому механическому составу подвержены быстрому уплотнению [9].

Климат района проведения исследований – континентальный, засушливый, с большой амплитудой годовых колебаний температуры воздуха и атмосферных осадков.

Среднегодовая температура воздуха составляет 10,2 °С. Для степного Крыма характерна неустойчивая зима со значительными колебаниями температур, отсутствие устойчивого снежного покрова, переменное замерзание и оттаивание почвы. Глубина промерзания почвы обычно не превышает 20–30 см. Наиболее холодный месяц – февраль, с температурой воздуха от −2,3 до 0 °С, в отдельные годы она может снижаться до −20 °С.

В летний период температура находится в пределах 20–24 °С, в отдельные годы максимальная температура воздуха может достигать 35–39 °С. Длительность периода со среднесуточной температурой 10 °С и выше варьирует от 6 до 6,5 месяцев, сумма активных температур – 3300–3600 °С. Безморозный период составляет 165 дней.

Вегетационный сезон 2017 г. по влагообеспеченности характеризовался как слабо засушливый – ГТК был на уровне 1,04. Сумма активных температур за период вегетации донника составила 1016,5 °С (на 71,5 °С выше среднемноголетних). Количество выпавших осадков составило 106,1 мм, что на 40,9 мм меньше нормы.

Условия 2018 г. были засушливыми – ГТК составил 0,67. Отмечали повышенный температурный режим и дефицит осадков. Сумма активных температур за вегетацию культуры составила 1354,5 °С (выше многолетнего показателя на 309,5 °С). За вегетацию выпало 83,8 мм осадков.

Схема опыта включала следующие варианты: сроки сева (фактор А) – осенний и весенний; способ посева (фактор В) – ширина междурядий 45 и 60 см. Сроки посева в годы исследований – первая декада сентября. Норма высева – рекомендованная для широкорядных посевов – 4 млн шт./га, глубина посева – не более 3 см [2]. Предшественник – зерновые колосовые культуры. Повторность – четырехкратная, общая площадь делянки – 32 м^2, учетная – 30 м^2, размещение вариантов – систематическое. Учитывали густоту стояния растений и биометрические показатели, выполняли фенологические наблюдения. Уборку осуществляли комбайном Wintersteiger.

Опыты закладывали согласно методике полевого опыта. Математическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа [10].

Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования показали, что на продуктивность семян донника при разных сроках сева значительное влияние оказывал показатель всхожести семян после посева. Большую значимость имело наличие влаги в верхних слоях почвы во время посева. В среднем за два года наиболее высокий процент всхожести (86,7 %) отмечен при весеннем севе. В период всходов при весеннем сроке сева наличие продуктивной влаги в слое 0–30 см составило 72 мм. Всходы донника осеннего сева опаздывали на 25–30 дней в сравнении с внесеним сроком, вследствие чего были сильно изреженными. В среднем за два года полевая всхожесть семян при этом сроке посева составляла 57,5 % (таблица 1). Количество продуктивной влаги в слое 0–30 см при осеннем посеве было менее 20 мм. Всходы донника растут очень медленно и в течение 32–35 суток достигают высоты 4–10 см. В этот период у них интенсивно развивается и укрепляется корневая система, проникая в почву до 40–60 см. после чего у донника снижается интенсивный рост корней и наблюдается резкое увеличение надземной массы [11, 12].

Таблица 1 – Полевая всхожесть донника желтого в зависимости от сроков сева (среднее за 2017–2018 гг.)

Срок сева	Всхожесть, %
Осенний	57,5
Весенний	86,7

За годы исследований установлено значительное влияние ширины междурядий на густоту стояния растений. Наибольшая величина этого показателя отмечена при весеннем посеве и в среднем по фактору В составила 18,5 шт./м^2 (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние сроков сева и ширины междурядий на густоту стояния растений (среднее за 2017–2018 гг.)

Срок сева (фактор А)	Ширина междурядья, см (фактор В)	Густота растений, шт./м^2				
		2017 г.	2018 г.	среднее	среднее по фактору А	среднее по фактору В
Осенний	45	14,7	9,3	12,0	14,3	15,6
	60	19,6	13,7	16,6		18,5
Весенний	45	21,4	17,2	19,3	19,9	
	60	22,7	18,4	20,5		

Жесткие погодные условия степного Крыма, а именно частые суховеи и низкая относительная влажность воздуха в период цветения растений негативно влияют на количество и сохранность соцветий. Увеличение расстояния между растениями уменьшает вероятность трения растений между собой тем самым сохраняя хрупкие цветки, а в следующем бобы культуры [13, 14]. В годы исследований оба изучаемых фактора оказывали значительное влияние на количество соцветий. Наибольшая величина этого показателя зафиксирована при весеннем сроке сева в варианте с шириной междурядий 60 см – 102,8 шт./растение. Такую же тенденцию наблюдали и при осеннем сроке сева – в вариантах с междурядьем 60 см количество соцветий было выше на 21,7 шт./растение, чем при посеве с шириной междурядий 45 см. В среднем за два года при использовании широкорядного посева (60 см) количество соцветий было достоверно выше при обоих сроках сева на 16,1 % (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние сроков сева и ширины междурядий на образование соцветий донника желтого (среднее за 2017–2018 гг.)

Срок сева (фактор А)	Ширина междурядья, см (фактор В)	Количество соцветий, шт./растение				
		2017 г.	2018 г.	среднее	среднее по фактору А	среднее по фактору В
Осенний	45	66,2	68,2	67,2	76,5	79,8
	60	88,1	83,5	85,8		92,7
Весенний	45	96,2	88,7	92,4	96,0	
	60	102,8	96,7	99,7		

***Примечание**. $НСР_{05}$ фактора А – 5,1; $НСР_{05}$ фактора В – 5,1; $НСР_{05}$ взаимодействия АВ – 8,6.*

При изучении влияния факторов на массу семян с одного растения отмечена тенденция к увеличению этого показателя при весеннем сроке сева (таблица 4). Ширина междурядий в пределах сроков посева не влияла на величину этого показателя. По всем изучаемым факторам опыта зафиксировано недостоверное снижение массы семян с одного растения при увеличении густоты растений. Высокие температуры и низкая относительная влажность воздуха в сочетании с суховеями в весенне-летний оказывали негативное влияние на растения в том числе и на формирование семян – происходила абортация соцветий. Именно по этой причине разности между вариантами по (фактору В) мы не наблюдали.

Таблица 4 – Влияние сроков сева и ширины междурядий на массу семян с одного растения, г (среднее за 2017–2018 гг.)

Срок сева (фактор А)	Ширина междурядья, см (фактор В)	Масса семян с 1 растения, г				
		2017 г.	2018 г.	среднее	среднее по фактору А	среднее по фактору В
Осенний	45	1,6	1,8	1,7	1,8	1,8
	60	2,1	1,9	2,0		2,2
Весенний	45	2,2	2,2	2,2	2,3	
	60	2,6	2,4	2,5		

Примечание. *$НСР_{05}$ фактора А – 0,1; $НСР_{05}$ фактора В – 0,1; $НСР_{05}$ взаимодействия АВ – 0,4.*

В наших исследованиях влияния вышеперечисленных факторов на массу 1000 семян донника не отмечали. В среднем за годы исследования величина этого показателя была практически на одном уровне – 2,2 г (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние сроков сева и ширины междурядий на массу 1000 семян, г (среднее за 2017–2018 гг.)

Срок сева (фактор А)	Ширина междурядья, см (фактор В)	Масса 1000 семян, г				
		2017 г.	2018 г.	среднее	среднее по фактору А	среднее по фактору В
Осенний	45 (В1)	1,5	1,9	1,7	1,9	1,9
	60 (В2)	2,1	2,1	2,1		2,2
Весенний	45 (В1)	2,6	2,3	2,4	2,3	
	60 (В2)	1,8	2,1	1,9		

Примечание. *$НСР_{05}$ фактора А – 0,3; $НСР_{05}$ фактора В – 0,3; $НСР_{05}$ взаимодействия АВ – 0,8.*

Урожайность семян донника желтого во многом завит как от условий и технологии выращивания, так и от полноты опыления его цветков, в чем важную роль играют насекомые, из которых в первую очередь следует отметить пчел и шмелей [15].

В условиях выращивания в Республике Крым важно учитывать, что семена донника созревают в период конец июня–начало июля, когда температура воздуха превышает 30 °С. По нашим наблюдениям, при таких жарких условиях семена созревают быстро и трудно уловить оптимальный срок уборки. Уборка семенников сопряжена с трудностями, связанными с мелкосемянностью культуры, неравномерным созреванием семян, легкой осыпаемостью. Поэтому в условиях региона выращивания лучше и предпочтительнее семенники убирать прямым комбайнированием.

В более благоприятном 2017 г. наибольший сбор семян отмечен при весеннем сроке сева с использованием ширины междурядий 60 см – 253,6 кг/га. В 2018 г. наблюдали аналогичную тенденцию к увеличению урожайности при весеннем сроке посева с применением широкорядного способа (60 см) на 32 %, по сравнению с осенним сроком и шириной междурядий 60 см (таблица 6).

Таблица 6 – Влияние сроков сева и ширины междурядий на урожайность семян, кг/га (среднее за 2017–2018 гг.)

Срок сева (фактор А)	Ширина междурядья, см (фактор В)	Урожайность семян, кг/га				
		2017 г.	2018 г.	среднее	среднее по фактору А	среднее по фактору В
Осенний	45	176,1	78,8	127,4	136,9	142,7
	60	207,3	84,6	144,4		163,7
Весенний	45	215,8	100,2	158	170,5	
	60	253,6	112,4	183		

Примечание. *$НСР_{05}$ фактора А – 13,5; $НСР_{05}$ фактора В – 13,7; $НСР_{05}$ взаимодействия АВ – 18,0.*

В среднем за годы исследований в условиях Степного Крыма урожайность весеннего срока сева с использованием способа посева на 60 см была больше на 25 % по сравнению с осенним сроком.

Выводы

На основании проведенных полевых исследований в центральной степи Крыма, в условиях неустойчивого увлажнения, жаркого и длительного лета с суммой эффективных температур воздуха от 3300 до 3600 °С, донник желтый двулетний на семена следует сеять в весенние сроки с использованием широкорядного способа посева 60 см. Данные элементы технологии позволяют получить дружные всходы, сформировать в год посева хорошо развитые растения до 96 соцветий с одного растения, обеспечивают высокую массу с одного растения семян 2,5 г. При посеве в весенний срок с шириной междурядий 60 см формировалась наибольшая масса 1000 семян – 2,3 г, урожайность кондиционных семян донника в среднем составила 170,5 кг/га, что на 25 % больше, чем при посеве осенью.

Литература

1. Блохина Л. П. *Melilotus albus* – перспективная агроценотическая культура // Материалы 42-й научной конференции студентов агрономического факультета «Проблемы агропромышленного комплекса и пути их решения». Часть 1. Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2003. С. 106–108.
2. Дридигер В. К. Донник: монография. Ставрополь: АГРУС, 2014. 256 с.
3. Стадник С. С. Оптимизация использования удобрений // Плодородие. 2005. № 6. С. 12–14.
4. Михайлова Н. В., Вольнов В. В. Использование сидеральных культур для рекультивации нарушенных земель и улучшения качества саженцев облепихи и жимолости // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 4 (126). С. 44–47.
5. Савич В. И., Трубицина Е. В., Норовсурен Ж. Агрономическая оценка гумусового состояния почв. Методы исследования органического вещества почв. М: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2005. С. 17–29.
6. Шашкаров Л. Г. Агротехнические приемы получения высоких урожаев в Чувашской Республике // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2005. № 4. С. 35–36.
7. Садырин М. М. Донник. Омск: Омское областное книжное издательство, 1958. 62 с.
8. Савин А. П., Маркова В. Е. Достоинства и недостатки донника // Сборник научных трудов Рязанского НИПТИ АПК. Рязань, 2005. С. 71–75.
9. Половицкий И. Я., Гусев П. Г. Почвы Крыма и повышение их плодородия: справочное издание. Симферополь: Таврия, 1987. 152 с.
10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
11. Тимошкина О. Ю., Тимошкин О. А., Демьяновский В. В. Продуктивность донника при разных сроках сева // Нива Поволжья. 2018. № 1. С. 82–87.
12. Чухлебоева Н. С. Влияние сроков посева и норм высева на семенную продуктивность двулетнего донника // Сборник научных трудов «Новое в селекции и семеноводстве полевых и кормовых культур». Ставрополь: Ставропольский ГСХА, 2005. С. 86–89.
13. Rigal M., Rigal L., Vilarem G., Vandenbossche V. Sweet clovers, a source of fibers adapted for growth on wet and saline soils // Journal of natural fibers. 2016. Vol. 13. No. 4. P. 410–422.
14. Cornara L., Xiao J., Burlando B. Therapeutic potential of temperate forage legumes: a review // Critical reviews in food science and nutrition. 2016. Vol. 56. No. 12. P. 149–161.
15. Чекрыга Г. П., Длахова А. А. Производство нектаров в условиях Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2013. № 3(232). С. 74–79.

References

1. Blokhina L. P. *Melilotus albus* – a promising agrocenotic crop // Materials of the 42nd scientific conference of students of the agronomy faculty “Problems of the agro-industrial complex and ways to solve them”. Penza: Penza State Agricultural Academy, 2003. Part 1. P. 106–108.
2. Dridiger V. K. *Melilotus*: monograph. Stavropol: AGRUS, 2014. 256 p.
3. Stadnik S. S. Fertilizers optimization // Plodorodie. 2005. No. 6. P. 12–14.
4. Mikhaylova N. V., Volnov V. V. The use of green manure crops to reclaim disturbed lands and improve the quality of sea-buckthorn and honeysuckle seedlings // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2015. No. 4 (126). P. 44–47.

5. Savich V. I., Trubitsina E. V., Norovsuren Zh. Agronomical assessment of humus content of soils. Methods to study organic matter of soils. Moscow: Russian Agricultural Academy – SSI All-Russian Research, Design and Technological Institute of Organic Fertilizers and Peat (VNIPTIOU), 2005. P. 17–29.

6. Shashkarov L. G. Agrotechnical methods for obtaining high yields in the Chuvash Republic // Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2005. No. 4. P. 35–36.

7. Sadyrin M. M. Sweet clover. Omsk: Omsk regional book publishing house, 1958. 62 p.

8. Savin A. P., Markova V. E. Advantages and disadvantages of sweet clover // Collection of scientific works of Ryazan NIPTI APK. Ryazan, 2005. P. 71–75.

9. Polovitskiy I. Ya., Gusev P. G. Types of soils in the Crimea and increasing their productivity: reference book. Simferopol: Tavria, 1987. 152 p.

10. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). 5th edition, revised and enlarged. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

11. Timoshkina O. Yu., Timoshkin O. A., Dimyanovskiy V. V. Productivity of sweet clover biennial depending on different sowing dates // Niva Povolzhya (Volga Region Farmland). 2018. No. 1. P. 82–87.

12. Chukhleboeva N. S. Influence of planting dates and sowing rates on seed productivity of a two-year sweet clover // New in breeding and seed production of field and forage crops: collection of scientific works of Stavropol State Agricultural Academy. Stavropol, 2005. P. 86–89.

13. Rigal M., Rigal L., Vilarem G., Vandenbossche V. Sweet clovers, a source of fibers adapted for growth on wet and saline soils // Journal of natural fibers. 2016. Vol. 13. No. 4. P. 410–422.

14. Cornara L., Xiao J., Burlando B. Therapeutic potential of temperate forage legumes: a review // Critical reviews in food science and nutrition. 2016. Vol. 56. No. 12. P. 149–161.

15. Chekryga G. P., Plakhova A. A. Nectar production in Western Siberia // Siberian Herald of Agricultural Science. 2013. No. 3 (232). P. 74–79.

UDC 633.366:631.5

Kulinich R. A.

SEED PRODUCTIVITY OF YELLOW SWEET CLOVER DEPENDING ON PLANTING DATES AND METHOD OF SOWING IN THE CENTRAL STEPPE OF THE CRIMEA

Summary. *Production of feed for livestock in the Republic of Crimea sharply decreased without irrigation. The quality of fodder also declined. One of the solutions to this problem is the cultivation of yellow sweet clover containing small amounts of coumarin. In this context, Melilotus officinalis is an excellent crop because it is drought tolerant, winter hardy and grows in practically all soil types. This crop is underestimated among the producers of agricultural production because of the lack of seeds; moreover, the seed production system is undeveloped properly. All studies were conducted at the experimental fields of the FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea" in 2016–2018. We studied different planting dates (spring and autumn) and different planting methods with various row spacing (45 cm and 60 cm). The seeding rate was generally accepted for wide-row sowing of perennial grasses – 4 million seeds per hectare. As a result of the experiments, we found that in the Central Steppe of the Crimea under conditions of unstable moistening, hot and long summers, two-year yellow sweet clover for seeds should be sown in spring with the 60-centimetre row-width spacing. These elements of cultivation technology allow obtaining good and uniform Melilotus officinalis emergence, form well-developed plants, which would be able to form up to 96 inflorescences per plant, as well as good green mass and 2.5 grams of seeds from one plant. Sowing in spring with a row spacing of 60 cm forms the largest 1000-seed mass – 2.3 grams; yield of conditioned seeds – at the level of 170.5 kg/ha, which is 25 % more than when sown in autumn.*

Keywords: *yellow sweet clover (Melilotus officinalis), method of sowing, planting dates, yield, productivity.*

Кулинич Роман Алексеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией семеноводства и сортоизучения новых генотипов отдела интродукции и технологий в полеводстве и животноводстве, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: kulinich_r@niishk.ru.

Kulinich Roman Alekseevich, Cand. Sc. (Agr.), head of the Laboratory of seed growing and strain investigation of new genotypes of the Department of introductions and technologies in agriculture and livestock farming, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”, 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: kulinich_r@niishk.ru.

Дата поступления в редакцию – 20.04.2020.
Дата принятия к печати – 10.06.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-81-96
УДК 631.365.23:533.9.082.74:66.047.3

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

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОЙ СУШКИ ЛЮЦЕРНЫ, СОЧЕТАЮЩЕЙ ДОСТОИНСТВА СВЧ-ВАКУУМНОГО И КОНВЕКТИВНОГО МЕТОДОВ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ

ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»

Реферат. *Разработка энергосберегающих технологий сушки кормовых трав, обеспечивающих сохранность каротина является актуальной задачей в технологии подготовки высококачественных кормов для животноводства. Цель исследований – разработка энергосберегающей технологии комбинированной сушки зеленой люцерны, сочетающей применение методов СВЧ (сверхвысокочастотной) и конвективной сушки. Исследования проводили в 2019–2020 гг. в Зерноградском районе Ростовской области. Объектом исследования являлся технологический процесс сушки растительной массы кормовых трав, в частности люцерны. Разработана комбинированная технология сушки люцерны, осуществляемая в два этапа. На первом этапе производится сушка предварительно измельченной и уплотненной до объемной плотности 150–300 кг/м^3 листостебельной массы СВЧ-излучением частотой 915 МГц с мощностью, обеспечивающей интенсивность нагрева от 1 °С до 10 °С в секунду. Сушка выполняется при пониженном атмосферном давлении при температуре 120–140 °С до достижения влажности 25–30 %. В ходе второго этапа сушка частично обезвоженных растительных частиц и испарение влаги до достижения влажности 10–15 % производится методом конвективной сушки нагретым воздухом при температуре не выше 60 °С. На основе известных закономерностей процесса сушки выполнено теоретическое обоснование состава и порядка выполнения операций технологического процесса комбинированной сушки и рациональных параметров их осуществления. В результате экспериментов установлено, что для СВЧ-вакуумной сушки люцерны рациональна температура 120–140 °С. Технология комбинированной сушки обеспечивает минимальное снижение содержания каротина после сушки – не более 15 %, и в процессе хранения в течение шести месяцев – не более 45 %. Технология комбинированной сушки, включающая последовательно выполняемые операции СВЧ-вакуумной и конвективной сушки, позволяет максимально сохранить каротин в процессе сушки и хранения растительной массы, снизить энергоемкость процесса обезвоживания люцерны и уменьшить себестоимость заготовки кормов.*

Ключевые слова: *СВЧ-сушка, конвективная сушка, комбинированная сушка, вакуум, люцерна посевная (Medicago sativa L.), удаление влаги, каротин, хранение.*

Введение

В настоящее время в России актуальной задачей является обеспечение полноценного кормления сельскохозяйственных животных. Рациональный метод решения этой задачи – использование дешевого местного растительного сырья [1]. Для России доступным источником растительного протеина, каротина и витаминов, позволяющим сократить использование дорогостоящего покупного белкового сырья (соевого шрота, рыбной муки и другого), являются кормовые травы, такие как люцерна, клевер, донник и эспарцет. Ведущее место среди них занимает люцерна посевная (*Medicago sativa* L.), в листьях и стеблях которой содержится 17–19 % протеина и до 200 мг/кг каротина [2].

Недостаток люцерны как кормового сырья, препятствующий ее сохранению в течение длительного времени – значительная исходная влажность (от 60 % до 80 %) [3].

Поэтому листостебельную массу люцерны сушат до влажности 10–15 %. Метод естественной сушки люцерны для получения сена находит все меньшее применение из-за его большой продолжительности и малой производительности [4]. Заменой процессу естественной сушки стала интенсивная технология, предусматривающая измельчение листостебельной массы люцерны, ее высокотемпературную конвективную сушку и гранулирование [5]. Но недостатком этой технологии является значительное снижение содержания каротина и витаминов под действием высокой температуры [6]. Тот же недостаток характерен и для конвективной сушки других растений. Помимо этого, по причине малой теплопроводности зеленых растений, в частности люцерны, конвективная сушка имеет большую продолжительность, что негативно влияет на сохранность каротина и других питательных веществ [7]. На заключительном этапе сушки при значительном снижении влажности растительного сырья его теплопроводность и электропроводность снижаются в еще большей степени, что приводит к увеличению энергоемкости процесса.

Для преодоления этого недостатка предложены различные технологические решения. Наиболее эффективным из них является сушка растительных материалов, в частности люцерны, под действием СВЧ-излучения [7, 8]. Этот метод позволяет на порядок ускорить обезвоживание листостебельной массы, что способствует большей сохранности каротина и других питательных веществ [9]. Но способ СВЧ-сушки имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что без своевременного отвода выделяемой из растений влаги, обеспечить который естественная вентиляция не может, эффективность обработки микроволновым излучением снижается, а ее продолжительность возрастает [10], что может приводить к излишнему высушиванию растительной массы, сопровождающемуся разрушением питательных веществ [11]. Эффективность СВЧ-сушки на ее завершающем этапе снижается также из-за уменьшения коэффициента поглощения микроволнового излучения растительным материалом при снижении его влажности [10]. Помимо этого, оборудование для СВЧ-обработки имеет высокую стоимость. Для ускорения процесса СВЧ-сушки и повышения эффективности предложено сочетать его с другими методами обработки, а именно конвективной сушкой [12] или воздействием пониженного атмосферного давления (вакуума) [13]. Достоинства этих методов сушки растений показаны на рисунке 1.

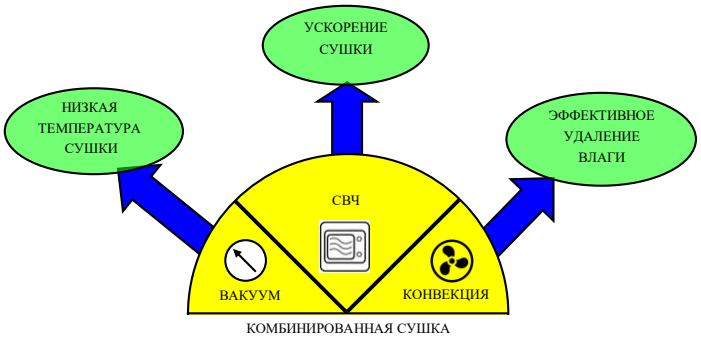


Рисунок 1 – Достоинства различных методов сушки растений

Различные ученые проводили экспериментальные исследования СВЧ-сушки и комбинированной СВЧ-сушки растений. Они установили, что эффективность СВЧ-сушки повышается при ее осуществлении при пониженном атмосферном давлении (вакууме) [14], так как это способствует более интенсивному выделению влаги из растений, а закипание содержащейся в них воды при более низкой температуре позволяет повысить сохранность каротина [15].

Также проводили исследования по комбинированной сушке растительных

материалов СВЧ-излучением и конвективным нагревом горячим воздухом [16]. Сравнение на основе экспериментальных данных показало большую эффективность этого способа сушки по сравнению с обезвоживанием только СВЧ-излучением благодаря своевременному удалению влаги из сушильной камеры [17]. В тоже время среди исследователей нет единого мнения об оптимальном сочетании этих двух видов воздействия на растительные материалы. Если одни ученые предлагают сочетать эти воздействия, производя их одновременно [17, 18], то другие предпочитают двухэтапное поочередное их действие [19, 20]. Но при этом также нет единого мнения об очередности применения разных методов сушки [13, 21].

Таким образом, вопрос оптимальной последовательности выполнения технологических операций при комбинированной сушке зеленых растений, в частности люцерны, остается нерешенным.

Цель исследований – разработка энергосберегающей технологии комбинированной сушки зеленой люцерны, сочетающей применение методов СВЧ и конвективной сушки, теоретическое и экспериментальное обоснование рациональной последовательности составляющих её технологических операций и параметров их осуществления.

Материалы и методы исследований

Исследования выполнены в 2019–2020 гг. в ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”» (Зерноградский район Ростовской области).

Объектом исследования являлся технологический процесс сушки растительной массы кормовых трав, в частности люцерны. При этом изучены не только технологические, но и системные закономерности и качества объекта исследования [22], а именно: многофункциональность организации объекта, поэтапное преобразование объекта, комплексность [23].

Методы исследования: системный анализ и синтез технологического процесса [24] комбинированной сушки зеленой люцерны. Осуществлен системный анализ технологического процесса сушки зеленой массы люцерны, определены его достоинства и недостатки. Произведен синтез новой рациональной технологической схемы комбинированной сушки люцерны, лишенной выявленных недостатков.

Разработку технологии комбинированной сушки зеленой люцерны выполняли в два этапа. На первом этапе на основе ранее установленных отечественными и зарубежными учеными и авторами статьи закономерностей процессов сушки растений разработана технологическая схема комбинированной сушки люцерны. На этом этапе выполнено теоретическое обоснование очередности осуществления технологических операций и рациональных параметров их выполнения на основе известных теоретических положений и опытных данных. На втором этапе выполнены экспериментальные исследования, заключавшиеся в практической проверке элементов (операций) разработанной технологической схемы и уточнении параметров их выполнения. При этом также использованы результаты ранее выполненных авторами исследований.

Уборку люцерны (*Medicago sativa* L.) осуществляли в Ростовской области в начале сентября 2019 г. (третий укос). Ее начальная влажность составила 75–80 %. После естественной сушки в поле влажность люцерны снизилась до 60–65 %. Содержание каротина в люцерне перед сушкой составляло 110–115 мг/кг. Непосредственно перед комбинированной сушкой листостебельную массу механически измельчили до размера частиц 10–20 мм.

Экспериментальные исследования проводили на опытной установке для комбинированной СВЧ-сушки растительной массы [25]. Опытная установка включает составную сушильную камеру, состоящую из последовательно размещенных камеры СВЧ-вакуумной сушки и камеры конвективной сушки (рисунок 2).

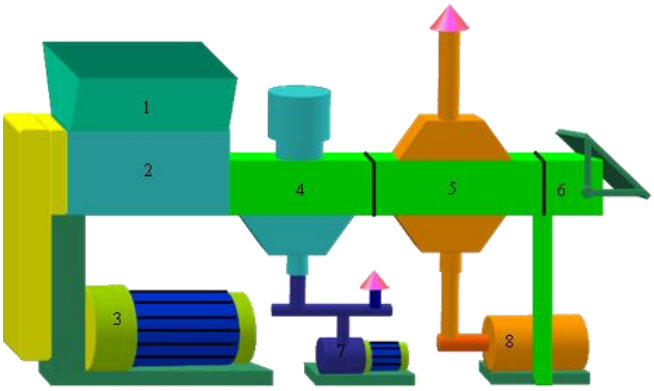


Рисунок 2 – Опытная установка для комбинированной СВЧ-сушки растительной массы (патент RU 2620462)

Примечание. *1 – загрузочный бункер; 2 – уплотнительная камера; 3 – электропривод; 4 – камера СВЧ-сушки; 5 – камера конвективной сушки; 6 – камера подпора; 7 – вакуум-насос; 8 – электрокалорифер с вентилятором.*

Камера СВЧ-сушки соединена с конденсационной камерой и вакуум-насосом, а камера конвективной сушки – с электрокалорифером и вентилятором. Камера конвективной сушки снабжена отводом в вытяжную вентиляцию. Установка включает также загрузочный бункер со шнеками и уплотнительную камеру, а также камеру подпора, предназначенные для регулирования плотности растительной массы.

При выполнении экспериментов по определению сравнительной эффективности способов сушки люцерны в опытной установке отключали неиспользуемые камеры, то есть использовали только камеру СВЧ-вакуумной сушки или только камеру конвективной сушки, либо же обе камеры последовательно.

Влажность люцерны определяли методом полного высушивания, при этом образцы массой 10 г выдерживали в течение 24 ч в сушильном шкафу при температуре 105 °С до стабилизации массы. Влажность определяли как удельное содержание воды в общей массе растений, выраженное в процентах. Образцы взвешивали на весах с погрешностью не более 0,1 г. Интенсивность сушки определяли как изменение влажности люцерны за определенный промежуток времени при прохождении через установку комбинированной сушки.

Опытная установка для комбинированной СВЧ-сушки рассчитана на единовременную обработку 2 кг растительной массы, то есть в каждой ее камере в данный момент времени может подвергаться обработке такое количество люцерны.

Содержание каротина в люцерне определяли методом хроматографии в тонком слое сорбента [26, 27]. Содержание каротина определяли как отношение его массы в мг к массе сухого вещества люцерны в кг.

Температуру нагрева частиц люцерны в процессе сушки измеряли оптическим пирометром на выходе сушильной установки, давление воздуха в камере СВЧ-сушки – вакуумметром.

Скорость обезвоживания люцерны в процессе сушки определяли как изменение ее влажности в процентах за единицу времени (относительно первоначального уровня влажности растительной массы).

Высушенную люцерну хранили в непрозрачных пластиковых мешках в закрытом отапливаемом помещении при температуре 18–20 °С в течение шести месяцев (180 дней) с сентября 2019 г. по март 2020 г. Каждые 30 дней из нее отбирали пробы и определяли содержание в них каротина.

В ходе экспериментальных исследований в качестве основного критерия эффективности различных способов сушки люцерны принято содержание каротина в

высушенной люцерне и степень его разрушения в процессе обезвоживания и последующего хранения.

Результаты и их обсуждение

Технология комбинированной сушки. Для решения поставленной задачи разработана комбинированная технология сушки люцерны [28]. Согласно разработанной технологической схеме комбинированная сушка осуществляется в два этапа. На первом этапе производится сушка предварительно измельченной и уплотненной листостебельной массы СВЧ-излучением, причем она выполняется при пониженном атмосферном давлении (вакууме). В ходе второго этапа обработка частично обезвоженных растительных частиц и испарение влаги производится методом конвективной сушки нагретым воздухом.

Для осуществления предлагаемой технологии скошенную зеленую люцерну подсушивают под действием солнечного излучения до влажности 60–65 %.

На предварительном этапе листостебельную массу люцерны механически измельчают до размера частиц не более 10 мм и уплотняют до объемной плотности 150–300 кг/м^3, после чего перемещают в камеру СВЧ-сушки сушильной установки.

В ходе первого этапа выполнения технологии производят сушку зеленой растительной массы, в ходе которой осуществляют ее кратковременную обработку СВЧ-излучением частотой 915 МГц с мощностью, обеспечивающей интенсивность нагрева от 1 °С до 10 °С в секунду, до температуры 120–140 °С. В сушильной камере во время сушки поддерживается пониженное атмосферное давление 60 кПа. Выделяемый в процессе сушки водяной пар конденсируется в конденсационной камере. Растительную массу дозируют при загрузке в сушильную установку таким образом, чтобы обеспечить ее нагрев с приведенными выше параметрами.

После этого частично обезвоженную зеленую растительную массу влажностью 25–30 % перемещают в камеру конвективной сушки сушильной установки, где осуществляют второй этап сушки, в ходе которого производят ее досушивание до конечной влажности 10–15 % и удаляют потоком нагретого воздуха воду с поверхности частиц, а водяной пар за пределы установки, причем температуру растительной массы поддерживают на уровне не выше 60 °С. По достижении требуемой конечной влажности 10–15 % сушку прекращают, а высушенную растительную массу выгружают из сушильной установки. Высушенная растительная масса люцерны может быть подвергнута гранулированию.

Схема разработанного технологического процесса комбинированной сушки люцерны приведена на рисунке 3.

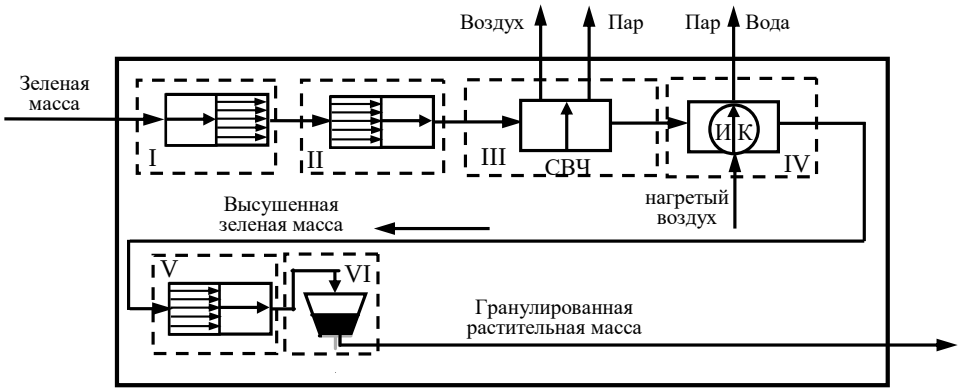


Рисунок 3 – Схема технологического процесса комбинированной сушки люцерны

Примечание. *I – измельчение зеленой массы; II – уплотнение измельченной зеленой массы; III – СВЧ-вакуумная сушка; IV – конвективная сушка и отвод влаги; V – гранулирование высушенной растительной массы; VI – хранение высушенной растительной массы.*

Ниже приведен пример осуществления предлагаемой технологии.

Предварительно подсушенную зеленую массу люцерны влажностью 60–65 % и массой 2 кг измельчают до размера частиц не более 10 мм и загружают в сушильную установку. Зеленую массу уплотняют до объемной плотности 200–300 кг/м^3 и перемещают в камеру СВЧ-обработки. Затем осуществляют ее обработку СВЧ-излучением частотой 915 МГц с мощностью 800 Вт, обеспечивающей интенсивность нагрева 8–10 °С в секунду, в течение 5 мин. Конечная температура обрабатываемой зеленой массы люцерны составляет 120–130 °С, а остаточная влажность – 25–30 %. В сушильной камере во время сушки поддерживают пониженное атмосферное давление 60 кПа.

Зеленую массу перемещают в камеру конвективной сушки сушильной установки и производят ее досушивание и испарение выделившейся в ходе первого этапа влаги. Их производят потоком нагретого воздуха температурой 50–60 °С, обеспечивающим поддержание температуры растительной массы не выше 60 °С в течение 20 мин. В процессе конвективной сушки проводят досушивание частиц растений, удаляют потоком нагретого воздуха воду с поверхности частиц, а водяной пар через систему вентиляции выводят за пределы установки. Конечная влажность высушенной люцерны составляет 10–15 %. Высушенную растительную массу люцерны выгружают из сушильной установки и направляют на гранулирование или на хранение.

Обоснование параметров и режимов технологии комбинированной сушки. Выбор очередности, содержания этапов и параметров выполнения предлагаемой технологии сушки люцерны обусловлены следующими факторами.

Использование предварительно механически измельченной до размера частиц не более 10 мм листостебельной массы обосновано тем, что при таком размере частиц обеспечивается их эффективное уплотнение до объемной плотности 150–300 кг/м^3. Уплотнение же измельченной зеленой массы люцерны перед сушкой до объемной плотности 150–300 кг/м^3 обосновано тем, что это повышает эффективность действия на нее СВЧ-излучения [29], что выражается в снижении значения коэффициента стоячей волны напряжения (КСВН), а также в повышении общей производительности процесса сушки [30, 31]. Это позволяет сократить продолжительность воздействия СВЧ-излучения, предотвратить перегрев растительной массы и снизить тем самым потери каротина [30]. Значения объемной плотности зеленой массы менее 150 кг/м^3 увеличивают значение КСВН до 2,0 и более, что вызывает снижение КПД СВЧ-генератора и создает возможность выхода его из строя [29]. Увеличение объемной плотности более 300 кг/м^3 вызывает механическое выделение сока из растительной массы, что приводит к снижению содержания каротина.

Применение кратковременной обработки люцерны СВЧ-излучением частотой 915 МГц с удельной мощностью, обеспечивающей интенсивность нагрева от 1 °С до 10 ºС в секунду, до температуры 120–140 °С обосновано тем, что при интенсивном нагреве до этой температуры продолжительностью не более 5 мин почти не происходит разрушение каротина. Предположительно, это происходит потому, что под влиянием СВЧ-излучения нагревается, в основном, содержащаяся в растительных частицах вода, тогда как вещества, находящиеся в твердой форме, в частности каротин, нагреваются менее интенсивно [32].

Применение генератора СВЧ-излучения мощностью 800 Вт обосновано тем, что увеличение мощности СВЧ-излучения повышает интенсивность обезвоживания и сокращает продолжительность сушки [32], но увеличивает затраты энергии. Поэтому принято значение мощности 800 Вт, как обеспечивающее повышение интенсивности сушки без значительных энергозатрат. Следует отметить, что при увеличении производительности сушильной установки и, соответственно, количества единовременно обрабатываемой в ней зеленой массы, требуется и увеличение

количества СВЧ-генераторов (магнетронов).

Применение СВЧ-излучения частотой 915 МГц обосновано тем, что с увеличением частоты излучения уменьшается диэлектрическая проницаемость высушиваемого материала, что отрицательно влияет на качество и продолжительность сушки [31, 32].

Уровень пониженного давления (вакуума) при СВЧ-сушке, равный 60 кПа, обоснован тем, что более низкое давление может привести к нарушению внутренней структуры растительной ткани, что приведет к неравномерному выделению влаги и ухудшению качества готового продукта [13].

Принятые значения параметров СВЧ-сушки обеспечивают протекание в растительных клетках процесса электроплазмолиза [33], что является необходимым условием их эффективного обезвоживания [34]. Согласно теории электроплазмолиза, изменения в биохимическом составе клеток растений вызваны коагуляцией внутриклеточной протоплазмы под действием СВЧ-излучения и удержанием связанных частиц, содержащих каротин, клеточными стенками при удалении влаги из клеток [35]. В результате электроплазмолиза в клетках высушиваемых растений происходит изомеризация каротина, вызывающая переход β-каротина в α-каротин, что уменьшает его доступность для выведения из клетки вместе с выделяемой влагой и окисления его кислородом, что снижает потери каротина при хранении высушенной растительной массы.

Поэтому хорошую сохранность каротина при СВЧ-сушке зеленых растений можно объяснить коагуляцией протоплазмы в их клетках и удерживанием связанных частиц каротина клеточными мембранами при прохождении через них воды в процессе сушки [29]. В результате воздействия СВЧ-излучения на растительную ткань биологическая активность протоплазмы клеток прекращается, что способствует увеличению проницаемости их мембран для влаги [34, 36]. Электроплазмолиз, в отличие от термоплазмолиза, при интенсивном нагреве не вызывает полного разрушения клеточных стенок, но способствует разделению протоплазмы клеток на крупные частицы, которые легко задерживаются клеточными мембранами при истечении через них воды [35]. При СВЧ-сушке прекращается метаболическая активность растительных клеток, в результате чего исчезают препятствия для протекания процесса высушивания [37, 38]. Благодаря этому исключаются потери каротина с выделяемым соком, а скорость влагоотдачи из растительных частиц значительно увеличивается.

Интенсивность нагрева от 1 °С до 10 °С в секунду обусловлена тем, что при меньших ее значениях не происходит электроплазмолиз в растительных клетках и не обеспечивается выделение из них влаги [36, 39], интенсивность же нагрева более 10 °С в секунду вызывает излишнее высушивание и подгорание растений.

Осуществление СВЧ-сушки при пониженном давлении воздуха (вакууме) обосновано тем, что при этом снижается температура кипения воды, содержащейся в растительной массе [41], благодаря чему обеспечивается большая сохранность каротина [7]. При нагреве внутри растительных частиц происходит повышение давления, приводящее к удалению воды и водяного пара через капилляры и поры [39, 40]. Пониженное давление воздуха в сушильной камере способствует еще большей интенсификации этого процесса [39].

Осуществление процесса СВЧ-вакуумной сушки до уровня влажности 25–30 % обосновано тем, что основной объем свободной влаги удален из растительных тканей и можно переходить к досушке растительной массы конвективным способом.

Поддержание температуры растительной массы при конвективной сушке нагретым воздухом на уровне не выше 60 °С обосновано тем, что при таком температурном режиме не происходит значительное снижение содержания

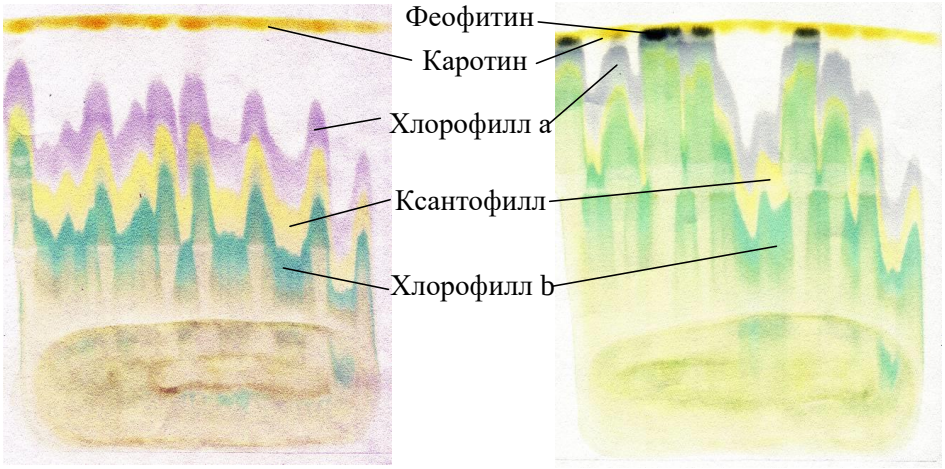
каротина [41]; также использование потока нагретого воздуха с температурой, обеспечивающей поддержание температуры растительной массы на уровне не выше 60 °С, достаточно для эффективного удаления воды и водяных паров из камеры конвективной сушки сушильной установки [20, 42], а ее увеличение выше этого значения приводит к значительным затратам энергии.

Последовательность применения различных методов сушки (сначала СВЧ + вакуум, затем конвективная сушка) обоснована тем, что при СВЧ-обработке по мере снижения влажности растительной массы степень поглощения СВЧ-излучения уменьшается, что вызывает падение интенсивности теплопередачи [17, 43]. Это снижает эффективность сушки и увеличивает ее продолжительность [20, 44], а также может повысить температуру растительной массы до неприемлемого уровня [15, 45, 46]. Поэтому на заключительном этапе обезвоживания люцерны рационально выполнять конвективную сушку. Также применение конвективной сушки нагретым воздухом на втором этапе обусловлено необходимостью эффективного удаления с поверхности растительных частиц выделившейся в ходе первого этапа воды и отвода водяного пара за пределы сушильной установки.

На основе анализа научных данных сделан вывод о том, что для энергоэффективной сушки растений с высокой влажностью, к которым относится люцерна, необходимо объединить в рамках одного технологического процесса последовательно выполняемые СВЧ- и конвективную сушки. Их последовательное действие на высушиваемое растительное сырье позволяет снизить затраты энергии на завершающем этапе его обезвоживания.

Экспериментальная проверка элементов технологии комбинированной сушки. Для подтверждения эффективности применения СВЧ-вакуумной сушки с целью обеспечения длительной сохранности высушенной зеленой массы получены хроматограммы содержания каротина в листьях и стеблях люцерны до и после сушки (рисунок 4).

Сравнение хроматограмм образцов люцерны до (рисунок 4а) и после СВЧ-вакуумной сушки (рисунок 4б) показало, что в растительных клетках после обработки верхняя полоса оранжево-желтого цвета, соответствующая β-каротину, сместилась к желтому цвету, соответствующему менее активному α-каротину.



а б

Рисунок 4 – Хроматограммы содержания каротина и других пигментов в зеленой массе люцерны

Примечание. *а – до СВЧ-сушки; б – после СВЧ-сушки.*

Это экспериментально подтверждает теоретические положения, согласно которым под воздействием СВЧ-излучения в клетках растений происходит изомеризация каротина, вызывающая превращение β-каротина в α-каротин, менее подверженный окислению кислородом воздуха при длительном хранении.

Для обоснования рационального температурного режима СВЧ-вакуумной сушки выполнены экспериментальные исследования зависимости содержания каротина в высушенной люцерне от температуры обработки, результаты которых представлены на рисунке 5.

Экспериментальные данные подтвердили, что содержание каротина в листостебельной массе люцерны снижается при увеличении температуры СВЧ-сушки. Сделан вывод, что температурный диапазон 120–140 °С является рациональным для СВЧ-вакуумной сушки люцерны по причине минимального снижения содержания каротина.

Выполнены сравнительные экспериментальные исследования сохранности каротина в листостебельной массе люцерны непосредственно после сушки различными способами (таблица 1).

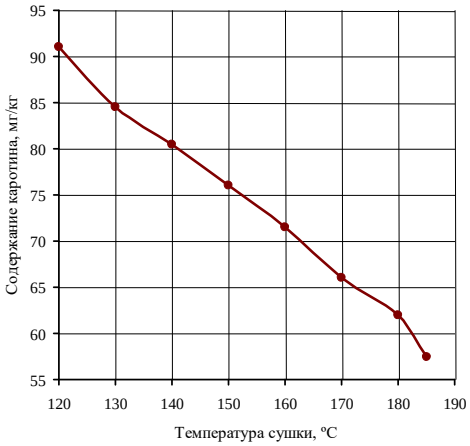


Рисунок 5 – Зависимость содержания каротина в высушенной люцерне от температурного режима СВЧ-вакуумной сушки

Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований сохранности каротина в растительной массе люцерны после сушки различными способами (исходное содержание каротина до сушки – 113 ± 1 мг/кг)

Способ сушки	Содержание каротина после сушки, мг/кг	Снижение содержания каротина по сравнению с исходным, %
СВЧ + вакуум	90,0 ± 1,1	20,0 ± 0,5
Конвективная сушка 70 °С	74,0 ± 0,9	34,5 ± 0,6
Комбинированная сушка (СВЧ + вакуум, затем конвективная 50–60 °С)	96,0 ± 1,2	15,0 ± 0,3

Их результаты свидетельствуют, что комбинированный двухэтапный способ сушки люцерны является более эффективным, чем сушка только одним из представленных в таблице 1 методов.

Для определения оптимального диапазона для осуществления сушки люцерны СВЧ-излучением исследовали динамику изменения интенсивности СВЧ-вакуумной сушки по мере уменьшения влажности высушиваемого растительного сырья. Об изменении интенсивности СВЧ-сушки судили по изменению скорости обезвоживания люцерны (рисунок 6).

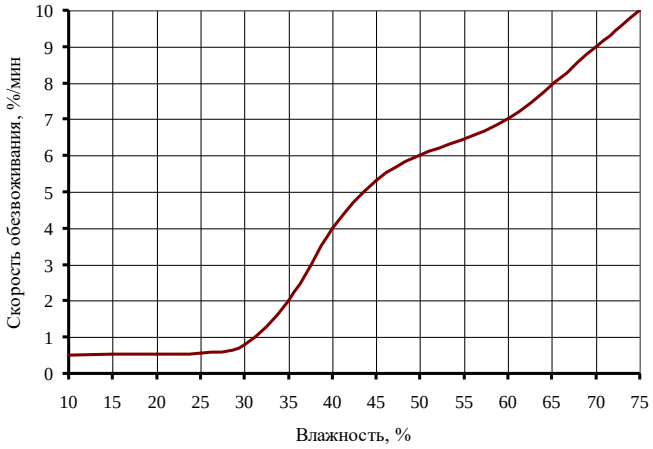


Рисунок 6 – Зависимость скорости обезвоживания листостебельной массы люцерны в процессе СВЧ-вакуумной сушки от ее влажности

Установлено, что по мере уменьшения влажности люцерны снижается и интенсивность сушки. Но такая динамика наблюдается лишь при уровне влажности выше 25–30 %. По достижении этой величины скорость обезвоживания стабилизируется. Это свидетельствует о завершении удаления содержащейся в листостебельной массе свободной влаги и начале процесса удаления связанной влаги, что требует значительных затрат энергии.

Этот факт подтверждает, что на заключительном этапе обезвоживания применение СВЧ-сушки нерационально, так как приводит к большим затратам энергии.

Проведены исследования по установлению влияния способа сушки люцерны на сохранность каротина при длительном хранении. По итогам составлена таблица 2, в которой представлена информация о содержании каротина в растительной массе люцерны непосредственной после сушки и динамика его изменения в процессе последующего хранения в течение шести месяцев. Графическое отображение установленных закономерностей изменения содержания каротина представлено на рисунке 7.

Таблица 2 – Результаты экспериментальных исследований сохранности каротина после сушки различными способами и при последующем хранении растительной массы люцерны (содержание каротина до сушки – 113 ± 1 мг/кг)

Способ сушки	Содержание каротина, мг/кг						
	продолжительность хранения, мес.						
	0	1	2	3	4	5	6
Конвективная сушка при температуре 70 °С	74,0 ± 0,8	70,1 ± 0,8	66,3 ± 0,7	62,1 ± 0,7	57,3 ± 0,6	49,2 ± 0,6	41,1 ± 0,5
Комбинированная сушка: СВЧ-вакуумная сушка и последующая конвективная сушка при температуре менее 60 °С	91,0 ±1,0	83,1 ± 0,9	78,5 ± 0,85	76,2 ± 0,8	73,0 ± 0,8	70,4 ± 0,8	67,6 ± 0,8

В результате экспериментальных исследований установлено, что применение комбинированного способа сушки обеспечивает бóльшую сохранность каротина в растительной массе люцерны, чем традиционный метод конвективной сушки.

Установлено, что за шесть месяцев (180 дней) содержание каротина в высушенной комбинированной сушкой люцерне снизилось на 25,7 %. В тоже время содержание каротина в высушенной методом только конвективной сушки люцерне

снизилось за шесть месяцев (180 дней) на 44,5 %, при этом в последние два месяца снижение было более интенсивным, тогда как при комбинированной сушке содержание каротина уменьшалось более равномерно.

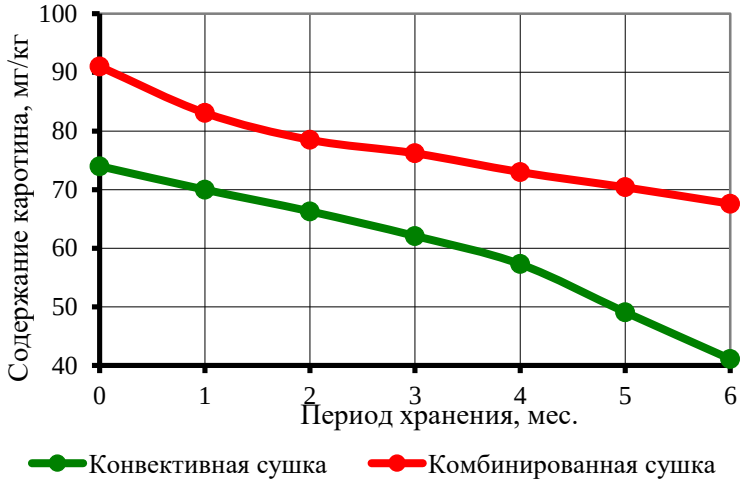


Рисунок 7 – Зависимость содержания каротина в растительной массе люцерны после ее сушки различными способами от продолжительности хранения

Результаты проведенного эксперимента доказывают, что применение технологии комбинированной сушки обеспечивает хорошую сохранность содержащегося в высушенной люцерне каротина во время ее хранения в зимний период.

Выводы

Результаты экспериментальных исследований подтвердили обоснованность принятого состава и порядка выполнения операций технологического процесса комбинированной сушки люцерны и рациональных параметров их осуществления, определенных на основе известных теоретических положений.

Технология комбинированной сушки, включающая последовательно выполняемые операции СВЧ-вакуумной и конвективной сушки, является перспективной для осуществления промышленной сушки зеленой массы люцерны посевной, а также других кормовых трав. Она позволяет максимально сохранить в их составе каротин как в процессе сушки растительной массы, так и в продолжение ее хранения. Сочетание СВЧ-вакуумной и конвективной сушки в рамках единого технологического процесса позволяет снизить энергоемкость процесса обезвоживания люцерны и, соответственно, уменьшить себестоимость заготовки кормов.

Литература

1. Шевцов А. А., Дранников А. В., Коротаева А. А. Анализ инновационной привлекательности использования вегетативной массы растений в комбикормах // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 1. С. 224–226.

2. Elgersma A., Soegaard K., Jensen S. K. Vitamin contents in forage herbs // Aspects of Applied Biology. 2012. No. 115. P. 75–80.

3. Xianzhe Z., Lan Y., Jianying W., Hangfei D. Process analysis for an alfalfa rotary dryer using an improved dimensional analysis method // International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 2009. Vol. 2. No. 3. P. 76–82.

4. Mulle C. J. C., Cruywage C. W., Du Toi F. J., Both J. A. The drying rate and chemical composition of field and artificially dried lucerne hay // South African Journal of Animal Science. 2008. Vol. 38. No. 4. P. 350–354.

5. Gallego A., Hospido A., Moreira M. T., Feijoo G. Environmental assessment of dehydrated alfalfa production in Spain // Resources, Conservation and Recycling. 2011. Vol. 55. No. 11. P. 1005–1012.

6. Adapa P. K., Schoenau G. J., Tabil L. G., Arinze E. A., Singh A. K., Dalai A. K. Customized and

value-added high quality Alfalfa products: A new concept // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2007. Vol. 9. P. 1–28.

7. Farhang A., Hosinpour A., Darvishi H., Khoshtaghaza M. H., Tavakolli Hashtjin T. Accelerated drying of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) by microwave dryer // Global Veterinaria. 2010. Vol. 5. No. 3. P. 158–163.

8. Darvishi H. Mathematical modeling, moisture diffusion and energy consumption in thin layer drying of alfalfa // Middle-East Journal of Scientific Research. 2012. Vol. 12. No. 4. P. 511–16.

9. Jancik F., Kubelkova P., Kubat V., Koukolova M., Homolka P. Effects of drying procedures on chemical composition and nutritive value of alfalfa forage // South African Journal of Animal Science. 2017. Vol. 47. No. 1. P. 96–101.

10. Zhang M., Tang J. M., Mujumdar A. S., Wang S. Trends in microwave related drying of fruits and vegetables // Trends in Food Science & Technology. 2006. Vol. 17. No. 10. P. 524–534.

11. Moses J. A., Norton T., Alagusundaram K., Tiwari B. K. Novel drying techniques for the food industry // Food Engineering Reviews. 2014. Vol. 6. No. 3. P. 43–55.

12. Zhang M., Chen H., Mujumdar A. S., Tang J., Miao S., Wang Y. Recent developments in high-quality drying of vegetables, fruits, and aquatic products // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2017. Vol. 57. No. 6. P. 1239–1255.

13. Zielinska M., Ropelewska E., Xiao H. W., Mujumdar A. S., Law C. L. Review of recent applications and research progress in hybrid and combined microwave-assisted drying of food products: Quality properties // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. Latest articles. 2019. С. 1–53.

14. Sufer O., Palazoglu T. K. Microwave-vacuum drying of pomegranate arils (*Punica granatum* L. cv. Hicaznar): Effect on quality and nutrient content // Journal of Food Processing and Preservation. 2019. Vol. 43. No. 9. Art. No. e14085. DOI: 10.1111/jfpp.14085.

15. Goreshnev M., Litvishko E. Math modeling of vacuum conductive timber drying // Advanced Materials Research. 2014. No. 1040. P. 478–483.

16. Zielinska M., Michalska A. Microwave-assisted drying of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) fruits: Drying kinetics, polyphenols, anthocyanins, antioxidant capacity, colour and texture // Food Chemistry. 2016. Vol. 212. P. 671–680.

17. Pu Y. Y., Sun D. W. Combined hot-air and microwave-vacuum drying for improving drying uniformity of mango slices based on hyperspectral imaging visualisation of moisture content distribution // Biosystems Engineering. 2017. Vol. 156. P. 108–119.

18. Zhou X., Ramaswamy H., Qu Y., Xu R., Wang S. Combined radio frequency-vacuum and hot air drying of kiwifruits: Effect on drying uniformity, energy efficiency and product quality // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2019. Vol. 56. Art. No. 102182. DOI: 10.1016/j.ifset.2019.102182.

19. Ferenczi S., Cserhalmi Z., Visnyei B., Szucs V., Czukor B. Effect of operational parameters of microwave vacuum drying combined with hot-air pre-drying to physical, sensory, and nutritional properties of dried apple snack // Acta Alimentaria. 2017. Vol. 46. No. 2. P. 152–161.

20. Chua L. Y. W., Chua B. L., Figiel A., Chong C. H., Wojdylo A., Szumny A., Lech K. Characterisation of the convective hot-air drying and vacuum microwave drying of Cassia alata: Antioxidant activity, essential oil volatile composition and quality studies // Molecules. 2019. Vol. 24. No. 8. P. 16–25.

21. Onwude D. I., Hashim N., Chen G. Recent advances of novel thermal combined hot air drying of agricultural crops // Trends in Food Science & Technology. 2016. Vol. 57. С. 132–145.

22. Виноград Э. Г. Методологический аппарат системного исследования // Социогуманитарный вестник. 2013. № 1. С. 144–159.

23. Виноград Э. Г. Учет системных закономерностей в инженерном мышлении и проектировании // Социогуманитарный вестник. 2014. № 1. С. 141–154.

24. Виноград Э. Г., Захарова Л. М., Плосконосова Е. А., Храпцова Т. А. Учет системных закономерностей при разработке технологии молочного напитка, обогащенного // Техника и технология пищевых производств. 2016. Т. 41. № 2. С. 21–27.

25. Патент РФ № 2620462 «Установка комбинированной сушки зеленой растительной массы». 22.05.2017.

26. Barba A. O., Hurtado M. C., Mata M. S., Ruiz V. F., De Tejada M. L. S. Application of a UV–vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and β-carotene in vegetables // Food Chemistry. 2006. Vol. 95. No. 2. P. 328–336.

27. Чечета О. В., Сафонова Е. Ф., Сливкин А. И. Методика определения каротиноидов методом хроматографии в тонком слое сорбента // Сорбционные и хроматографические процессы. 2008. Т. 8. № 2. С. 320–326.

28. Патент РФ № 2629109 «Способ сушки зеленых растительных материалов с использованием СВЧ-обработки». 24.08.2017.

29. Rogov I. A. Biological aspects of microwaves food's technologies // Electronic Processing of Materials. 2000. No. 5. P. 115–125.

30. Shrestha B. L., Wood H. C., Tabil L., Baik O. D., Sokhansanj S. Microwave permittivity-assisted artificial neural networks for determining moisture content of chopped alfalfa forage // IEEE Instrumentation & Measurement Magazine. 2017. Vol. 20. No. 3. P. 37–42.

31. Shrestha B. L., Wood H. C., Sokhansanj S. Microwave dielectric properties of alfalfa leaves from 0.3 to 18 GHz // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. 2011. Vol. 60. No. 8. P. 2926–2933.

32. Cui Z. W., Xu S. Y., Sun D. W. Effect of microwave-vacuum drying on the carotenoids retention of carrot slices and chlorophyll retention of Chinese chive leaves // Drying Technology. 2004. Vol. 22. No. 3. P. 563–575.

33. Botosan N. I., Bologa M. K., Berzoi S. E. Intensification and optimization of heat treatment of raw vegetable matter by electroplasmolysis // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2007. Vol. 43. No. 1. P. 53–58.

34. Gachovska T. K., Adedeji A. A., Ngadi M. O. Influence of pulsed electric field energy on the damage degree in alfalfa tissue // Journal of Food Engineering. 2009. Vol. 95. No. 4. P. 558–563.

35. Ciobanu V. G. Foundations of energetics of electroplasmolysis of vegetable raw materials // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2008. Vol. 44. No. 1. P. 55–59.

36. Ngadi M. O., Bazhal M. I., Raghavan G. S. V. Engineering aspects of pulsed electroplasmolysis of vegetable tissues // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2003. Vol. 5. P. 1–10.

37. Бородин И. Ф., Шарков Г. А., Горин А. Д. Применение СВЧ-энергии в сельском хозяйстве. М.: ВНИИТЭИагропром, 1987. 56 с.

38. Motavali A., Najafi G. H., Abbasi S., Minaei S., Ghaderi A. Microwave-vacuum drying of sour cherry: comparison of mathematical models and artificial neural networks // Journal of Food Science and Technology. 2013. Vol. 50. No. 4. P. 714–722.

39. Горешнев М. А., Секисов Ф. Г. Исследование динамики влагоудаления при сушке комбинированной методом в вакууме // Ползуновский альманах. 2010. № 2. С. 257–259.

40. Dak M., Pareek N. K. Effective moisture diffusivity of pomegranate arils under going microwave-vacuum drying // Journal of Food Engineering. 2014. Vol. 122. P. 117–121.

41. Chua L. Y. W., Chua L. Y. W., Chua B. L., Figiel A., Chong C. H., Wojdylo A., Szumny A., Choong T. S. Y. Antioxidant activity, and volatile and phytosterol contents of Strobilanthes crispus dehydrated using conventional and vacuum microwave drying methods // Molecules. 2019. Vol. 24. No. 7. P. 1397. DOI: 10.3390/molecules24071397.

42. Giri S. K., Prasad S. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms // Journal of Food Engineering. 2007. Vol. 78. No. 2. P. 512–521.

43. Kantrong H., Tansakul A., Mittal G. S. Drying characteristics and quality of shiitake mushroom undergoing microwave-vacuum drying and microwave-vacuum combined with infrared drying // Journal of Food Science and Technology. 2014. Vol. 51. No. 12. P. 3594–3608.

44. Heindl A. G. W., Muller J. Microwave drying of medicinal and aromatic plants // Stewart Postharvest Review. 2007. Vol. 3. No. 4. P. 1–6.

45. Wojdylo A., Figiel A., Lech K., Nowicka P., Oszmianski J. Effect of convective and vacuum–microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries // Food and Bioprocess Technology. 2014. Vol. 7. No. 3. P. 829–841.

46. Трубилин Е. И., Виневский Е. И. Энергоемкость сушки растительного сырья: проблемы и пути решения // Технический оппонент. 2019. № 1. С. 48–53.

References

1. Shevtsov A. A., Drannikov A. V., Korotaeva A. A. Analysis of innovation attractiveness of plants vegetative growth in compound feed // Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2013. No. 1. P. 224–226.

2. Elgersma A., Soegaard K., Jensen S. K. Vitamin contents in forage herbs // Aspects of Applied Biology. 2012. No. 115. P. 75–80.

3. Xianzhe Z., Lan Y., Jianying W., Hangfei D. Process analysis for an alfalfa rotary dryer using an improved dimensional analysis method // International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 2009. Vol. 2. No. 3. P. 76–82.

4. Mulle C. J. C., Cruywage C. W., Du Toi F. J., Both J. A. The drying rate and chemical composition of field and artificially dried lucerne hay // South African Journal of Animal Science. 2008. Vol. 38. No. 4. P. 350–354.

5. Gallego A., Hospido A., Moreira M. T., Feijoo G. Environmental assessment of dehydrated alfalfa production in Spain // Resources, Conservation and Recycling. 2011. Vol. 55. No. 11. P. 1005–1012.

6. Adapa P. K., Schoenau G. J., Tabil L. G., Arinze E. A., Singh A. K., Dalai A. K. Customized and value-added high quality alfalfa products: a new concept // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2007. Vol. 9. P. 1–28.

7. Farhang A., Hosinpour A., Darvishi H., Khoshtaghaza M. H., Tavakolli Hashtjin T. Accelerated drying of alfalfa (*Medicago sativa* L.) by microwave dryer // Global Veterinaria. 2010. Vol. 5. No. 3. P. 158–163.

8. Darvishi H. Mathematical modeling, moisture diffusion and energy consumption in thin layer drying of alfalfa // Middle-East Journal of Scientific Research. 2012. Vol. 12. No. 4. P. 511–16.

9. Jancik F., Kubelkova P., Kubat V., Koukolova M., Homolka P. Effects of drying procedures on chemical composition and nutritive value of alfalfa forage // South African Journal of Animal Science. 2017. Vol. 47. No. 1. P. 96–101.

10. Zhang M., Tang J. M., Mujumdar A. S., Wang S. Trends in microwave related drying of fruits and vegetables // Trends in Food Science & Technology. 2006. Vol. 17. No. 10. P. 524–534.

11. Moses J. A., Norton T., Alagusundaram K., Tiwari B. K. Novel drying techniques for the food industry // Food Engineering Reviews. 2014. Vol. 6. No. 3. P. 43–55.

12. Zhang M., Chen H., Mujumdar A. S., Tang J., Miao S., Wang Y. Recent developments in high-quality drying of vegetables, fruits, and aquatic products // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2017. Vol. 57. No. 6. P. 1239–1255.

13. Zielinska M., Ropelewska E., Xiao H. W., Mujumdar A. S., Law C. L. Review of recent applications and research progress in hybrid and combined microwave-assisted drying of food products: quality properties // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2019. P. 1–53.

14. Sufer O., Palazoglu T. K. Microwave-vacuum drying of pomegranate arils (*Punica granatum* L. cv. Hicaznar): effect on quality and nutrient content // Journal of Food Processing and Preservation. 2019. Vol. 43. No. 9. Art. No. e14085. DOI: 10.1111/jfpp.14085.

15. Goreshnev M., Litvishko E. Math modeling of vacuum conductive timber drying // Advanced Materials Research. 2014. No. 1040. P. 478–483.

16. Zielinska M., Michalska A. Microwave-assisted drying of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) fruits: drying kinetics, polyphenols, anthocyanins, antioxidant capacity, colour and texture // Food Chemistry. 2016. Vol. 212. P. 671–680.

17. Pu Y. Y., Sun D. W. Combined hot-air and microwave-vacuum drying for improving drying uniformity of mango slices based on hyperspectral imaging visualisation of moisture content distribution // Biosystems Engineering. 2017. Vol. 156. P. 108–119.

18. Zhou X., Ramaswamy H., Qu Y., Xu R., Wang S. Combined radio frequency-vacuum and hot air drying of kiwifruits: effect on drying uniformity, energy efficiency and product quality // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2019. Vol. 56. Art. No. 102182. DOI: 10.1016/j.ifset.2019.102182.

19. Ferenczi S., Cserhalmi Z., Visnyei B., Szucs V., Czukor B. Effect of operational parameters of microwave vacuum drying combined with hot-air pre-drying to physical, sensory, and nutritional properties of dried apple snack // Acta Alimentaria. 2017. Vol. 46. No. 2. P. 152–161.

20. Chua L. Y. W., Chua B. L., Figiel A., Chong C. H., Wojdylo A., Szumny A., Lech K. Characterisation of the convective hot-air drying and vacuum microwave drying of Cassia alata: Antioxidant activity, essential oil volatile composition and quality studies // Molecules. 2019. Vol. 24. No. 8. Art. No. 1625.

21. Onwude D. I., Hashim N., Chen G. Recent advances of novel thermal combined hot air drying of agricultural crops // Trends in Food Science & Technology. 2016. Vol. 57. P. 132–145.

22. Vinogray E.G. Methodological apparat of a system research // Social and Humanitarian Bulletin. 2013. No. 1. P. 144–159.

23. Vinogray E.G. The accounting of system regularities in engineering thinking and design // Social and Humanitarian Bulletin. 2014. No. 1. P. 141–154.

24. Vinogray E. G., Zakharova L. M., Ploskonosova E. A., Khraptsova T. A. System patterns in development of enriched milk beverage technology// Food Processing: Techniques and Technology. 2016. Vol. 41. No. 2. P. 21–27.

25. Patent RU No. 2620462 “Setting the combined drying green plant mass”. 22.05.2017.

26. Barba A. O., Hurtado M. C., Mata M. S., Ruiz V. F., De Tejada M. L. S. Application of a UV–vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and β-carotene in vegetables // Food Chemistry. 2006. Vol. 95. No. 2. P. 328–336.

27. Checheta O. V., Safonova E. F., Slivkin A. I. Technique of determination of carotenoids by a chromatography method in a thin layer of a sorbent // Sorption and Chromatographic Processes. (Sorbtsionnye i Khromatograficheskie Protsessy). 2008. Vol. 8. No. 2. P. 320–326.

28. Patent RU No. 2629109 “Method for drying green vegetable materials with use of microwave treatment”. 24.08.2017.

29. Rogov I. A. Biological aspects of microwaves food’s technologies // Electronic Processing of Materials. 2000. No. 5. P. 115–125.

30. Shrestha B. L., Wood H. C., Tabil L., Baik O. D., Sokhansanj S. Microwave permittivity-assisted artificial neural networks for determining moisture content of chopped alfalfa forage // IEEE Instrumentation & Measurement Magazine. 2017. Vol. 20. No. 3. P. 37–42.

31. Shrestha B. L., Wood H. C., Sokhansanj S. Microwave dielectric properties of alfalfa leaves from

0.3 to 18 GHz // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. 2011. Vol. 60. No. 8. P. 2926–2933.

32. Cui Z. W., Xu S. Y., Sun D. W. Effect of microwave-vacuum drying on the carotenoids retention of carrot slices and chlorophyll retention of Chinese chive leaves // Drying Technology. 2004. Vol. 22. No. 3. P. 563–575.

33. Botosan N. I., Bologa M. K., Berzoi S. E. Intensification and optimization of heat treatment of raw vegetable matter by electroplasmolysis // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2007. Vol. 43. No. 1. P. 53–58.

34. Gachovska T. K., Adedeji A. A., Ngadi M. O. Influence of pulsed electric field energy on the damage degree in alfalfa tissue // Journal of Food Engineering. 2009. Vol. 95. No. 4. P. 558–563.

35. Ciobanu V. G. Foundations of energetics of electroplasmolysis of vegetable raw materials // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2008. Vol. 44. No. 1. P. 55–59.

36. Ngadi M. O., Bazhal M. I., Raghavan G. S. V. Engineering aspects of pulsed electroplasmolysis of vegetable tissues // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2003. Vol. 5. P. 1–10.

37. Borodin I. F., Sharkov G. A., Gorin A. D. Application of a microwave energy in agriculture. Moscow: VNIITEIagroprom, 1987. 56 p.

38. Motavali A., Najafi G. H., Abbasi S., Minaei S., Ghaderi A. Microwave-vacuum drying of sour cherry: comparison of mathematical models and artificial neural networks // Journal of Food Science and Technology. 2013. Vol. 50. No. 4. P. 714–722.

39. Goreshnev M. A., Sekisov F. G. Research of dehumidification dynamics when drying by a combined method in a vacuum // Polzunovsky Almanac. 2010. No. 2. P. 257–259.

40. Dak M., Pareek N. K. Effective moisture diffusivity of pomegranate arils under going microwave-vacuum drying // Journal of Food Engineering. 2014. Vol. 122. P. 117–121.

41. Chua L. Y. W., Chua L. Y. W., Chua B. L., Figiel A., Chong C. H., Wojdylo A., Szumny A., Choong T. S. Y. Antioxidant activity, and volatile and phytosterol contents of *Strobilanthes crispus* dehydrated using conventional and vacuum microwave drying methods // Molecules. 2019. Vol. 24. No. 7. Art. No. 1397. DOI: 10.3390/molecules24071397.

42. Giri S. K., Prasad S. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms // Journal of Food Engineering. 2007. Vol. 78. No. 2. P. 512–521.

43. Kantrong H., Tansakul A., Mittal G. S. Drying characteristics and quality of shiitake mushroom undergoing microwave-vacuum drying and microwave-vacuum combined with infrared drying // Journal of Food Science and Technology. 2014. Vol. 51. No. 12. P. 3594–3608.

44. Heindl A. G. W., Muller J. Microwave drying of medicinal and aromatic plants // Stewart Postharvest Review. 2007. Vol. 3. No. 4. P. 1–6.

45. Wojdylo A., Figiel A., Lech K., Nowicka P., Oszmianski J. Effect of convective and vacuum–microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries // Food and Bioprocess Technology. 2014. Vol. 7. No. 3. P. 829–841.

46. Trubilin E. I., Vinevskii E. I. Energy intensity of drying of plant raw material: problems and solutions // Technical opponent. 2019. No. 1. P. 48–53.

UDC 631.365.23:533.9.082.74:66.047.3

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

JUSTIFICATION OF THE TECHNOLOGY OF ALFALFA COMBINED DRYING JOINING ADVANTAGES OF MICROWAVE-VACUUM AND CONVECTIVE METHODS OF DEHYDRATION

Summary. *Development of energy-saving technologies of fodder herbs drying ensuring carotene retention is the urgent task. The purpose of the research was to develop energy-saving technology for the combined drying of green alfalfa using methods of microwave and convective drying. The studies were conducted in 2019–2020 in the Zernogradsky district of the Rostov region, Russia. Technological process of drying plant mass of forage crops, in particular alfalfa, was the research object. Combined technology of two-phase alfalfa drying was developed. At the first stage, pre-cut and compacted to a bulk density of 150–300 kg/m^{-3} leaf-stem mass was dried by microwave radiation with a frequency of 915 MHz with a power providing heating intensity from 1 to 10 °C per second. The plant mass was dried at reduced atmospheric pressure at a temperature of 120–140 °C until moisture content of 25–30 % was reached. During the second stage, drying of partially dehydrated plant fragments and evaporation of moisture to a content of 10–15 % was*

carried out by the method of convective drying by heated air no higher than 60 °C. Theoretical justification of the composition and the order of operations of the combined drying and the rational parameters of their implementation was made based on the known regularities of the drying process. As a result of experiments, it was found that temperature of 120–140 °C is rational for microwave-vacuum drying of alfalfa. Combined drying technology provides minimum reduction of carotene content after drying – no more than 15 %; during storage period of 6 months – no more than 45 %. Combined drying that includes sequentially performed microwave-vacuum and convective drying operations allows saving maximum carotene both during plant mass drying and storage. It additionally allows reducing energy consumption during alfalfa dehydration and costs on storing forage.

Keywords: *microwave-vacuum alfalfa (Medicago sativa L.), drying, hot-air drying, combined drying, vacuum, moisture elimination, carotene, storage.*

Пахомов Виктор Иванович, доктор технических наук, заместитель директора по науке по механизации и электрификации, ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14; e-mail: vniptim@gmail.com.

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

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

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

Pakhomov Viktor Ivanovich, Dr. Sc. (Tech.), deputy director for science of mechanization and electrification, SSE Agricultural Research Center “Donskoy”; 14 Lenina St., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: vniptim@gmail.com.

Braginets Sergey Valeryevich, Cand. Sc. (Tech.), leading scientific worker of the vegetable feedstock processing Department, structural unit SKNIIMESH, SSE Agricultural Research Center “Donskoy”; 14 Lenina St., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: braginets@mail.ru.

Bakhchevnikov Oleg Nikolayevich, Cand. Sc. (Tech.), scientific worker of the vegetable feedstock processing Department, structural unit SKNIIMESH, SSE Agricultural Research Center “Donskoy”; 14 Lenina St., Zernograd, Rostov Region, 347740; Russia, e-mail: oleg-b@list.ru.

Rukhlyada Artem Igorevich, junior researcher of the vegetable feedstock processing Department, structural unit SKNIIMESH, SSE Agricultural Research Center “Donskoy”; 14 Lenina St., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: Ruhlada1990@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 22.04.2020.
Дата принятия к печати – 06.06.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-97-106
УДК 631.223.5: 628.8

Петунина И. А., Коновалова О. В.

ЕСТЕСТВЕННЫЙ КОНВЕКТИВНЫЙ ПОТОК У ТЕЛА ПТИЦЫ КАК ИСТОЧНИК ТЕПЛА

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Реферат. *Для создания оптимальных условий микроклимата в животноводческих помещениях важным направлением является разработка и внедрение энергосберегающего оборудования с использованием тепла, выделяемого животными в процессе жизнедеятельности. Теоретическое исследование теплообмена между телом птицы и окружающей средой проводили для решения задач разработки систем микроклимата и выбора рациональной схемы циркуляции, а также утилизации тепла. Цель исследований – теоретическое решение вопроса теплоизлучения птицы с определением скорости, температуры и теплового потока у тела птицы различного возраста. Настоящие исследования тепловыделений птицей проводили в 2014–2019 гг. на базе лабораторий кафедры механизации животноводства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» и на базе учебного хозяйства «Кубань» КубГАУ. В опыте использовали 10 голов бройлеров, массой от 0,08 до 2,00 кг, возрастом от 0 до 140 дней. Материалом исследований были тепловыделения бройлеров птицефермы учебно-опытного хозяйства «Кубань». Предметом исследования являлись теоретические данные конвективного теплопереноса. За основу были приняты стандартные методики математического анализа и моделирования с учетом используемого оборудования и объектов. В лабораторных условиях проводили биометрические обмеры молодняка птицы перед каждым исследованием. Измеряли такие показатели как рост, объем, длина, масса и температура тела. В результате проведенных теоретических исследований получены значения скоростей, температурных и тепловых потоков. Анализ результатов закономерностей излучения птицей тепла позволил установить, что скорость возрастала от 1,25 до 1,67 м/с, температура изменялась от 38,5 до 29 °С, а воздушный поток увеличивался от 0,00025 до 0,00100 м^3.*

Ключевые слова: *тело птицы, конвективный поток, турбулентный пристенный слой, избыточное тепло, теплоотдача, скорость потока.*

Введение

Изучение конвективного теплопереноса имеет всю большую значимость при моделировании и оптимизации физических процессов, связанных с применением альтернативной энергии. Вскоре встанет острый вопрос о переходе с привычных нам источников энергии на альтернативные. Конвективный теплоперенос играет важную роль в природе и в разных отраслях техники. От масштабов изучения естественной конвекции зависит дальнейшее развитие техники. Температурные, скоростные и массообменные процессы, а соответственно и их поля, возникающие в условиях неравномерного взаимодействия с внешней средой, представляют существенный теоретический и практический интерес. Вопросы теплопроводности и массопереноса всегда представляли и представляют интерес для экономики. При этом в связи с совершенствованием технологий и технических средств, развитием современных материалов, используемых для различных целей, значительно повышаются требования к точности определения температур и массообменных процессов. Роль точных аналитических методов решения краевых задач, в ряде случаев позволяющих

представить общее решение в удобном виде, представляет практический интерес для оценки возможности использования теплового потока от источников тепла в целях экономии топливно-энергетических ресурсов и снижения себестоимости продукции. Особенно это относится к тепловым задачам обобщенного типа, когда классические аналитические методы математической физики становятся неприменимыми. Это требует, с одной стороны, усовершенствования и модификации существующего математического аппарата, а с другой стороны, развития новых методов. Одним из эффективных методов решения линейных задач является метод понижения размерности тепловой задачи. Моделирование процессов переноса на основе простой одномерной математической модели актуально и при использовании вычислительной техники дает практическое решение поставленных задач [1–5].

Цель исследования – найти теоретическое решение задач по установлению и использованию закономерностей теплоизлучения для различных видов тел птиц при решении задач создания микроклимата в помещениях в зависимости от способа их содержания.

Материалы и методы исследований

Настоящие исследования тепловыделений птицей проводили в 2014–2019 гг. на базе лабораторий кафедры механизации животноводства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина».

Материалом исследований были тепловыделения бройлеров птицефермы учебно-опытного хозяйства «Кубань». В опыте использовали 10 голов бройлеров массой от 0,08 до 2,00 кг, возрастом от 0 до 140 дней.

Предметом исследования являлись теоретические данные конвективного теплопереноса.

В основе теоретического решения воздушных потоков лежит теория затопленных свободных турбулентных струй. Принято считать струю свободной, если она не ограничена твердыми стенками и распространяется в пространстве, заполненном той же жидкостью. Струя постоянно расширяется и рассеивается в окружающей жидкости под действием сил трения, возникающих на границе струи и жидкости. Обмен импульсов между струей и окружающей жидкостью уменьшает скорость струи, увеличивает ее массу и площадь поперечного сечения.

Теоретические исследования выполнены с использованием классических положений термодинамики и теплотехники, математического анализа.

Экспериментальные исследования выполняли в производственных и лабораторных условиях с применением стандартных и частных методик [1, 4].

В лабораторных условиях проводили биометрические обмеры молодняка птицы перед каждым исследованием. Измеряли такие показатели как рост, объем, длину, массу и температуру тела. Для выполнения этой работы изготовили специальный бокс с изменяемыми параметрами и фиксацией птицы, что позволяло свободно без помех проводить промеры. Для измерения температур использовали координатные рамки, расположенные перпендикулярно одна относительно другой, с сеткой с ячейками через 10 мм на боксе вдоль и поперек. Промеры по всем указанным параметрам проводили в возрасте до 10 дней каждый день, а в дальнейшем – через каждые пять дней от 11 до 12 часов дня. При этом фиксировали состояние параметров окружающего пространства и параметры помещений, находящихся снаружи. Для измерения показаний температурных полей и подвижности использовали термоанемометр «TESTO», который позволял измерять температуры в пределах от 40 °С до 50 °С с ошибкой ±0,5 %, а также подвижность воздуха от 0 до 5 м/с с ошибкой ±0,5 %.

Для обработки результатов исследований использовали программное обеспечение MathCad.

При изопотенциальном процессе переноса тепла в пределах поверхности шарообразного тела изменение потенциала переносимого агента может быть представлено уравнением в трехмерных Декартовых координатах и в условиях нестационарного теплопереноса представляет определенные трудности [6].

Если принять поверхности как изопотенциальные, то в этом случае задача преобразуется в уравнение в частных производных. Однако возникает проблема в получении регулярной аналитической зависимости [7].

У поверхности тела птицы образуется регулярный поток свободной конвекции, который турбулизируется и утолщается по мере распространения вверх. Примем форму тела птицы как шар с постоянной температурой поверхности.

Рассмотрим более общую задачу – конвективный поток у шарообразного источника тепла произвольного радиуса *R*. Тогда при $R \to \infty$ имеем случай конвективной струи у плоской стенки.

Схема явления рассматривается как конвективный поток, состоящий из четырех слоев: тонкой пленки неподвижного воздуха с температурой, равной температуре стенки; ламинарного подслоя, где скорость резко возрастает, а температура снижается; турбулентного пристенного слоя, в котором происходит дальнейшее возрастание скорости (до максимального значения в каждом поперечном сечении) и дальнейшее снижение температуры воздуха; и, наконец, внешнего вихревого слоя свободной турбулентности, где скорость уменьшается от максимума до нуля, а температура – до температуры окружающей среды. Схема распределения скоростей и температур в поперечном сечении конвективного потока, возникающего у нагретого шара, представлена на рисунке 1.

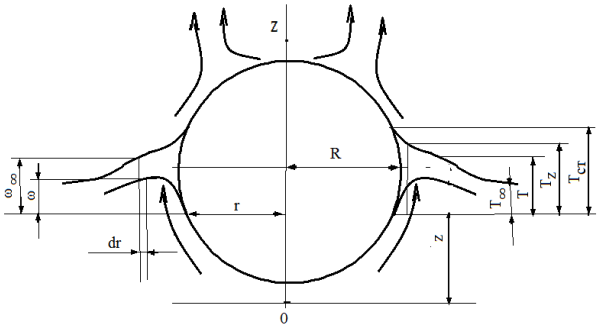


Рисунок 1 – Схема распределения скоростей и избыточных температур в поперечном сечении конвективного потока, возникающего вокруг нагретого шара

Результаты и их обсуждение

Поскольку толщина внешнего турбулентного слоя несравненно больше толщины трех прилегающих к источнику тепла слоев воздуха и наличие стенки не оказывает влияния на развитие этой части потока, то приближенно весь конвективный поток можно представить состоящим только из вихревого слоя свободной турбулентности.

Предлагаемое аналитическое решение справедливо только для этой основной части конвективного потока. Исходными являются уравнения импульса сил и количества избыточного тепла в струе. Предполагается, что теплоотдача с единицы площади теплой поверхности постоянна по высоте шара.

Количество тепла Q_z, переходящего от поверхности к воздуху для уровня *z*, равно количеству тепла Q_z, переносимого потоком через данное поперечное сечение, то есть:

$$q 2\pi R z = c_p \int_F \gamma \varpi \vartheta df \ . \qquad (1)$$

Приращение количества движения в струе вызывается архимедовой подъемной силой. Поскольку приращение количества движения равно приращению импульса силы $dK_z = dl_z$,то для секундной массы воздуха можно записать

$$d\int_F \frac{\gamma_\infty}{g}\varpi^2 df = \left[\int_F (\gamma_\infty - \gamma) df\right] dz. \qquad (2)$$

Уравнения (1) и (2) образуют систему с двумя неизвестными: ϖ и ϑ – скоростью и избыточной температурой воздуха в произвольной точке потока на рассматриваемом уровне, причем $\vartheta = T - T_\infty$, где T_∞ – температура окружающей среды.

Приняли следующие обозначения:

R – радиус источника тепла;

z – уровень рассматриваемого поперечного сечения конвективного потока, отсчитываемый от низа греющей поверхности;

$q = \frac{\alpha \vartheta_{ct}}{3600}$ – секундная теплоотдача единицы площади греющей поверхности, Вт/м^2;

α — коэффициент конвективной теплоотдачи, Вт/м^2·К;

$\vartheta_{ct} = T_{xt} - T\infty$ – превышение температуры стенки T_{cm} над температурой окружающей среды;

c_p и γ_∞ – соответственно теплоемкость и удельный вес не нагретого воздуха;

$df = 2nrdr$ – элементарная площадь поперечного сечения потока;

z – расстояние от оси шара до произвольной точки.

Аналитическое выражение профиля скорости в поперечных сечениях конвективного потока приняли по Райхардту [8]

$$\varpi = \varpi_z e^{-\frac{1}{2}\lambda^2}. \qquad (3)$$

Изменение избыточных температур описывается уравнением

$$\vartheta = \vartheta_z e^{-\frac{1}{2n}\lambda^2}, \qquad (4)$$

где ϖ_z – максимальная скорость потока на рассматриваемом уровне;

$\vartheta_z = T_z - T_\infty$ – температура воздуха в точке, где скорость имеет максимум;

$\lambda = \frac{r - R}{cz}$ – координата произвольной точки;

$r - R$ – расстояние по радиусу от стенки цилиндра до произвольной точки потока;

c – экспериментальная постоянная турбулентности;

n – вторая экспериментальная постоянная, являющаяся мерой тепловой турбулентности.

Подставив значения ϖ, ϑ и df в уравнение (1), получили:

$$q = 2\pi Rz = 2\pi c_p \int_0^\infty \gamma \varpi_z \vartheta_z e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{r-R}{cz}\right)^2\left(1+\frac{1}{n}\right)} r dr$$

или

$$qRz = c_p \int_0^\infty \gamma \varpi_z \vartheta_z e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{r-R}{cz}\right)^2\left(1+\frac{1}{n}\right)} (r - R + R) d(r - R)$$

Считая удельный вес воздуха y постоянным, проинтегрировали последнее уравнение с учетом того, что интеграл типа Эйлера–Пуассона в пределах от нуля до бесконечности равен

$$\int_0^\infty e^{-\alpha(r-R)^2} d(r-R) = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\pi}{\alpha}},$$

$$qRz = cc_p\varpi_\infty\varpi_z\vartheta_z\left(\frac{nc}{n+1}ze^{-\frac{(n+1)R^2}{2nc^2z^2}} + R\sqrt{\frac{\pi n}{2(n+1)}}\right).$$

Преобразовав относительно произведения ϖ_z, ϑ_z и сократив подобные члены, получили первое уравнение, связывающее характерные температуру и скорость конвективного потока

$$\varpi_z\rho_z = \frac{qR}{cc_p\gamma_\infty\left(\frac{nc}{n+1}ze^{-\frac{(n+1)R^2}{2nc^2z^2}} + R\sqrt{\frac{\pi n}{2(n+1)}}\right)}. \quad (5)$$

Второе необходимое уравнение нашли на основании теоремы о количестве движения.

Приращение количества движения секундной массы потока определили при помощи ранее сделанных предпосылок

$$dK_z = 2\pi n d\int_R^\infty \frac{\gamma}{g}\varpi_z^2 e^{-\left(\frac{r-R}{cz}\right)^2} rdr = c\pi\frac{\gamma_\infty}{g}d\left[\varpi_z^2 z\left(cze^{-\frac{R^2}{c^2z^2}} + R\sqrt{\pi}\right)\right]. \quad (6)$$

Подъемная сила, действующая на элементарный слой потока толщиной *dz*

$$dI_z = \left[2\pi\int_R^\infty(\gamma_\infty - \gamma)rdr\right]dz$$

с учетом равенства

$$\frac{\gamma_\infty - \gamma}{\gamma} = \frac{T - T_\infty}{T_\infty}$$

может быть представлена как

$$dI_z = \frac{\gamma_\infty}{T_\infty}\left(2\pi\int_R^\infty \vartheta rdr\right)dz.$$

Подставив значение ϑ из формулы (5), посредством интегрирования нашли значение элементарной подъемной силы

$$dI_z = 2\pi c\frac{\gamma_\infty}{T_\infty}\vartheta_z z\left(ncze^{-\frac{R^2}{2nc^2z^2}} + R\sqrt{\frac{\pi n}{2}}\right)dz. \quad (7)$$

Зная dK_z и dI_z, можно определить ϖ_z двумя путями. Первый – приравнять правые части выражений (6) и (7), и, подставив ϑ_z из равенства (5), решить полученное дифференциальное уравнение относительно ϖ_z. Второй путь, более простой в смысле математических преобразований, изложен ниже.

Интегрируем выражение (6)

$$K_z = c\pi\frac{\gamma_\infty}{g}\varpi_z^2 z\left(cze^{-\frac{R^2}{c^2z^2}} + R\sqrt{\pi}\right) + C. \quad (8)$$

Произвольная постоянная C = 0, так как при z = 0 значение $C_z = 0$.

Выразили ϖ_z из уравнения (8)

$$\varpi_z = \sqrt{\frac{R_z}{c\pi \frac{\gamma_\infty}{g} z\left(cze^{-\frac{R^2}{c^2z^2}} + R\sqrt{\pi}\right)}} \quad . \tag{9}$$

Определить неизвестное СK_z можно, решив относительно K_z дифференциальное уравнение (7), предварительно заменив в нем dI_z на dK_z и подставив значения ϑ_z из (5) и ϖ_z из уравнения (9)

$$dK_z = 2\pi\sqrt{c\pi}\,\frac{\sqrt{\gamma_\infty}}{T_\infty c_p\sqrt{g}}\,qR\,\frac{\sqrt{cze^{-\frac{R^2}{c^2z^2}} + R\sqrt{\pi}\left(ncze^{-\frac{R^2}{2nc^2z^2}} + R\sqrt{\frac{\pi n}{2}}\right)z\sqrt{z}}}{\sqrt{K_z\left(\frac{nc}{n+1}ze^{-\frac{(n+1)R^2}{2nc_2z^2}} + R\sqrt{\frac{\pi n}{2(n+1)}}\right)}} \,. \tag{10}$$

При этом, подынтегральное выражение, обозначенное через $\Phi(z)$, в элементарных функциях не интегрируется.

Подставив значение K_z в уравнение (9), получили уравнение для максимальной скорости конвективного потока ϖ_z в произвольном сечении

$$\varpi_z = \sqrt[3]{\frac{3}{c}}\cdot\sqrt[3]{\frac{g}{c_p\gamma_\infty T_\infty}qR}\cdot\sqrt[3]{\frac{\int\Phi(z)dz}{\sqrt{z^3\left(cze^{-\frac{R^2}{c^2z^2}} + R\sqrt{\pi}\right)^3}}} \quad . \tag{11}$$

Последний сомножитель (подкоренное выражение), величина которого зависит от значения R и является функцией z, обозначили A_z.

Выразив ϖ_z из уравнения (5), нашли значение избыточной температуры $\vartheta_{z\,г}$ в точке, где скорость имеет максимум

$$\vartheta_z = \sqrt[3]{\frac{1}{3c^2}}\cdot\sqrt[3]{\frac{T_\infty}{gc_p^2}q^2R^2}\cdot\frac{B_z}{\sqrt[3]{A_z}}\,, \tag{12}$$

где

$$B_z = \frac{1}{\frac{nc}{n+c}ze^{-\frac{(n+1)R^2}{2nc^2z^2}} + R\sqrt{\frac{\pi n}{2(n+1)}}}.$$

Зная максимальные значения скорости и температуры в сечении z, можно найти значения ϖ и ϑ в произвольной точке данного сечения по формулам (3) и (4):

$$\varpi = \sqrt[3]{\frac{3}{c}}\cdot\sqrt[3]{\frac{g}{c_p\gamma_\infty T\infty}qR}\cdot\sqrt[3]{A_z}\cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{r-R}{cz}\right)^2}\,, \tag{13}$$

$$\vartheta = \sqrt[3]{\frac{1}{3c^2}}\cdot\sqrt[3]{\frac{T_\infty}{gc_p^2\gamma_\infty^2}g^2R^2}\cdot\frac{B_z}{\sqrt[3]{A_z}}e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{r-R}{cz}\right)}. \tag{14}$$

Секундное количество воздуха, перемещаемого через поперечное сечение потока на уровне z, определяется интегралом

$$L_z = 2\pi \int_R^{\infty} \varpi r dr .$$

Подставив значение ϖ из уравнения (13) и проинтегрировав, получили

$$L_z = 2\pi \sqrt[3]{3c^2} \cdot \sqrt[3]{\frac{g}{c_p \gamma_\infty T_\infty} qRz^3} \cdot \sqrt[3]{A_z D_z}, \qquad (15)$$

где

$$D_z = cze^{-\frac{R^2}{c^2 z^2}} + R\sqrt{\frac{\pi}{2}}.$$

Поскольку величина A_z, входящая в формулы для определения всех параметров конвективного потока, содержит не берущийся интеграл $\Phi(z)$, для решения в общем случае необходимо произвести приближенное интегрирование.

Для частных случаев при $R \to \infty$ и $R \to 0$ интеграл $\Phi(z)$ можно найти точно. Мы проанализировали эти случаи.

При $R \to \infty$ (случай плоской стенки)

$$\int \Phi(z) \to \sqrt{n+1} \cdot \int z^{\frac{3}{2}} dz = \frac{2}{5}\sqrt{n+1} \cdot z^{\frac{3}{2}}.$$

Множители A_z, B_z и D_z принимают значения:

$$A_z = \frac{2\sqrt{n+1}}{5R\sqrt{\pi}}; \qquad B_z = \frac{\sqrt{2(n+1)}}{R\sqrt{\pi n}}; \qquad D_z = \frac{R\sqrt{\pi}}{2}.$$

Тогда расчетные формулы для скорости, избыточной температуры и расхода воздушного потока в случае плоской стенки имеют вид:

$$\varpi_z = \sqrt[3]{\frac{6\sqrt{n+1}}{5c\sqrt{\pi}}} \cdot \sqrt[3]{\frac{g}{c_p \gamma_\infty T_\infty} qz}; \qquad (16)$$

$$\vartheta_z = \sqrt[3]{\frac{5\sqrt{2}(n+1)}{3c^2 \pi n \sqrt{n}}} \cdot \sqrt[3]{\frac{T\infty}{g c_p^2 \gamma_\infty^2} \cdot \frac{q^2}{z}}; \qquad (17)$$

$$L_z = \sqrt[3]{\frac{3c^2 \pi \sqrt{n+1}}{5\sqrt{2}}} \cdot 2\pi R \sqrt[3]{\frac{g}{c_p \gamma_\infty T_\infty} qz^4}. \qquad (18)$$

Для оценки полученных закономерностей (уравнения 16, 17, 18) проведены аналитические исследования, результаты которых представлены графиками (рисунки 2, 3, 4). На них представлены скорости, температурные и массовые потоки в зависимости от возраста птицы. Приняты бройлеры от первого дня до товарного возраста.

Анализ проводили с учетом результатов бонитировки птицы. Радиус тела от 1 дня до промышленного возраста – 140 дней от R = 0,05 м до R = 0,125 м; высота расположения максимального диаметра тела на уровне z = 0,125 м; температура тела θ = 41 °С; коэффициент постоянной турбулентности c = 0,033; мера тепловой турбулентности n = 0,495.

Анализ рисунка 2, построенного с использованием уравнения (16), дает основание сделать вывод о том, что скоростной поток по мере увеличении массы птицы, а, следовательно, и размеров тела, приводит к увеличению от 0,35 до 0,47 м/с кривая (1).

Эмпирическая кривая (2) представленная на рисунке (2) подтверждает изменения температурных полей вокруг тела птицы. В производственных условиях поля изменяются от 0,32 до 0,45 м/с, что очень хорошо прослеживается на графике (рисунок 2). При этом необходимо заметить, что скорость по мере увеличения массы тела птицы несколько замедляется.

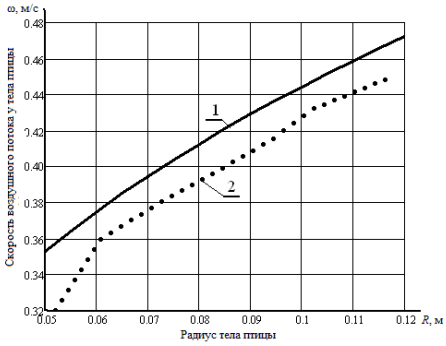


Рисунок 2 – Зависимость максимальной скорости ω потока у тела птицы от радиуса тела *R*

Примечание. *1 – теоретическая кривая; 2 – эмпирическая кривая.*

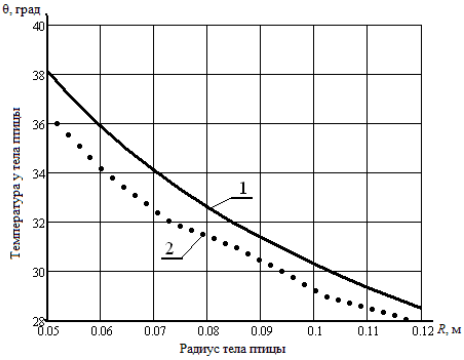


Рисунок 3 – Зависимость избыточного температурного потока θ у тела птицы от радиуса тела *R*

Примечание. *1 – теоретическая кривая; 2 – эмпирическая кривая.*

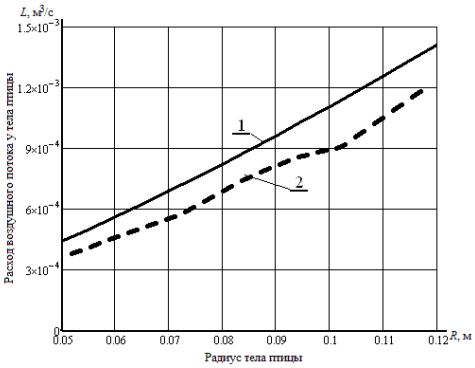


Рисунок 4 – Зависимость конвективного потока *L* у тела птицы от уровня расположения исследуемого слоя потока *z*

Примечание. *1 – теоретическая кривая; 2 – эмпирическая кривая.*

Изменение температурных полей, представленное на рисунке 3, (построенному по уравнению (17)), дает основание заметить, что температурные потоки с увеличением массы тела птицы несколько снижаются в ламинарном слое от 38,5 до 29 градусов, что ведет к возрастанию скорости непосредственно у тела птицы и массы воздушного потока. Экспериментальные данные хорошо согласуются с теоретическими значениями и лежат в пределах от 36 до 28 градусов (кривая 2).

Расход воздуха в конвективном потоке (рисунок 4) по закономерности (18) возрастает по мере роста птицы от $4{,}5\times10^{-4}$ до $1{,}4\times10^{-3}$ м^3/с. Экспериментальные данные расхода воздуха у тела птицы незначительно отличаются от теоретических и

повторяют ту же закономерность распределения полей потоков у тела птицы и изменяются от $0,38\times10^{-4}$ до $1,2\times10^{-3}$ м^3/с.

Выводы

Полученные в ходе работы зависимости позволяют определять скорость, избыточные температуры и расход воздуха в конвективном потоке, обтекающем тело птицы, или других источников тепла.

При росте массы птицы происходит увеличение поверхности, с которой идет тепловыделение, а это создает условия для возрастания скорости потоков воздуха у тела. Так, при изменении массы от 0,05 до 2,80 кг теоретически установлено, что происходит увеличение скорости от 0,35 до 0,47 м/с. Экспериментально подтверждена закономерность изменения (от 0,32 до 0,45 м/с) скоростных потоков у тела птицы. Таким образом, использовать тепло для обогрева помещений можно при рекуперативном обмене.

При увеличении массы птицы происходит увеличение выделения тепла, что приводит к изменению скорости потока воздушных масс у тела птицы. В результате общая температура у тела снижается. Так, при изменении массы от 0,05 кг температура изменяется от 38,5 °С до 29 °С, а эмпирические значения составляют от 36 до 28 °С

Увеличение массы тела птицы, приводящее к возрастанию потоков воздушных масс у тела птицы, и изменяющееся от 4,5× 10-4 до 1,4×10-3 м^3/с, создает условия для использования этого тепла для последующей утилизации с целью обогрева помещений птичников в зимнее время. Такое решение значительно снизит затраты на отопление помещений.

Литература

1. Подгорный С. А. Кошевой Е. П. Математическое моделирование процессов сушки и кондиционирования зерна. Потенциалы массопереноса: монография. Saarbrucken: изд-во LAPLAMBERT, 2012. С. 126–136.

2. Косачев В. С. Кошевой Е. П., Михневич А. Н., Миронов Н. А. Зависимости для описания теплообмена в слое // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2008. № 2–3. С. 82–83.

3. Подгорный С. А. Кошевой Е. П., Косачев В. С., Схаляхов А. А. Постановка задачи описания переноса тепла, массы и давления при сушке // Новые технологии. 2014. № 3. С. 20–27.

4. Меретуков З. А. Заславец А. А., Кошевой Е. П., Косачев В. С. Методы решения дифференциальных уравнений гидродинамики // Новые технологии. 2012. № 1. С. 36–41.

5. Петунина И. А. Математика для студентов агроинженерных специальностей: учебное пособие для ВУЗов. Краснодар: издательско-полиграфический центр «Издатель Григорьева Л. К.», 2011. С. 540–648.

6. Схаляхов А. А., Верещагин А. Г., Косачев В. С., Кошевой Е. П. Теплообмен в теплообменниках с полимерными мембранами // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2009. № 2–3. С. 79–81.

7. Меретуков З. А. Кошевой Е. П., Косачев В. С. Решение дифференциального уравнения отжима // Новые технологии. 2011. № 4. С. 54–57.

8. Ермолаев И. А., Жбанов А. И. Смешанная конвекция в вертикальном канале с дискретными источниками тепла на стенке // Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2009. № 4. С. 40–46.

References

1. Podgorny S. A., Koshevoy E. P. Mathematical modeling of drying and conditioning grain. The potentials of mass transfer: a monograph. Saarbrucken: LAPLAMBERT, 2012. P. 126–136.

2. Kosachev V. S., Koshevoy E. P., Mikhnevich A. N., Mironov N. A. Dependencies for describing heat transfer in a layer // Proceedings of the higher educational institutions. Food technology. 2008. No. 2-3. P. 82–83.

3. Podgorny S. A., Koshevoy E. P., Kosachev V. S., Skhalyakhov A. A. Statement of the problem of description of heat, mass and pressure transfer during drying // New Technologies. 2014. No. 3. P. 20–27.

4. Meretukov Z. A., Zaslavets A. A., Koshevoy E. P., Kosachev V. S. Methods of solving differential equations of hydrodynamics // New Technologies. 2012. No. 1. P. 36–41.

5. Petunina I. A. Mathematics for students of agroengineering specialties: textbook for higher educational institutions. Krasnodar: publishing and printing center “Publisher Grigorieva L.K.”, 2011. P. 540–648.

6. Skhalyakhov A. A., Vereshchagin A. G., Kosachev V. S., Koshevoy E. P. Heat transfer in heat exchangers with polymeric membranes // Proceedings of the higher educational institutions. Food technology.

2009. No. 2-3. P. 79–81.

7. Meretukov Z. A., Koshevoy E. P., Kosachev V. S. Solution of a differential equation of extraction // New Technologies. 2011. No. 4. P. 54–57.

8. Ermolaev I. A., Zhbanov A. I. Mixed convection in vertical channel with discrete source of the heat on wall // Izvestia RAN, Mekhanika Zhidkosti i Gaza. 2009. No. 4. P. 40–46.

UDC 631.223.5: 628.8

Petunina I. A., Konovalova O. V.

NATURAL CONVECTIVE FLOW NEAR THE BIRD'S BODY AS A SOURCE OF HEAT

Summary. *Development and implementation of energy-saving equipment that uses heat generated by animals in process of vital activity is an important direction for the creation of optimal climatization of livestock houses. Theoretical studies of heat exchange between the bird's body (namely chickens) and the environment were conducted for the decision of problems of microclimate system development, as well as choice of a rational circulation scheme and heat utilization. The problem of poultry heat emission with the definition of speed, temperature and heat flux at the body of birds of different ages was addressed theoretically as this was the purpose of the research. The present studies of heat produced by a bird's body were conducted in 2014–2019 at the Laboratory of the Department of animal husbandry mechanization and life safety of the Kuban State Agrarian University and the university experimental training farm "Kuban". In our research, we used 10 broilers weighing from 0.08 to 2.00 kg, aged from 0 to 140 days. The heat emitted by broilers from the poultry farm of the university experimental training farm "Kuban" was the material of research. Theoretical data of convective heat transfer were the subject of the research. Standard methods of mathematical analysis and modelling were assumed as a basis for the survey taking into account used equipment and objects. In the laboratory, biometric measurements of young birds were performed before each study. We measured such parameters as height, volume, length, mass and body temperature. As a result of theoretical studies, values of speed, temperature and heat flux were obtained. Analyzing the results of the patterns of bird's body heat radiation, we found that speed increased from 1.25 to 1.67 m/s; airflow – from 0.00025 up to 0.00100 m^3; temperature varied from 38.5 to 29 °C.*

Keywords: *bird's body, convective flow, turbulent wall layer, excess heat, heat transfer, flow rate.*

Петунина Ирина Александровна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры высшей математики ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»; 350004, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13: e-mail: petunina_1960@mail.ru.

Коновалова Оксана Владимировна, инженер-эколог НИИ прикладной и экспериментальной экологии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»; 350004, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13: oksanadanyukova@mail.ru.

Petunina Irina Aleksandrovna, Dr. Sc. (Techn.), associate professor, professor of the chair of Higher Mathematics of the Kuban State Agrarian University; 13, Kalinina str., Krasnodar, 350004, Russia; e-mail: petunina_1960@mail.ru.

Konovalova Oksana Vladimirovna, environmental engineer of the Research Institute of Applied and Experimental Ecology of the Kuban State Agrarian University; 13, Kalinina str., Krasnodar, 350004, Russia; e-mail: oksanadanyukova@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 17.03.2020.
Дата принятия к печати – 30.04.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-107-115
УДК 632.9:634.1/8:551.5

Подгорная М. Е., Васильченко А. В., Диденко Н. А., Чернов В. В.

ВЛИЯНИЕ ИНСЕКТИЦИДА «ИНСЕГАР», ВДГ НА АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ, БИОХИМИЧЕСКИЕ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЛИВЫ

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»

Реферат. *На юге России сливовая плодожорка Grapholita funebrana Tr. является доминирующим вредителем сливовых агроценозов. Изучение биоэкологических особенностей этого вредителя в условиях климатических изменений актуально в связи с разработкой регламентов применения инсектицидов для его контроля. Цель исследования – изучение влияния инсектицида класса ювеноидов «Инсегар», ВДГ (250 г/кг, феноксикарб) на агробиологические, биохимические и токсикологические показатели сливы. Работу проводили в 2017–2019 гг. в Прикубанской зоне центральной подзоны Краснодарского края на базе ФГБНУ СКФНЦСВВ, схема опыта включала следующие варианты: инсектицид «Инсегар, ВДГ» (250 г/кг, феноксикарб); контроль – без обработки, повторность – четырехкратная, расположение рендомизированное, норма расхода – 0,4 кг/га, двукратно – по началу яйцекладки первого (28–30 апреля) и второго (15–17 июня) поколения сливовой плодожорки. Остаточные содержания феноксикарба определяли методом ВЭЖХ на жидкостном хроматографе «Knauer». В годы исследования отмечен более ранний и многочисленный лет первой перезимовавшей генерации вредителя 28.04 (2017 г.), 12.04 (2018 г.) и 8.04 (2019 г.) по сравнению со среднемноголетними данными (30.04–1.05). Установлено, что при повышении средней температуры воздуха в период обработок на 2,0–5,3 °С применение «Инсегара», ВДГ полностью сдержало численность и вредоносность G. funebrana Tr., при 38,4–42,7 % повреждении плодов в падалице и 4,5–6,8 % – в съемном урожае контрольного варианта. Установлено, что обработки «Инсегаром», ВДГ приводят к увеличению длины однолетнего прироста сливы в сравнении с контролем на 8,9–39,2 % и площади листовой пластинки – на 12,9–31,6 %. Выявлено, что по окончанию «срока ожидания» наличия феноксикарба в почве и плодах сливы не обнаружено.*

Ключевые слова: *Grapholitha funebrana Tr., адаптация, «Инсегар», ВДГ, трансформация ксенобиотика, агробиологические и биохимические показатели.*

Введение

Изменения климата, фиксируемые в последние годы, носят глобальный характер, и оказывают воздействие на процессы, происходящие в природе. Отмечено формирование и приспособление доминирующих видов к новым абиотическим условиям [1].

Анализ данных многолетнего мониторинга садовых агроценозов юга России показывает, что на фоне ежегодно меняющихся абиотических факторов происходит появление новых видов фитофагов, расширение и увеличение видового состава вредителей, смена доминирующих и второстепенных видов, смещение сроков их развития, увеличение количества вспышек массового размножения доминирующих видов с различной периодичностью. Такая тенденция ведет к необходимости разработки научно обоснованных принципов технологии защиты сливы от вредителей [2, 3].

Наиболее хозяйственно значимым вредным объектом в многолетних насаждениях сливы является сливовая плодожорка *Grapholita funebrana* Tr., ее гусеницы питаются мякотью плодов, снижая качество товара, перегрызают сосудистую систему, вызывая преждевременное окрашивание и опадение плодов.

Многолетние наблюдения за развитием вредителя на юге России показали, что ранее онтогенез сливовой плодожорки проходил в двух генерациях, однако в течение

последних десяти лет отмечается устойчивое появление третьей генерации, а также другие изменения в фенологии развития данного объекта. Основное влияние на фенологические сдвиги оказывает глобальная трансформация климата. Наибольшее повышение температурного режима в Краснодарском крае отмечают в холодный период года. Средние температуры зимнего сезона выросли на 2,1–2,8 °С, средняя годовая температура воздуха – на 0,8 °С. На равнинной территории бассейна реки Кубань средняя температура в зимний период превысила 0 °С, это привело к исчезновению снежного покрова и преобладанию осадков в виде дождя [2]. Такие перемены условий обитания организма ведут к неизбежной его адаптации для выживания в экосистеме [3].

Насекомые, развитие которых зависит от температуры окружающей среды и которые развиваются в нескольких поколениях за вегетационный сезон, проявляют пластичность в своем развитии и могут увеличивать количество генераций в год в условиях потепления климата [4]. Повышенные температуры зимнего и ранневесеннего периодов провоцируют ежегодный, более ранний вылет первых бабочек сливовой плодожорки перезимовавшего поколения. Установлено, что потепление климата на 1,0–1,5 °С может ускорять появление первых бабочек на 2–10 дней [3, 5–9].

На юге России высокая эффективность для контроля с чешуекрылыми вредителями сливы отмечена у инсектицида «Инсегар», ВДГ, который относится к регуляторам роста и развития насекомых. Феноксикарб – аналог ювенильного гормона (JH), который действует на эндокринную систему насекомых. Имитируя JH, он нарушает трансформацию от яйца к личинке, от личинки к куколке, до взрослой репродуктивной особи. По сравнению с обычными инсектицидами, феноксикарб не приводит к быстрой гибели насекомых, однако длительное воздействие останавливает рост популяции. Применение JH по старшим возрастам личинок приводит к тому, что взрослые насекомые теряют возможность размножаться [10, 11]. «Инсегар, ВДГ» относится к третьему классу опасности, ПДК в почве – 0,03 мг/кг, МДУ для сливы – 0,01 мг/кг, «срок ожидания» – 30 суток [12, 13].

Цель исследований – изучение влияния инсектицида класса ювеноидов «Инсегар», ВДГ (250 г/кг, феноксикарб) на агробиологические, биохимические и токсикологические показатели сливы для совершенствования технологии защиты от *Grapholita funebrana* Tr.

Материалы и методы исследований

Исследования выполняли на базе ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (ФГБНУ СКФНЦСВВ), расположенной в Прикубанской зоне центральной подзоны Краснодарского края, путем проведения длительных стационарных опытов в 2017–2019 гг. с использованием общепринятых и оригинальных методик. Биологические особенности сливовой плодожорки *Grapholita funebrana* Tr. определяли с помощью феромонных ловушек и подсчета суммы эффективных температур.

В период проведения исследований зафиксировано превышение средней многолетней температуры воздуха на 1,5–3,0 °С, наибольшее количество осадков отмечено в 2017 г.: в марте – во второй декаде 114 %, в третьей декаде – 181 %; в мае – во второй декаде – 197 %, в третьей декаде – 222 %; в июне – во второй декаде – 109 %, в третьей декаде –159 %; в июле – во второй декаде – 233 %, в третьей декаде –141 % нормы.

Эксперименты выполняли на сорте сливы Кабардинская ранняя 2001 г. посадки, схема посадки – 3 × 2 м. Высота деревьев – 2,5–3,0 м. Схема опыта включала следующие варианты: инсектицид «Инсегар», ВДГ (250 г/кг, феноксикарб); контроль – без обработки. Повторность – четырехкратная, в одной повторности – четыре дерева, расположение рендомизированное. Норма расхода инсектицида – 0,4 кг/га, расход рабочей жидкости – 1000 л/га. Обработки выполняли двукратно – по началу яйцекладки первого (28–30 апреля) и второго (15–17 июня) поколения сливовой плодожорки.

В период уборки урожая определяли биологическую эффективность применения препарата «Инсегар», ВДГ, измеряли площадь листовой пластинки и прирост побегов, а также отбирали образцы плодов для выяснения биохимического состава. Основные аналитические работы по биохимическому анализу плодов сливы выполняли в центре коллективного пользования (ЦКП) СКФНЦСВВ на системе капиллярного электрофореза серии «Капель» по общепринятым методам (титрование, рефрактометрия и другим) [14].

Для установления динамики разложения феноксикарба образцы почвы под насаждениями и плоды сливы отбирали в день обработки (через 5 ч после нее), на 10, 20 и 30-е сутки после последней обработки. Остаточное содержание феноксикарба определяли по МУК 4.1.2272-07 [15]. Для работы использовали жидкостной хроматограф с ультрафиолетовым детектором с переменной длиной волны (фирма «Knauer», Германия), с использованием хроматографической стальной колонки длиной 15 см, внутренним диаметром 4 мм, содержащей Диасфер 110-С18 (5 мкм) (фирма «БиоХимМак» Россия), подвижная фаза: ацетонитрил – 0,005 М H_3PO_4 (65:35 по объёму), рабочая длина волны 230 нм, скорость потока элюента: 0,8 $см^3$/мин, время удерживания феноксикарба для сливы и почвы – 4,88 мин. Так как стабильность феноксикарба наблюдается в течение 24 месяцев при температуре −20 °С, плоды сливы хранили в морозильной камере при температуре −20 °С, чтобы избежать какой-либо деградации [16, 17]. Контроль феноксикарба в образцах сливы и почве осуществляли по содержанию вещества после экстракции его метанолом, очистки экстракта перераспределением в системе несмешивающихся растворителей, а также на колонке с силикагелем и концентрирующем патроне Диапак С8 [17]. Количество феноксикарба определяли методом абсолютной калибровки. Хроматографирование проводили в двукратной повторности. Содержание феноксикарба рассчитывали с помощью программы ClarityChrom (рисунок 1).

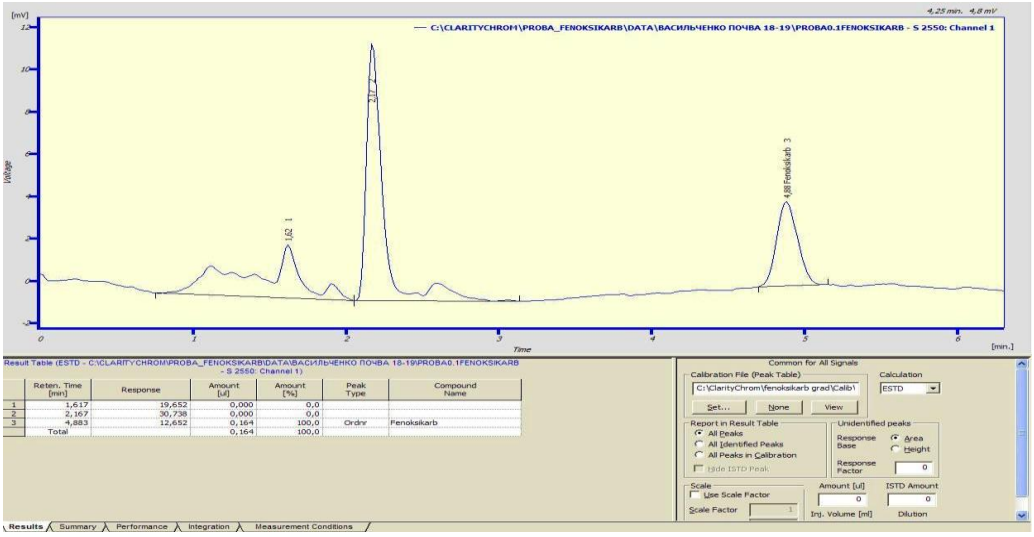


Рисунок 1 – Стандартный раствор феноксикарба в плодах сливы

За результат анализа принимали среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, расхождение между которыми не превышало предела повторяемости r = 7,6 %. Стандартное отклонение не превышало 3,2 % [16].

Результаты и их обсуждение

Отлов бабочек сливовой плодожорки на феромонные ловушки в Центральной зоне края в течение трех лет 2017–2019 гг. показал ежегодный, более ранний вылет первых экземпляров из мест зимовки: 2017 г. – 28 апреля; 2018 г. – 12 апреля; 2019 г. – 8 апреля (рисунок 2).

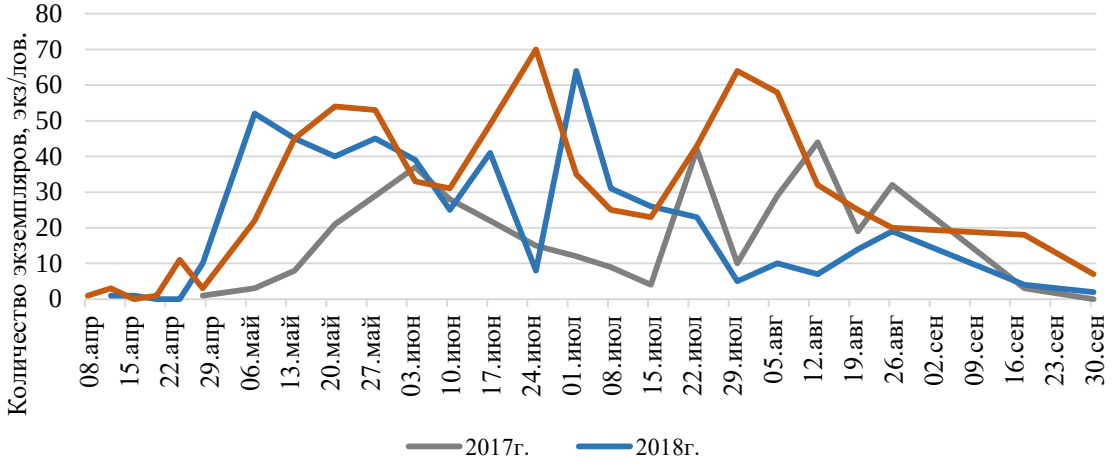


Рисунок 2 – Динамика лета сливовой плодожорки, вегетационный стационар ФГБНУ СКФНЦСВВ, сорт Кабардинская ранняя

По среднемноголетним данным начало лёта перезимовавшего поколения *G. funebrana* в прикубанской зоне садоводства Краснодарского края отмечено 30 апреля – 1 мая. С ранним появлением первых особей происходит смещение сроков массового лета, пика численности и продолжительности лета сливовой плодожорки. Количество бабочек перезимовавшей генерации, отловленных на феромонные ловушки в периоды пика численности, составило за семь суток: в 2017 г. – 30–33 экз./лов., 2018 г. – 45–52 экз./лов., 2019 г. – 53–54 экз./лов.

Максимальные изменения в сдвигах дат фенофаз наблюдали в первой половине вегетации, далее отмечали стремление популяции к сбалансированным среднемноголетним срокам развития [7–9]. Наиболее вредоносна первая летняя генерация сливовой плодожорки, она отличается меньшей продолжительностью лёта (около месяца), более высокой численностью (за 7 суток): 2017 г. – 29–37 экз./лов., 2018 г. – 62–64 экз./лов., 2019 г. – 58–64 экз./лов. Лёт второй летней генерации отмечали в конце июля – начале августа, который отличался длительностью – высокие температуры осеннего периода позволяли фиксировать активность бабочек до середины октября.

Средняя температура воздуха на момент первой обработки на 2,0 °С (2018 г.) – 4,4 °С (2017, 2019 гг.) выше нормы, второй – на 2,8 °С (2017 г.) и 4,4–5,3 °С (2018, 2019 гг.), во все годы исследований в третьей декаде июня отмечали максимум температуры воздуха – 39,3–39,5 °С (опасное явление «сильная жара»).

Мониторинг поврежденности плодов в течение сезонов 2017–2019 гг. показал отсутствие в опытном варианте поврежденных плодов в падалице и убранном урожае. В контроле поврежденность плодов в падалице достигала 38,4–42,7 %, в урожае плодов – 4,5–6,8 % (таблица 1).

Таблица 1 – Биологическая эффективность инсектицида «Инсегар», ВДГ против сливовой плодожорки

Вариант	Год	Повреждено плодов, %		Снижение поврежденности плодов относительно контроля, %	
		в падалице	в съемном урожае	в падалице	в съемном урожае
«Инсегар», ВДГ	2017	0	0	100	100
	2018	0	0	100	100
	2019	0	0	100	100
Контроль (без обработки)	2017	40,6 ± 0,3	4,9 ± 0,2	-	-
	2018	38,4 ± 0,1	4,5 ± 0,1	-	-
	2019	42,7 ± 0,4	6,8 ± 0,1	-	-

В течение трех лет проводили изучение влияния феноксикарба («Инсегар», ВДГ) на агробиологические показатели (длину однолетнего прироста и площадь листовой поверхности). Установлено, что применение регулятора роста и развития насекомых приводит к увеличению длины однолетнего прироста сливы на 8,9–39,2 % и площади листовой пластинки – на 12,9–31,6 % в сравнении с контролем. Максимальные показатели как в контроле, так и в варианте «Инсегар», ВДГ отмечены в 2017 г., что связано со сложившимися погодными условиями: количество осадков в весенний период составило 114–222 % нормы, в летний – 109–233 %, что привело к интенсивному росту однолетних приростов.

В среднем за три года исследований установлено, что применение регулятора роста и развития насекомых («Инсегар», ВДГ) не приводило к значительным различиям в содержании сухих и минеральных веществ, а также органических кислот в плодах сливы.

Таким образом, исследования в 2017–2019 гг. подтвердили результаты стабильного и высокоэффективного действия в экстремальных погодных условиях инсектицида «Инсегар», ВДГ при контроле сливовой плодожорки.

По данным ряда авторов, а также информации, представленной в паспорте к препарату, известно, что феноксикарб плохо растворяется в воде и аккумулируется в поверхностном слое почвы. Ксенобиотик практически не мигрирует в нижние горизонты почвы, устойчив к фоторазложению в большинстве типов почв, имеет период полураспада 10–20 суток, деградирует до нескольких незначительных компонентов, которые не накапливаются с течением времени [17, 18].

В зарубежной литературе есть данные по наличию остаточных количеств феноксикарба в яблоках, апельсинах, персиках, оливках [19, 20], но нет данных по содержанию феноксикарба в почве под насаждениями и плодах сливы. В 2018–2019 гг. выявлена динамика разложения остаточных количеств феноксикарба в почве и плодах сливы. Установлено, что двукратное применение инсектицида с действующим веществом феноксикарб не приводило к нарушению гигиенических нормативов [12]. По окончанию 30 суток («срока ожидания») наличие феноксикарба в почве и плодах сливы не выявлено (рисунок 3).

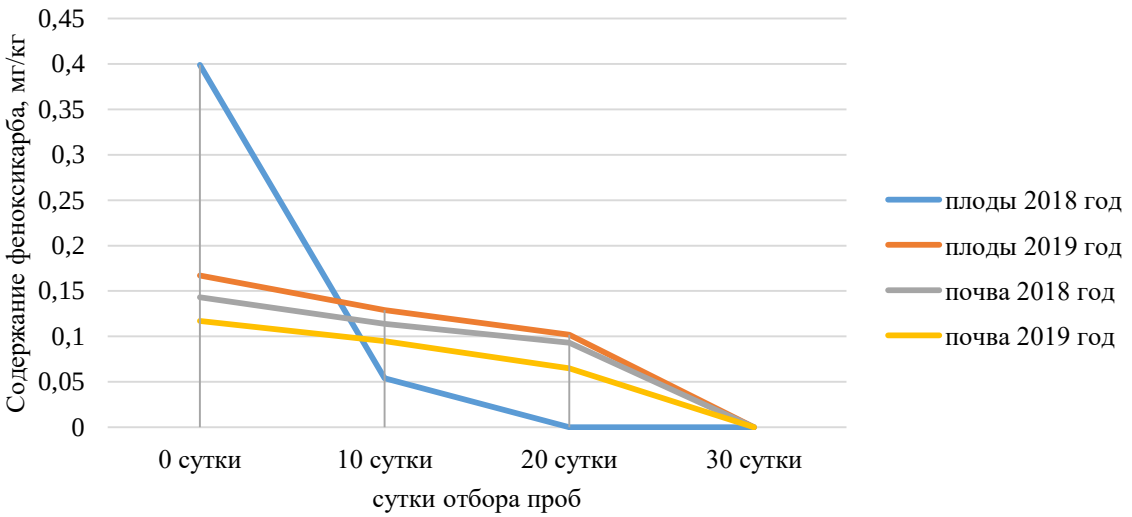


Рисунок 3 – Динамика разложения остаточных количеств феноксикарба в почве и плодах сливы сорта Кабардинская ранняя, мг/кг (в контрольных образцах наличие феноксикарба не обнаружено)

Выводы

В результате исследований выявлено, что как абиотические, так и антропогенные факторы значительно влияют на биоэкологические особенности развития сливовой плодожорки (*Grapholita funebrana* Tr.). В годы исследований отмечен более ранний и многочисленный вылет первых экземпляров из мест зимовки 28 апреля (2017 г.), 12 апреля (2018 г.) и 8 апреля (2019 г.) по сравнению со среднемноголетними данными (30 апреля – 01 мая); максимальное количество бабочек перезимовавшей генерации составило в 2017 г. – 30–33 экз./лов., 2018 г. – 45–52 экз./лов., 2019 г. – 53–54 экз./лов. за семь суток.

При повышении средней температуры воздуха на 2,0–5,3 °С по сравнению с нормой в период обработок, применение регулятора роста и развития насекомых «Инсегар», ВДГ показало высокую эффективность при повреждении 38,4–42,7 % плодов в падалице и 4,5–6,8 % – в съемном урожае.

Установлено, что применение регулятора роста и развития насекомых приводит к увеличению длины однолетнего прироста сливы на 8,9–39,2 % и площади листовой пластинки – на 12,9–31,6 % в сравнении с контролем. Не отмечено существенных различий в содержании сухих и минеральных веществ, а также органических кислот в плодах сливы между опытом и контролем.

Установлено, что двукратное применение инсектицида «Инсегар», ВДГ с нормой расхода 0,4 кг/га в сливовых агроценозах не приводит к нарушению гигиенических нормативов. По окончанию «срока ожидания» наличие феноксикарба в почве и плодах сливы не выявлено.

Литература

1. Васютин А. С., Захарченко В. А. Фитосанитарные риски в агроэкосистемах (оценка и управление). М.: МосНИИСХ, 2014. 128 с.

2. Косинский Р. А. Биосфера как стабилизирующий фактор глобальной трансформации климата // Проблемы современной науки и образования. 2017. № 33 (115). С. 66–68. DOI: 10.20861/2304-2338-2017-115.

3. Прах С. В. Экологизированные элементы защиты косточковых культур от вредных организмов // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2013. № 22 (4). С. 89–96. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.journal.kubansad.ru/pdf/13/04/10.pdf (дата обращения 16.03.2020).

4. Ивашков Г. На Кубани доминируют осадки и исчезает снег // Московский комсомолец. 2019. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://kuban.mk.ru/articles/2017/01/25/na-kubani-dominiruyut-osadki-i-ischezaet-sneg.html (дата обращения 18.03.2020).

5. Kerr N. Z., Wepprich T., Grevstad F. S., Dopman E. B., Chew F. S., Crone E. E. Developmental trap or demographic bonanza? Opposing consequences of earlier phenology in a changing climate for a multivoltine butterfly // Global Change Biology. 2020. Vol. 26. No. 4. P. 2014–2027. DOI: 10.1111/gcb.14959.

6. Roy D. B., Sparks T.H. Phenology of British butterflies and climate change // Global Change Biology. 2000. Vol. 6. No. 4. P. 407–416. DOI: 10.1046/j.1365-2486.2000.00322.x.

7. Stefanescu C., Penuelas J., Filella I. Effects of climatic change on the phenology of butterflies in the northwest Mediterranean Basin // Global Change Biology. 2003. Vol. 9. No. 10. P. 1494–1506. DOI: 10.1046/j.1365-2486.2003.00682.x.

8. Pak D., Biddinger D., Bjornstad O. N. Local and regional climate variables driving spring phenology of tortricid pests: a 36 year study // Ecological Entomology. 2018. Vol. 44. No. 3. P. 367–379. DOI: 10.1111/een.12712.

9. Прах С. В., Мищенко И. Г., Подгорная М. Е. Особенности развития возбудителя клястероспориоза и мониторинг сливовой плодожорки в сливовых насаждениях Краснодарского // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2015. № 35 (05). С. 26–27. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http:// www.journalkubansad.ru/pdf/15/05/11.pdf (дата обращения 20.03.2020).

10. Sullivan J. J. Chemistry and Environmental Fate of Fenoxycarb // Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. 2010. Vol. 202. P. 155–184. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4419-1157-5_3 (дата обращения 20.03.2020).

11. Грапов А. Ф., Путина М. Я. Регуляторы роста и развития насекомых в качестве инсектицидов // Агрохимия. 1988. № 11. С. 119–136.

12. Гигиенические нормативы ГН 1.2.3539-18. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень). [Электронный ресурс]. Режим доступа:

http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=299193&fld=134&dst=100014,0&rnd=0.5185749496464014#02660846368724319 (дата обращения 06.04.2020).

13. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской федерации. М.: изд-во Листерра, 2019. С. 134.

14. Якуба Ю. Ф., Кузнецова А. П., Ложникова М. С. Применения капиллярного электрофореза и экстракции в поле СВЧ для анализа растительного сырья // Материалы III Всероссийского симпозиума «Разделение и концентрирование в аналитической химии и радиохимии». Краснодар-Туапсе, 2011. С. 153.

15. МУК 4.1.2272-07. Определение остаточных количеств феноксикарба в яблоках, сливах и винограде методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 19 с.

16. Sullivan J. Environmental fate of fenoxycarb // Environmental Monitoring & Pest Management Branch, Department of Pesticide Regulation. Sacramento. CA 95814-5624. 2000. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.432.7795&rep=rep1&type=pdf (дата обращения 06.04.2020).

17. Oldal B., Maloschik E., Uzinger N., Anton A., Székács A. Pesticide residues in Hungarian soils // Geoderma. 2006. Vol. 135. P. 163–178. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706105003095?via%3Dihub (дата обращения 06.04.2020).

18. Ticha J., Hajslova J., Jech M., Honzicek J., Lacina O., Kohoutkova J., Kocourek V., Lansky M., Kloutvorova J., Falta V. Changes of pesticide residues in apples during cold storage // Food Control. 2008. Vol. 19. Iss. 3. P. 247–256. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713507000680?via %3Dihub (дата обращения 08.04.2020).

19. EFSA (European Food Safety Authority). Modification of the existing maximum residue levels for fenoxycarb in peaches and olives // EFSA Journal. 2015. Vol. 13. No. 7. Art. No. 4202. DOI: 10.2903/j.efsa.2015.4202.

20. Brancato A., Brocca D., Lentdecker C. D., Erdos Z., Ferreira L., Greco L., Jarrah S., Kardassi D., Leuschner R., Lythgo C., Medina P., Miron I., Molnar T., Nougadere A., Pedersen R., Reich H., Sacchi A., Santos M., Stanek A., Sturma J., Tarazona J., Theobald A., Vagenende B., Verani A., Villamar-Bouza L. Review of the existing maximum residue levels for fenoxycarb according to Article 12 of Regulation (EC) No 396. 2005 // European Food Safety Authority (EFSA). 2018. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2903/j.efsa.2018.5155#efs25155-bib-0001 (дата обращения 08.04.2020).

References

1. Vasyutin A. S., Zakharchenko V. A. Phytosanitary risks in agroecosystems (assessment and management). Moscow: MosNIIISKh, 2014. 128 p.

2. Kosinsky R. A. Biosphere as a stabilizing factor of global climate transformation // Problems of Modern Science and Education. 2017. No 33 (115). P. 66–68. DOI: 10.20861 / 2304-2338-2017-115.

3. Prakh S. V. Ecology elements of protection of stone fruit crops from the harmful organisms // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2013. No. 22 (4). P. 89-96. [Electronic resource]. Access point: http://www.journal.kubansad.ru/pdf/13/04/10.pdf (reference's date 16.03.2020).

4. Ivashkov G. Precipitation dominates in the Kuban and snow disappears // Moskovsky Komsomolets. [Electronic resource]. Access point: https://kuban.mk.ru/articles/2017/01/25/na-kubani-dominiruyut-osadki-i-ischezaet-sneg.html (reference's date 18.03.2020).

5. Kerr N. Z., Wepprich T., Grevstad F. S., Dopman E. B., Chew F. S., Crone E. E. Developmental trap or demographic bonanza? Opposing consequences of earlier phenology in a changing climate for a multivoltine butterfly // Global Change Biology. 2020. Vol. 26. No. 4. P. 2014–2027. DOI: 10.1111/gcb.14959.

6. Roy D. B., Sparks T.H. Phenology of British butterflies and climate change // Global Change Biology. 2000. Vol. 6. No. 4. P. 407–416. DOI: 10.1046/j.1365-2486.2000.00322.x.

7. Stefanescu C., Penuelas J., Filella I. Effects of climatic change on the phenology of butterflies in the northwest Mediterranean Basin // Global Change Biology. 2003. Vol. 9. No. 10. P. 1494–1506. DOI: 10.1046/j.1365-2486.2003.00682.x.

8. Pak D., Biddinger D., Bjornstad O. N. Local and regional climate variables driving spring phenology of tortricid pests: a 36 year study // Ecological Entomology. 2018. Vol. 44. No. 3. P. 367–379. DOI: 10.1111/een.12712.

9. Prakh S. V., Mishchenko I. G., Podgornaya M. E. Features of development of agent of *Carpophilum aderh* and *Grapholitha funebrana Tr*. in the plum orchards of Krasnodar Region // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2015. No. 35 (05). P. 26–27. [Electronic resource]. Access point: http: // www.journalkubansad.ru/pdf/15/05/11.pdf (reference's date 03.20.2020).

10. Sullivan J. J. Chemistry and environmental fate of fenoxycarb // Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. 2010. Vol. 202. P. 155–184. [Electronic resource]. Access point: https://link.springer.com/chapter/10.1007 % 2F978-1-4419-1157-5_3 (reference's date 20.03.2020).

11. Grapov A. F., Putina M. Ya. Regulators of growth and development of insects as insecticides // Agrochemistry. 1988. No. 11. P. 119–136.

12. Hygienic standards GN 1.2.3539-18. Hygienic standards for the content of pesticides in environmental objects (list). [Electronic resource]. Access point: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=299193&fld=134&dst=100014,0&rnd=0.5185749496464014#02660846368724319 (reference's date 06.04.2020).

13. Directory of pesticides and agrochemicals approved for use on the territory of the Russian Federation. Moscow: Publishing House of Listerra, 2019. P. 134.

14. Yakuba Yu. F., Kuznetsova A. P., Lozhnikova M. S. Application of capillary electrophoresis and extraction in the microwave field for the analysis of plant materials // Materials of the III All-Russian Symposium "Separation and Concentration in Analytical Chemistry and Radiochemistry". Krasnodar-Tuapse, 2011. P. 153.

15. MUK 4.1.2272-07. Determination of fenoxycarb residues in apples, plump and grapes using high performance liquid chromatography. Moscow: Federal Center for hygiene and epidemiology of Rospotrebnadzor, 2009. 19 p.

16. Sullivan J. Environmental fate of fenoxycarb // Environmental Monitoring & Pest Management Branch, Department of Pesticide Regulation. Sacramento. CA 95814-5624. 2000. [Electronic resource]. Access point: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.432.7795&rep=rep1&type=pdf (reference's date 18.03. 2020).

17. Oldal B., Maloschik E., Uzinger N., Anton A., Székács A. Pesticide residues in Hungarian soils // Geoderma. 2006. Vol. 135. P. 163–178. [Electronic resource]. Access point: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706105003095?via%3Dihub (reference's date 04.06.2020).

18. Ticha J., Hajslova J., Jech M., Honzicek J., Lacina O., Kohoutkova J., Kocourek V., Lansky M., Kloutvorova J., Falta V. Changes of pesticide residues in apples during cold storage // Food Control. 2008. Vol. 19. Iss. 3. P. 247–256. [Electronic resource]. Access point: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713507000680?via%3Dihub (reference's date 08.04.2020).

19. EFSA (European Food Safety Authority). Modification of the existing maximum residue levels for fenoxycarb in peaches and olives // EFSA Journal. 2015. Vol. 13. No. 7. Art. No. 4202. DOI: 10.2903/j.efsa.2015.4202.

20. Brancato A., Brocca D., Lentdecker C. D., Erdos Z., Ferreira L., Greco L., Jarrah S., Kardassi D., Leuschner R., Lythgo C., Medina P., Miron I., Molnar T., Nougadere A., Pedersen R., Reich H., Sacchi A., Santos M., Stanek A., Sturma J., Tarazona J., Theobald A., Vagenende B., Verani A., Villamar-Bouza L. Review of the existing maximum residue levels for fenoxycarb according to Article 12 of Regulation (EC) No 396. 2005 // European Food Safety Authority (EFSA). 2018. [Electronic resource]. Access point: https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2903/j.efsa.2018.5155#efs25155-bib-0001 (reference's date 08.04.2020).

UDC 632.9:634.1/8:551.5

Podgornaya M. E., Vasilchenko A. V., Didenko N. A., Chernov V. V.

INFLUENCE OF INSECTICIDE "INSEGAR", WATER-SOLUBLE GRANULES ON AGROBIOLOGICAL, BIOCHEMICAL AND TOXICOLOGICAL INDICATORS OF PLUM FRUITS

Summary. *In southern Russia, Grapholita funebrana Tr. is the dominant pest of plum agrocenoses. The study of its bioecological characteristics in the context of climate change is relevant concerning the development of regulations for the use of insecticides to control it. The aim of the research was to study the effect of the insecticide from the class of juvenoids "Insegar", water-soluble granules (fenoxycarb, 250 g/kg) on agrobiological, biochemical and toxicological indicators of plum fruits. The work was carried out in 2017–2019 in the Prikuban zone of the central subzone of the Krasnodar Territory in the FSBSI "North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture, Viticulture, Wine-making". The experimental design included the following options: insecticide "Insegar", water-soluble granules (fenoxycarb, 250 g/kg); control – without treatment. The position of the variants is randomized, triple replication. Dosage – 0.4 kg/ha. There were two treatments*

per season: at the beginning of oviposition of the first (April 28-30) and second (June 15–17) generation of the plum moth. Residual amounts of fenoxycarb in plum fruits were determined by HPLC on the Knauer liquid chromatograph. During the years of research, the earlier and more numerous flight of the first overwintered pest generation were noted on April 28 (2017), April 12 (2018) and April 8 (2019) compared to the long-term average data (April 30–May 1). We found that an increase in the average air temperature by 2.0–5.3 °C during "Insegar", water-soluble granules application completely restrained the abundance and harmfulness of G. funebrana Tr.; loose fruit damage in the control variant was 38.4–42.7 %, the same for the fresh fruit picked from the trees was 4.5–6.8 %. Treatment with "Insegar", water-soluble granules lead to an increase in the length of the annual growth of plum compared to control by 8.9–39.2 % and in the area of the leaf blade by 12.9–31.6 %. At the end of the "waiting period", we did not detect fenoxycarb in the soil and plum fruits.

Keywords: *Grapholitha funebrana Tr., adaptation, "Insegar", water-soluble granules, xenobiotic transformation, agrobiological and biochemical parameters.*

Подгорная Марина Ефимовна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией защиты и токсикологического мониторинга многолетних агроценозов ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350072, Россия, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; e-mail: podgornayame@mail.ru.

Васильченко Анфиса Витальевна, младший научный сотрудник лаборатории защиты и токсикологического мониторинга многолетних агроценозов ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350072, Россия, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; e-mail: anfisavv@yandex.ru.

Диденко Надежда Александровна, младший научный сотрудник лаборатории защиты и токсикологического мониторинга многолетних агроценозов ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350072, Россия, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; e-mail: didenko-n.a@mail.ru.

Чернов Василий Вячеславович, аспирант лаборатории защиты и токсикологического мониторинга многолетних агроценозов ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350072, Россия, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; e-mail: alximik_02@mail.ru.

Podgornaya Marina Efimovna, Cand. Sc. (Biol.), head of the Laboratory of protection and toxicological monitoring of perennial agrocenoses of the FSBSI "North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture, Viticulture, Wine-making"; 39 im. 40-letiya Pobedy Str., Krasnodar, 350072, Russia; e-mail: podgornayame@mail.ru.

Vasilchenko Anfisa Vitalievna, junior researcher of the Laboratory of protection and toxicological monitoring of perennial agrocenoses of the FSBSI "North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture, Viticulture, Wine-making"; 39 im. 40-letiya Pobedy Str., Krasnodar, 350072, Russia; e-mail: anfisavv@yandex.ru.

Didenko Nadezhda Aleksandrovna, junior researcher of the Laboratory of protection and toxicological monitoring of perennial agrocenoses of the FSBSI "North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture, Viticulture, Wine-making"; 39 im. 40-letiya Pobedy Str., Krasnodar, 350072, Russia; e-mail: didenko-n.a@mail.ru.

Chernov Vasily Vyacheslavovich, graduate student of the Laboratory of protection and toxicological monitoring of perennial agrocenoses of the FSBSI "North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture, Viticulture, Wine-making"; 39 im. 40-letiya Pobedy Str., Krasnodar, 350072, Russia; e-mail: alximik_02@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 06.04.2020.
Дата принятия к печати – 30.05.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-116-124
УДК 633.85:631:526.32

Прахова Т. Я.

ОЦЕНКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ РЫЖИКА ЯРОВОГО НА ПРОДУКТИВНОСТЬ

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

Реферат. *В статье представлена оценка исходного материала ярового рыжика по продуктивности и параметрам адаптивности. Объектом исследований являлись сортообразцы рыжика различного эколого-географического происхождения из мировой коллекции ВИР. Изучение проводили в 2015–2019 гг. в Пензенской области. Метеоусловия в годы исследований носили контрастный характер. Вегетационный период 2017 г. протекал в недостаточно-увлажненных условиях – ГТК = 0,91 и характеризовался отрицательным индексом условий среды (I_j = −0,11). Период вегетации 2019 г. протекал в засушливых условиях – ГТК = 0,67, I_j = −1,05. Наиболее благоприятные по гидротермальным условиям были 2015 и 2016 гг. – ГТК = 1,02–1,10, I_j = 1,15 и 1,11 соответственно. Наиболее жесткие условия отмечали в 2018 г. – I_j = −1,16, ГТК = 0,35. В среднем за годы исследований продуктивность выборки составила 1,66–1,85 т/га. Более урожайными были сортообразцы к-2224 (Украина), к-4165 (Германия) и к-1357 (Франция), продуктивность которых составила 1,81; 1,82 и 1,85 т/га соответственно. Изменчивость урожайности по годам варьировала от 5,16 до 13,19 %. Наименьшей вариабельностью урожая характеризовались образцы к-2224 (Украина), к-4164 (Швеция) и к-2283 (Казахстан), коэффициент вариации которых составил 5,16–5,92 %. Самая высокая экологическая устойчивость отмечена у сортообразцов к-4164 и к-1357, уровень которой составил −0,23 и −0,24 соответственно. По гомеостатичности (Hom) выделились к-4164, к-1357 и к-2224 (45,57; 46,25 и 49,78 соответственно). Показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) был наибольшим у сортообразцов к-1357 и к-2224 и составил 59,58 и 64,42 соответственно. Образцы к-1357, к-4165 и к-4164 обладают высокой селекционной ценностью (1,57–1,63) и сочетают в себе высокую урожайность с адаптивным потенциалом. Высокую экологическую пластичность (b_i =1,08–1,45) отмечали у образцов к-1357, к-4162, к-4164, к-4160, к-4159 и к-4155. Эти образцы представляют большой интерес в качестве исходного материала при селекции ярового рыжика на экологическую адаптивность.*

Ключевые слова: *рыжик яровой (Camelina sativa L. Crantz), сортообразцы, урожайность, адаптивность, экологическая устойчивость, гомеостатичность, индекс стабильности.*

Введение

В формировании высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур большая роль принадлежит использованию лучших сортов, наиболее приспособленных к возделыванию в местных условиях. По имеющимся оценкам вклад сорта в повышение урожайности сельскохозяйственных культур за последние десятилетия оценивается в 30–70 %, и есть все основания утверждать, что роль этого фактора будет возрастать [1].

Поэтому особого внимания заслуживает создание высокопродуктивных сортов с широкой экологической пластичностью, способных при разном сочетании природных условий в разных природно-климатических зонах сохранять урожайность относительно стабильной и на высоком уровне. Именно такие сорта могут обладать адаптивной приспособленностью и обеспечить высокие и устойчивые урожаи по годам [2, 3].

Н. И. Вавилов писал, что судьба сельскохозяйственных культур и их сортов определяется, в первую очередь подходящими сортами, а успехи в их создании в значительной мере зависят от многообразия исходного генетического материала [4]. Он был одним из первых, кто разработал научные основы селекции растений, базирующиеся на учении об исходном материале, включающим в себя использование изменчивости с учетом установленной им закономерности в сортовом и видовом разнообразии [4, 5].

Только комплексный подход к подбору нового исходного материала позволит отобрать наиболее перспективные родоначальные формы растений, что будет способствовать ускорению селекционного процесса [2, 6].

По подавляющему большинству сельскохозяйственных культур имеется богатый исходный материал. Разнообразие его из года в год увеличивается как благодаря выявлению новых форм, так и созданию новых сортов [7].

Оценивая достижения селекции рыжика посевного, следует указать на небольшой набор сортов (всего 13 сортов ярового и семь – озимого рыжика), обладающих повышенной адаптивной функцией и способных формировать высокую семенную продуктивность в различных экологических условиях [8].

Рыжик посевной – перспективная масличная культура, которая служит альтернативой другим масличным культурам семейства капустных и может быть использована в различных сферах деятельности человека [8, 9].

Семена рыжика содержат до 42 % масла, характеризующегося оптимальным жирнокислотным составом, что позволяет использовать его для пищевых, технических целей и для получения биодизеля [3, 8–10]. По биологическим особенностям эта культура отличается неприхотливостью, скороспелостью и уникальной адаптивной пластичностью к различным условиям возделывания [11–13]. Кроме этого, рыжик – хороший фитосанитар почвы и предшественник для других сельскохозяйственных культур [14].

В последнее время наблюдается заметный рост научного интереса к рыжику как к сельскохозяйственной культуре, о чем свидетельствуют отечественные и зарубежные публикации [9, 13–15].

Учитывая высокую экологическую пластичность, адаптивность, а также важность культуры рыжика в диверсификации растениеводческой отрасли, создание высокопродуктивных сортов с устойчивостью к лимитирующим факторам среды является первостепенной и актуальной задачей.

В решении этой проблемы ведущая роль принадлежит научно-обоснованному подбору исходного материала, с последующим включением его в селекционный процесс, который позволит получить новые, более урожайные с широкими адаптивными свойствами сорта рыжика ярового.

Цель исследований – оценка селекционной ценности исходного материала ярового рыжика различного эколого-географического происхождения по продуктивности и параметрам адаптивности.

Материалы и методы исследований

Работу выполняли в 2015–2019 гг. в Пензенской области. Объектом исследований являлись сортообразцы ярового рыжика различного эколого-географического происхождения из мировой коллекции ВИР.

Экологические условия каждого года носили контрастный характер и определялись различным спектром взаимодействия гидротермальных факторов, о чем свидетельствуют гидротермический коэффициент периодов вегетации и показатели индексов условий среды.

Вегетационный период рыжика в 2017 г. протекал в недостаточно-увлажненных условиях при ГТК = 0,91 и среднесуточной температуре 18,1 °С, хотя

условия развития в целом характеризовались невысоким, но отрицательным значением индекса условий среды (I_j = −0,11).

Наиболее благоприятные по гидротермальным условиям были 2015 и 2016 гг., которые характеризовались значениями ГТК = 1,02–1,10, что соответствует умеренному увлажнению. Индекс условий среды вегетационных периодов имел положительные значения и составил 1,15 и 1,11 соответственно.

Период вегетации 2019 г. протекал с умеренным дефицитом осадков при среднесуточной температуре 19,3 °С, ГТК составил 0,67. Общие условия развития сортообразцов характеризовались отрицательным значением индекса условий среды (I_j = −1,05).

Наиболее жесткие условия из-за продолжительной засухи, послужившей причиной максимального снижения средней урожайности отмечали в 2018 г., индекс условий среды был отрицательным и составил −1,16. ГТК = 0,35.

Посев сортообразцов рыжика проводили рядовым способом с нормой высева 8,0 млн всхожих семян на гектар в первой декаде мая.

Оценку урожайности сортообразцов и определение ее изменчивости (коэффициент вариации) проводили согласно методическим рекомендациям по масличным культурам [16]. Индекс условий среды и общую адаптивную способность (b_i) определяли по методике S. A. Eberhart и W. A. Russel в изложении В. А. Зыкина с соавторами [17]. Экологическую устойчивость сортов определяли по методике A. A. Rossielle и J. Hamblin (по уравнению Y_{min}–Y_{max}) [18]. Индекс стабильности (ИС) и показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) рассчитывали по методике, предложенной Э. Д. Неттевичем [19]. Показатель гомеостатичности (Hom) и селекционную ценность сорта (Sc) определяли по методике В. В. Хангильдина [20]. Достоверность различий определяли методом дисперсионного анализа.

Результаты и их обсуждение

Урожайность культуры выступает как интегральный показатель и отражает весь комплекс биологических свойств сорта и адаптивные возможности культуры при различных метеоусловиях.

В зависимости от условий года урожайность изучаемых сортообразцов рыжика варьировала в широких пределах от 1,43 до 2,18 т/га, в среднем за 2015–2019 гг. продуктивность сортообразцов составила 1,66–1,85 т/га (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность сортообразцов рыжика ярового (среднее за 2015–2019 гг.)

Образец	Происхождение	Урожайность, т/га			
		среднее за пять лет	min.–max.	среднее в контрастных условиях	коэффициент вариации, %
к-1553	Армения	1,72	1,43–1,91	1,67	10,84
к-3290	Алтай	1,77	1,44–2,01	1,73	11,99
к-2224	Украина	1,81	1,69–1,95	1,82	5,16
к-4165	Германия	1,82	1,56–2,18	1,87	13,19
к-4169	Чехословакия	1,77	1,50–2,11	1,81	13,11
к-1357	Франция	1,85	1,74–1,98	1,86	6,14
к-4162	Венгрия	1,77	1,59–2,03	1,81	9,28
к-4164	Швеция	1,79	1,68–1,91	1,80	5,92
к-4160	Иркутск	1,71	1,52–1,79	1,66	6,28
к-4159	Саратов	1,66	1,49–1,79	1,64	6,85
к-2283	Казахстан	1,70	1,55–1,81	1,68	5,94
к-4155	Дагестан	1,72	1,58–1,87	1,73	7,07
Среднее		1,75	1,59–1,90		
$НСР_{05}$		0,05			
Индекс условий среды (I_j)		−1,16–1,15			

Наиболее урожайными были сортообразцы к-2224 (Украина), к-4165 (Германия) и к-1357 (Франция), продуктивность их семян в среднем составила 1,81; 1,82 и 1,85 т/га соответственно, что существенно (на 0,06–0,10 т/га) превысило среднее значение по сортам. Размах урожайности у этих генотипов составлял 1,69–1,95 т/га (к-2224); 1,56–2,18 т/га (к-4165) и 1,74–1,98 т/га (к-1357). Об этом свидетельствует и высокий показатель устойчивости урожайности данных образцов в контрастных условиях – 1,82–1,87 т/га. Это характеризует их генетическую гибкость и компенсаторную способность.

Сортообразцы из Чехословакии (к-4169), Венгрии (к-4162) и Швеции (к-4164) также имеют высокие показатели устойчивости урожайности в стрессовых и нестрессовых условиях – 1,80–1,81 т/га, что указывает на высокую степень соответствия реакции генотипов на климатические факторы среды. При этом средняя урожайность данных сортообразцов незначительно превышала среднесортовой показатель на 0,02–0,04 т/га (в пределах ошибки опыта). Размах урожайности этих сортообразцов по годам довольно широкий: 1,50–2,11 т/га, 1,59–2,03 т/га и 1,68–1,91 т/га соответственно.

Изменчивость урожайности сортообразцов по годам слабая – от 5,16 до 13,19 %. Наименьшей вариабельностью этого показателя характеризовались образцы к-2224 (Украина), к-4164 (Швеция) и к-2283 (Казахстан) – коэффициент вариации составил 5,16–5,92 %. При этом у последнего образца (к-2283) отмечена низкая урожайность (1,70 т/га) при размахе 1,55–1,81 т/га. Это говорит о не очень высоком, но довольно стабильном формировании урожайности во все годы изучения и показывает сравнительно высокую генетическую защищенность в отношении действия лимитирующих факторов.

Наибольший коэффициент вариации по годам отмечен у сортообразцов к-4165 и к-4169 – 13,11 и 13,19 % соответственно, что указывает на большую изменчивость их урожайности с максимальным (2,11–2,18 т/га) проявлением этого признака в год с благоприятными условиями среды ($I_j = 1,15$) благодаря полной реализации потенциальных возможностей генотипа в данных условиях. Минимальная урожайность (1,50–1,56 т/га) отмечена в год с ГТК = 0,35 ($I_j = -1,16$).

При изменяющихся метеорологических условиях важным показателем сортообразцов является их экологическая устойчивость ко всем стрессовым проявлениям (засухе, избыточному увлажнению и другим). Самая высокая экологическая устойчивость отмечена у сортообразцов к-4164 и к-1357, которая составила −0,23 и −0,24 соответственно, что свидетельствует о широком диапазоне их приспособительных возможностей. Наиболее низкой экологической устойчивостью характеризовались образцы к-4169 и к-4165 (−0,61 и −0,62) (таблица 2).

Таблица 2 – Параметры адаптивности и устойчивости сортообразцов рыжика ярового (2015–2019 гг.)

Образец	Коэффициент адаптивности	ИС*	Y_{min}–Y_{max} *	ПУСС*	Hom*	Sc*
к-1553	0,98	0,16	−0,48	26,57	24,40	1,29
к-3290	1,01	0,19	−0,57	26,39	24,12	1,27
к-2224	1,03	0,35	−0,26	64,42	49,78	1,31
к-4165	1,04	0,14	−0,62	26,04	18,40	1,57
к-4169	1,01	0,14	−0,61	24,64	14,10	1,26
к-1357	1,06	0,31	−0,24	59,58	46,25	1,63
к-4162	1,01	0,15	−0,44	33,43	15,66	1,38
к-4164	1,02	0,31	−0,23	55,83	45,57	1,58
к-4160	0,98	0,28	−0,27	46,02	26,58	1,45
к-4159	0,95	0,25	−0,30	38,71	20,62	1,44
к-2283	0,97	0,29	−0,26	47,07	25,21	1,46
к-4155	0,98	0,25	−0,29	41,54	28,33	1,44

Примечание. *ИС – индекс стабильности, Y_{min}–Y_{max} – экологическая устойчивость; ПУСС – показатель уровня стабильности; Hom – гомеостатичность; Sc – селекционная ценность.*

Образцы к-4162 (Венгрия), к-1553 (Армения) и к-3290 (Алтай) характеризовались также невысокой экологической устойчивостью, разница между минимальной и максимальной урожайностью которых составила −0,44; −0,48 и −0,57 соответственно. У остальных сортообразцов величина этого показателя была средняя, уровень которой варьировал от −0,26 до −0,30.

По гомеостатичности выделились к-4164, к-1357 и к-2224 (Hom = 45,57; 46,25 и 49,78), которые способны сводить к минимуму последствия неблагоприятных воздействий внешней среды, что подтверждается и высоким индексом их стабильности – 0,31–0,35.

Низкий уровень Hom отмечен у образцов к-4169, к-4162 и к-4165, который варьировал в пределах 14,1–18,4. Это говорит о том, что даже в оптимальных условиях, формируя высокий урожай, данные генотипы не могут считаться гомеостатичными, так как имеют низкий показатель стабильности урожая в разных условиях. Индекс стабильности у них был низким и находился в пределах 0,14–0,15.

Коэффициент адаптивности, характеризующий продуктивные возможности изучаемых сортообразцов, был достаточно высоким и варьировал от 0,95 до 1,06. Из 12 изучаемых образцов семь (58,4 %) имели коэффициент адаптивности свыше 1,0 (1,01–1,06) и пять (41,6 %) имели коэффициент адаптивности меньше 1,0 (0,95–0,98).

Показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) был наибольшим у сортообразцов к-1357 и к-2224 и составил 59,58 и 64,42 соответственно. Данные образцы сочетают в себе высокий уровень урожайности и стабильности, то есть при ухудшении условий могут поддерживать высокий уровень продуктивности.

Кроме этого, образец к-1357 обладает высокой селекционной ценностью (Sc = 1,63), которая объединяет показатели адаптивности сортообразца и его урожайности. По этому показателю также заслуживают внимания образцы к-4165 (Sc = 1,57) и к-4164 (Sc = 1,58), сочетающие в себе высокую урожайность с адаптивными возможностями.

Несмотря на варьирование показателей урожайности в зависимости от меняющегося гидротермального фактора сортообразцы ярового рыжика проявляют толерантность ко всем стрессорам, экологическая пластичность (b_i) у них составляет 0,79–1,95 (рисунок 1).

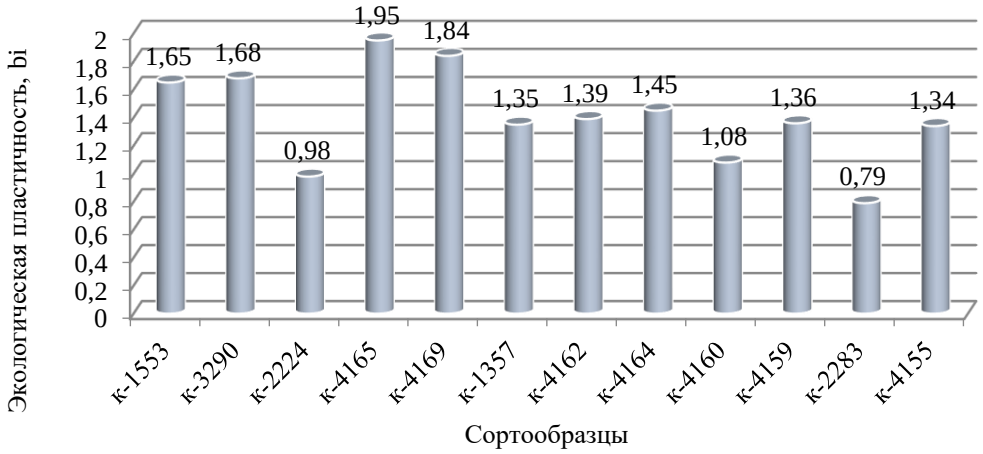


Рисунок 1 – Экологическая пластичность сортообразцов ярового рыжика

Наибольший показатель адаптивности к условиям среды отмечен у сортообразцов к-4165 и к-4169 – 1,95 и 1,84 соответственно. Данные сортообразцы отличаются высокой вариабельностью урожайности и формируют высокие урожаи

только при оптимальных условиях. При воздействии стрессовых факторов (засуха) продуктивность их снижается.

Низкими параметрами адаптивности отличается образец к-2283 (b_i = 0,79), что показывает его слабую реакцию на неодинаковую степень проявления лимитирующих факторов.

Полное соответствие варьирования уровня урожайности изменению условий среды отмечали у образцов к-2224 (b_i = 0,98), к-1357 (b_i = 1,35), к-4162 (b_i = 1,39), к-4164 (b_i = 1,45), к-4160 (b_i = 1,08), к-4159 (b_i = 1,36) и к-4155 (b_i = 1,34). Данные образцы относятся к пластичным с низкой вариабельностью урожая при меняющихся гидротермических факторах и показывают максимальную приспособленность к конкретным условиям среды.

Выводы

Таким образом, все изучаемые сортообразцы в среднем за 2015–2019 гг. сформировали высокую урожайность семян (1,66–1,85 т/га) и представляют интерес как источники этого признака для селекции ярового рыжика. Выделены наиболее урожайные сортообразцы к-2224 (Украина), к-4165 (Германия) и к-1357 (Франция), продуктивность которых составила 1,81; 1,82 и 1,85 т/га.

Образцы к-4164 (Швеция) и к-1357 (Франция), сочетающие в себе высокую урожайность (1,79–1,85 т/га) и высокую экологическую устойчивость (−0,23 и −0,24), могут служить исходным материалом для создания сортов ярового рыжика с широким диапазоном приспособительных возможностей при изменяющихся метеорологических условиях.

Образцы к-2224 (Украина), к-1357 (Франция) и к-4164 (Швеция), обладающие высокими значениями показателей гомеостатичности (46,25–49,78), ПУСС (59,58–64,42), селекционной ценности (1,58–1,63) и экологической пластичностью (0,98–1,45), которые формируют стабильный урожай независимо от метеорологических условий, представляют большой интерес в качестве исходного материала при селекции ярового рыжика на экологическую адаптивность.

Литература

1. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). Т. 1. М.: Изд-во РУДН, 2001. С. 465–466.

2. Гужов Ю. Л., Фукс А., Величек П. Селекция и семеноводство культивируемых растений. М.: Мир, 2003. 536 с.

3. Прахов В. А. Скрининг исходного материала для селекции озимого рыжика // Сборник трудов международной конференции «Научное обеспечение развития АПК России». Пенза: РИО ПГСХА, 2015. С. 72–77.

4. Вавилов Н. И. Селекция как наука. Т. 1. Л.: Наука, 1967. С. 328–342.

5. Левакова О. В., Ерошенко Л. М. Результаты изучения экологической адаптивности и стабильности новых сортов и линий ярового ячменя в условиях Рязанской области // Вестник АПК Верхневолжья. 2017. № 1 (37). С. 18–22.

6. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Генетические основы селекции растений. Общая генетика растений. Т. 1. Минск: Белорусская наука, 2008. С. 50–56.

7. Гончаренко А. А. Экологическая устойчивость сортов зерновых культур и задачи селекции // Зерновое хозяйство России. 2016. № (3). С. 31–37.

8. Turina E. L., Prakhova T. Ya., Prakhov V. A. Assessment of productivity and adaptability of Camelina Sativa varieties // IOP Conference Series “Earth and Environmental Science”. 2019. Vol. 341. DOI:10.1088/1755-1315/341/1/012085.

9. Турина Е. Л. Значение и культивирование *Camelina sp.* в различных регионах мира (обзор) // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 3 (19). С. 133–151. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-133-151.

10. Jouzani G. S., Sharafi R., Soheilivand S. Fueling the future; plant genetic engineering for sustainable biodiesel production // Biofuel Research Journal. 2018. Vol. 5. No. 10. P. 829–845. DOI: 10.18331/BRJ2018.5.3.3.

11. Турина Е. Л. Разработка элементов технологии возделывания озимого рыжика в условиях Крыма // Международная конференция «Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки». Симферополь: ИТ «Ариал», 2018. С. 197–198.

12. Aravamuthan Ch., Turina E. L. Cultivation of *Camelina sp.* on experimental fields and industrial plantations in the Crimea // Сборник трудов Международной конференции «Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки». Симферополь: ИТ «Ариал», 2019. С. 136-137. DOI: 10.33952/09.09.2019.63.

13. Basalma D., Gursoy M., Nofouzi F. Factors affecting agricultural characteristics of *Camelina sativa* (L.) Crantz under dry-summer subtropical and warm temperate climates // Revista de la facultad de agronomia de la Universidad del Zulia. 2017. Vol. 35. No. 3. P. 248–269.

14. Трифонова М. Ф., Бекузарова С. А., Буянкин В. И., Дулаев Т. А. Рыжик озимый – ремедиатор токсичности почв // Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 39. С. 209–211.

15. Турина Е. Л. Значение сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) и обоснование актуальности исследований с ним в центральной степи Крыма (Обзор) // Таврический вестник аграрной науки. 2020. Т. 1. С. 100–121. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-1-21-100-121.

16. Методика проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами. Краснодар: ВНИИМК, 2007. 113 с.

17. Зыкин В. А., Белан И. А., Юсов В. С., Недорезков В. Д., Исмагилов Р. Р., Кадиков Р. К., Исламгулов Д. Р. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа, 2015. 100 с.

18. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and no stress environments // Crop Sci. 1981. No. 6. P. 12–23.

19. Неттевич Э. Д. Потенциал урожайности рекомендованных для возделывания в Центральном районе РФ сортов яровой пшеницы и ячменя и его реализация в условиях производства // Доклады РАСХН. 2001. № 3. С. 50–55.

20. Хангильдин В. В., Бирюков С. В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях // Генетико-цитологические аспекты в селекции сельскохозяйственных растений. Одесса: Всесоюзный селекционно-генетический институт, 1984. С. 67–76.

References

1. Zhuchenko A. A. Adaptive plant breeding system (ecological and genetic basis). Moscow: Peoples' Friendship University of Russia (RUDN) Publishing House, 2001. Vol. 1. P. 465–466.

2. Guzhov Yu. L., Fuks A., Velichek P. Selection and seed production of cultivated plants. Moscow: Mir, 2003. 536 p.

3. Prakhov V. A. Screening of the source material for the selection of winter *Camelina* // Proceedings of the international conference “Scientific support for the development of the Russian agricultural sector”. Penza: Edition and typography by Perm State Agricultural Academy Named After Academician D. N. Pryanishnikov, 2015. P. 72–77.

4. Vavilov N. I. Breeding as a science. Vol. 1. Leningrad: Nauka, 1967. P. 328–342

5. Levakova O. V., Eroshenko L. M. Results of study of ecological adaptability and stability of new varieties and lines of spring barley in the conditions of Ryazan area// Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region. 2017. No. 1 (37). P. 18–22.

6. Kilchevsky A. V., Khotyleva L. V. Genetic basis of plant breeding. General genetics of plants. Vol. 1. Minsk: Belorusskaya nauka, 2008. P. 50–56.

7. Goncharenko A. A. Ecological stability of grain crop varieties and tasks of breeding // Grain Economy of Russia. 2016. No. (3). P. 31–37.

8. Turina E. L., Prakhova T. Ya., Prakhov V. A. Assessment of productivity and adaptability of *Camelina sativa* varieties // IOP Conference. Series “Earth and Environmental Science”. 2019. Vol. 341. DOI:10.1088/1755-1315/341/1/012085.

9. Turina E. L. Cultivation and practical importance of *Camelina sp.* around the world (review) // Taurida Herald of the Agrarian Science. 2019. No. 3 (19). P. 133–151. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-133-151.

10. Jouzani G. S., Sharafi R., Soheilivand S. Fueling the future; plant genetic engineering for sustainable biodiesel production // Biofuel Research Journal. 2018. Vol. 5. No. 10. P. 829–845. DOI: 10.18331/BRJ2018.5.3.3.

11. Turina E. L. Development of technology elements for the cultivation of winter camelina in the conditions of Crimea // Proceedings of III International Scientific Conference “Current State, Problems and Prospects of the Development of Agrarian Science”. Simferopol: Publishing house “Arial”, 2018. P. 197–198.

12. Aravamuthan Ch., Turina E. L. Cultivation of *Camelina sp*. on experimental fields and industrial plantations in the Crimea // Proceedings of IV International Scientific Conference “Current State, Problems and

Prospects of the Development of Agrarian Science"". Simferopol: Publishing house "Arial", 2019. P. 136–137. DOI: 10.33952/09.09.2019.63.

13. Basalma D., Gursoy M., Nofouzi F. Factors affecting agricultural characteristics of *Camelina sativa* (L.) Crantz under dry-summer subtropical and warm temperate climates // Revista de la facultad de agronomia de la Universidad del Zulia. 2017. Vol. 35. No. 3. P. 248–269.

14. Trifonova M. F., Bekuzarova S. A., Buyankin V. I., Dulaev T. A. *Camelina sylvestris* – soil toxicity remediator// Proceedings of the International Academy of Agrarian Education. 2018. No. 39. P. 209–211.

15. Turina E. L. *Carthamus tinctorius* L. value and the relevance of the research with this crop in the central steppe of the Crimea (review) // Taurida Herald of the Agrarian Science. 2020. Vol. 1. P. 100–121. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-1-21-100-121.

16. Methodology for conducting field and agrotechnical experiments with oilseeds. Krasnodar: VNIIMK, 2007. 113 p.

17. Zykin V. A., Belan I. A., Yusov V. S., Nedorezkov V. D., Ismagilov R. R., Kadikov R. K., Islamgulov D. R. Methodology for calculating and evaluating the parameters of ecological plasticity of agricultural plants. Ufa, 2015. 100 p.

18. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and no stress environments // Crop Sci. 1981. No. 6. P. 12–23.

19. Nettevich E. D. The potential yield recommended for cultivation in the Central region of the Russian Federation varieties of spring wheat and barley and its implementation in the conditions of production // Reports of RAAS. 2001. No. 3. P. 50–55.

20. Khangildin V. V., Biryukov S. V. The problem of homeostasis in genetic selection studies // Genetic and cytological aspects in the selection of agricultural plants. Odessa: All-Union Breeding and Genetic Institute, 1984. P. 67–76.

UDC 633.85:631.526.32

Prakhova T. Ya.

EVALUATION OF SPRING CAMELINA SOURCE MATERIAL FOR SELECTION ON PRODUCTIVITY

Summary. *The article presents an evaluation of the source material of spring camelina of various ecological and geographical origin according to productivity and adaptability parameters. Variety samples of various ecological and geographical origin from the world collection of VIR were the object of this research. The studies were carried out in 2015–2019 in the Penza region. Weather conditions during the years of research were contrasting. In 2017, the vegetation period was characterized as insufficiently humid (Selyaninov Hydrothermal Coefficient (HTC) – 0.91) with a negative index of environmental conditions (Ij) at the level of −0.11. The vegetation period of 2019 was arid: HTC = 0.67;* $I_j = -1.05$*. The most favorable hydrothermal conditions were in 2015 and 2016 (HTC = 1.02–1.10, Ij = 1.15 and 111, respectively). The most challenging environmental conditions were noted in 2018:* $I_j = -1.16$*, HTC = 0.35. On average, in 2015–2019, the productivity of variety samples was 1.66–1.85 t/ha. Variety samples k-2224 (Ukraine), k-4165 (Germany) and k-1357 (France) were more productive than others; their yield reached 1.81, 1.82 and 1.85 t/ha, respectively. Yield variability over the years ranged from 5.16 to 13.19 %. Samples k-2224 (Ukraine), k-4164 (Sweden) and k-2283 (Kazakhstan) were characterized by the smallest yield variability; the coefficient of variation amounted to 5.16–5.92 %. The highest ecological sustainability was identified for k-4164 and k-1357, the level of which was −0.23 and −0.24, respectively. k-4164, k-1357 and k-2224 were distinguished by homeostaticity (Hom) – 45.57; 46.25 and 49.78, respectively. The parameter of the level of variety stability (PUSS) was the highest for the variety samples k-1357 and k-2224 (59.58 and 64.42, respectively). The samples k-1357, k-4165 and k-4164 have high breeding value (Sc = 1.57–1.63) and combine high yield with adaptive potential. High adaptive ability was observed in samples k-2224 (*b_i *= 0.98), k-1357 (*b_i *= 1.35), k-4162 (*b_i *= 1.39), k-4164 (*b_i *= 1.45), k-4160 (*b_i *= 1.08), k-4159 (*b_i *= 1.36) and k-4155 (*b_i *= 1.34). These samples are of*

great scientific interest as a source material for the selection of spring camelina on ecological adaptability.

Keywords: *spring camelina, samples, productivity, adaptability, ecological sustainability, homeostaticity, stability index.*

Прахова Татьяна Яковлевна, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», 442731, Россия, Пензенская область, р. п. Лунино, ул. Мичурина, 1 б; e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru.

Prakhova Tatyana Yakovlevna, Dr. Sc. (Agr.), chief researcher of the Laboratory of selection technologies, FSBSI “Federal Research Center for Bast Fiber Crops”; 1 b Michurina str., working will. Lunino, Penza region, 442731, Russia; e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 20.01.2020.
Дата принятия к печати – 01.03.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-125-133
УДК 633.11: 633.1: 63

Радченко Л. А.[1], Радченко А. Ф.[1], Ганоцкая Т. Л.[1], Алексеенко А. В.[2]

ИЗУЧЕНИЕ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ СОРТОСМЕНЫ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ

[1]ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»;
[2]ФГБУ «Россельхозцентр» по Республике Крым

Реферат. *Озимая пшеница – основная культура крымского региона. Одним из путей получения высоких урожаев является подбор адаптированных сортов. Цель исследований – оценка продуктивности и качества сортов озимой пшеницы для проведения сортосмены и мониторинг сортового состава, используемого сегодня в Республике Крым. Опыты заложены на полях ФГБУН «НИИСХ Крыма» по предшественнику чёрный пар в разные по погодным условиям годы: в неблагоприятном 2017/18 сельскохозяйственном году и благоприятном 2018/19 году. Объектом исследований служили 19 сортов из различных селекционных центров юга России, стандарт – сорт Куяльник. Закладку опытов и статистическую обработку выполняли по Б. А. Доспехову и по методике Госсортоиспытания. Урожайность озимой пшеницы зависела от погодных условий в годы исследований и в среднем по сортам составила в засушливом 2018 г. – 3,51 т/га, а в благоприятном 2019 г. – 5,57 т/га, что на 58 % выше. В 2018 г. наибольшая урожайность отмечена у сорта Багира (4,03 т/га). В условиях 2019 г. достоверное превышение над стандартом отмечено у сорта Лилит, урожайность которого составила 6,37 т/га. Урожайность на уровне стандарта сформировали сорта Безостая 100 (6,04 т/га) и Стан (5,70 т/га). Мониторинг сортового состава озимой пшеницы показал, что под урожай 2020 г. в РК было высеяно более 80 сортов, основные площади (более 47 %) заняты сортами ФГБУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко». Наибольшее распространение имеет сорт Губернатор Дона, который занимает посевную площадь озимой пшеницы более 10 %.*

Ключевые слова*: озимая пшеница (Triticum aestivum L.), сорт, продуктивность, адаптивные свойства, сортосмена.*

Введение

Озимая пшеница – основная сельскохозяйственная культура крымского региона, как по занимаемым посевным площадям, так и по валовому сбору зерна. Ежегодно она занимает площадь более 300 тыс. га, однако урожайность этой культуры не стабильна и в значительной степени зависит от складывающихся погодных условий. Одним из основных путей формирования высокой урожайности зерновых культур является подбор адаптированных к условиям региона сортов [1]. По мнению Б. И. Сандухадзе, от 20 до 28 % прироста урожая зависит от правильно выбранного сорта, а при экстремальных метеоусловиях его роль повышается многократно [2]. Генотип, наряду с климатом и технологией возделывания культуры относят к условиям, определяющим урожайность [3].

Крымский регион – зона рискованного земледелия. В последние десятилетия засушливые условия здесь наблюдают в 50 % лет. Они оказывают негативное влияние на растения на разных этапах органогенеза, поэтому основное требование при выборе сорта – его высокая адаптивность к засушливым условиям.

Оценку адаптивности сортов озимой пшеницы в ФГБУН «НИИСХ Крыма» проводят с 2014 г. и результаты, полученные вследствие экспериментов, уже внедряют в сельскохозяйственное производство на основных площадях посева этой

культуры. Однако, ежегодно в исследования включают новые сорта для изучения и дальнейших рекомендаций производству.

Цель исследований – оценить продуктивность и качество сортов озимой пшеницы, выделить лучшие для проведения сортосмены в республике и провести мониторинг сортового состава, используемого в Крыму в настоящее время.

Материалы и методы исследований

Для изучения реакции сортов озимой пшеницы на условия выращивания в ФГБУН «НИИСХ Крыма» заложены опыты по предшественнику черный пар в разные по погодным условиям годы: в неблагоприятном 2017/18 сельскохозяйственном году и благоприятном 2018/19 году. Объектом исследований служили 17 сортов различных селекционных центров юга России, стандарт – Куяльник.

Опыты закладывали в четырехкратной повторности, общая площадь делянки – 29 м^2, учетная – 25 м^2. Посев осуществляли в оптимальные для зоны выращивания (вторая декада октября) сроки нормой 5 млн шт./га. Технология выращивания озимой пшеницы – общепринятая для степной зоны Крыма.

Уборку урожая проводили комбайном «Wintersteiger Classic» в фазе полной спелости пшеницы с последующим взвешиванием зерна. Проведение полевых опытов сопровождалось наблюдениями, учетами, измерениями и анализами, согласно методике Госсортоиспытания [4].

В ходе эксперимента оценивали количество продуктивных стеблей, массу 1000 зерен и урожайность. Статистическую обработку выполняли методом однофакторного дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [5]. Применяли также кластерный анализ методом k-средних (на основании стандартизированных данных) в программе Statistica 10.0 [6].

Для учета сортового состава озимой пшеницы, посеянной под урожай 2020 г. в сельскохозяйственных предприятиях Крыма, использованы данные, предоставленные филиалом ФГБУ «Россельхозцентр» по РК.

Исследования проводили на опытном поле отдела интродукции и технологий в полеводстве и животноводстве ФГБУН «НИИСХ Крыма», расположенном в с. Клепинино Красногвардейского района, в центральной степной зоне полуострова.

Климат района проведения исследований – континентальный, засушливый, с большой амплитудой годовых колебаний температуры воздуха и атмосферных осадков. Среднегодовая температура воздуха составляет 10,2 °С, сумма активных температур варьирует от 3300 °С до 3600 °С. Гидротермический коэффициент равен 0,5–0,7, среднее годовое количество осадков – 426 мм [7].

Почвы места исследования – черноземы южные, слабо гумусированные, развитые на четвертичных желто-бурых лессовидных легких глинах. Мощность гумусового слоя (горизонт А) составляет 24–36 см, всего – 57–70 см. Содержание гумуса в пахотном горизонте – 2,4–2,7 % [8].

Предпосевной период 2017 г. характеризовался неблагоприятными условиями, отмечали недостаточное количество влаги в почве и повышенный температурный режим. Количество осадков, выпавших в предпосевной период, было на 30 мм меньше среднемноголетнего количества, а средняя температура воздуха превышала норму в ноябре на 1–2 °С, а в декабре – на 7 °С. Прекращение осенней вегетации отмечали девятого января 2018 г. при среднемноголетней дате – первого декабря. Условия перезимовки после прекращения вегетации озимых культур были удовлетворительными по температурному режиму и неблагоприятными для накопления влаги. Возобновление весенней вегетации отмечали в первой декаде марта. Количество продуктивной влаги в метровом слое почвы при возобновлении весенней вегетации составляло на посевах озимой пшеницы по пару около 100 мм. Отсутствие осадков и резкое повышение температуры воздуха в апреле привели к

значительным потерям влаги. Осадки, отсутствующие более 100 дней, выпали только 13 мая в количестве 10 мм. Запаса влаги, в условиях длительной засухи, было недостаточно для роста и развития озимой пшеницы.

Условия осеннего периода 2018 г. были благоприятными для получения своевременных всходов и дальнейшего развития озимых зерновых культур до прекращения осенней вегетации, которое отмечали 13 ноября (на две недели раньше многолетних сроков). Метеорологические условия в период перезимовки характеризовались повышенным температурным режимом. На протяжении периода перезимовки растения озимых культур несколько раз возобновляли вегетацию. Возобновление весенней вегетации отмечено 26 февраля 2019 г., раньше среднемноголетнего показателя на две декады. Влагозапасы к началу весны оценивали как хорошие – они значительно превышали показатели предыдущих лет. В метровом слое почвы под озимой пшеницей по пару продуктивной влаги содержалось около 160 мм. Всего за вегетацию озимых выпало 558,9 мм осадков что на 130,9 мм больше нормы, однако их выпадение характеризовалось неравномерностью и в критические фазы развития пшеницы (выход в трубку и налив зерна) влаги было недостаточно.

Результаты и их обсуждение

Продуктивность озимых зерновых культур в значительной степени зависит от своевременности получения всходов и их развития в осенний период. В условиях 2017 г. всходы отмечали 11 ноября, а в 2018 г. – 28 октября, через 20 и 10 дней после посева соответственно. Растения вошли в период зимовки в фазе кущения.

При возобновлении весенней вегетации, как в 2018, так и в 2019 гг. состояние растений озимой пшеницы оценивали как отличное. Однако, с третьей декады апреля 2018 г. в связи с недостатком продуктивной влаги в почве и резким повышением температуры воздуха, состояние посевов стало ухудшаться, наблюдали потерю тургора и усыхание нижних листьев, торможение роста и ускоренное развитие растений. Колошение изучаемых сортов отмечали на 10–13 дней раньше обычного и оно проходило в очень сжатые сроки с одновременным цветением. В условиях 2019 г. колошение отмечали в обычные для региона сроки.

Отсутствие продуктивных осадков за весь период весенней вегетации 2017/18 сельскохозяйственного года привело к гибели части побегов кущения, усыханию листового аппарата, формированию малопродуктивного колоса.

Биометрический анализ снопового материала показал, что количество продуктивных стеблей озимой пшеницы в условиях 2018 г. составило от 348 шт./м^2 у сорта Ксения до 521 шт./м^2 у сорта Алексеич при средней по выборке величине этого показателя – 419 шт./м^2 (таблица 1). Благоприятные условия осенне-зимнего периода сезона 2018/19 г. способствовали оптимальному кущению озимой пшеницы, что привело к формированию продуктивного стеблестоя – от 441 шт./м^2 у сорта Аксинья до 732 шт./м^2 у Грома, при средней величине 553 шт./м^2.

В 2018 и 2019 гг. масса 1000 зерен в среднем по опыту составляла 34,3 и 36,5 г соответственно. Самую высокую массу 1000 зерен в засушливых условиях 2018 г. отмечали у сортов Баграт (37,0 г), Морозко (36,9 г), Идиллия (36,1 г), Находка и Донна (36,0 г). В 2019 г. самое крупное зерно сформировали сорта Лидия (40,0 г), Лилит (39,4 г), Идиллия (39,0 г), Находка и Донна (по 38,4 г).

Урожайность озимой пшеницы в среднем по сортам составила в засушливом 2018 г. 3,51 т/га, а в благоприятном 2019 г. – 5,57 т/га, что на 58 % выше. Наибольший сбор зерна в 2018 г. отмечен у сорта Багира (4,03 т/га), однако превышение над стандартом было недостоверно. Большая часть сортов формировала урожайность на уровне стандарта, а у трёх сортов величина этого показателя была достоверно ниже стандарта: Морозко, Гром и Аскет – на 0,56, 0,42 и 0,45 соответственно. В условиях

2019 г. достоверное превышение над стандартом по продуктивности отмечено у сорта Лилит (6,37 т/га) – на 0,40 т/га. Урожайность на уровне стандарта сформировали сорта Безостая – 100 (6,04 т/га) и Стан (5,70 т/га), у всех остальных генотипов продуктивность была ниже стандарта Куяльник.

Таблица1 – Продуктивность сортов озимой пшеницы в разные по погодным условиям годы

Сорт	2018 г.			2019 г.		
	количество продуктивных стеблей, шт./м^2	масса 1000 зерен, г	урожайность, т/га	количество продуктивных стеблей, шт./м^2	масса 1000 зерен, г	урожайность, т/га
Куяльник (St.)	438	31,5	3,68	623	35,7	5,97
Ксения	348	33,3	3,65	567	36,5	5,22
Багира	435	34,7	4,03	608	34,3	5,61
Донна	375	36,0	3,37	470	38,4	5,43
Губернатор Дона	443	32,0	3,50	612	36,6	5,40
Стан	428	30,1	3,33	500	38,0	5,70
Курс	422	36,2	3,50	650	36,5	5,62
Баграт	398	37,0	3,44	540	33,4	5,39
Морозко	468	36,9	3,12	504	33,5	5,28
Безостая 100	455	35,4	3,84	647	33,6	6,04
Алексеич	521	34,5	3,83	575	35,4	5,58
Гром	458	34,6	3,26	732	36,0	5,66
Аскет	414	30,9	3,23	455	34,3	5,02
Лидия	399	35,4	3,45	491	40,2	5,60
Аксинья	387	35,3	3,46	441	38,3	5,47
Лилит	375	35,4	3,49	489	39,4	6,37
Находка	413	36,0	3,70	537	38,4	5,53
Идиллия	435	36,1	3,56	516	39,0	5,41
Средние	419	34,3	3,51	553	36,5	5,57
$НСР_{05}$	104	2,4	0,41	184	2,3	0,29

Необходимо отметить, что стабильно высокую урожайность как в условиях весенней засухи 2018 г., так и в благоприятных условиях 2019 г. обеспечили сорта Багира (4,03 и 5,61 т/га соответственно) и Безостая 100 (3,84 и 6,04 т/га).

Для определения механизмов формирования продуктивности изученных сортов в разных условиях провели кластеризацию методом k-средних по урожайности зерна, массы 1000 зерен и количеству продуктивных стеблей в оба года [6]. Выделили три кластера в зависимости от уровня урожайности: высоко- (кластер 2), средне- (кластер 1) и низкопродуктивный (кластер 3) (рисунок 1, 2).

В условиях засухи 2018 г. сорта Багира, Безостая и Алексеич вошли в высокопродуктивную группу (кластер 2). Их урожайность формировалась в большей степени благодаря количеству продуктивных стеблей и в меньшей – крупности зерна. В среднепродуктивный кластер (кластер 1) вошли сорта Ксения, Донна, Курс, Баграт, Морозко, Гром, Лидия, Аксинья, Лилит, Находка и Идиллия. У них количество продуктивных стеблей было меньше – 400 шт./м^2 (кроме Морозко, Гром и Идиллия – 468, 458 и 435 шт./м^2 соответственно), а масса 1000 зерен достоверно превосходила стандарт (кроме сорта Ксения) и варьировала в пределах 36,0–37,0 г.

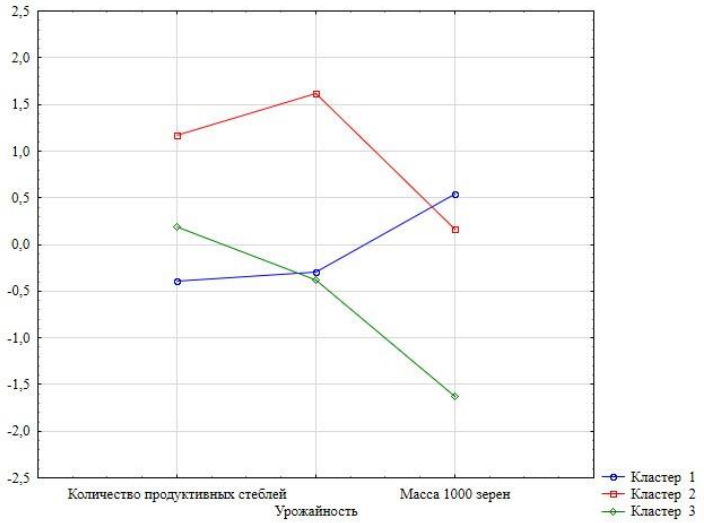


Рисунок 1 – Типы формирования урожайности зерна озимых сортов пшеницы в разрезе компонентных признаков (нормализованные данные), 2017/18 сельскохозяйственный год

Третий низкопродуктивный кластер сформировали такие сорта, как Куяльник, Губернатор Дона, Стан и Аскет. Характерная особенность этих генотипов – низкая масса 1000 зерен – 30,1–32,0 г при среднем уровне проявления количества продуктивных стеблей – 414–443 шт./м^2 (см. рисунок 1).

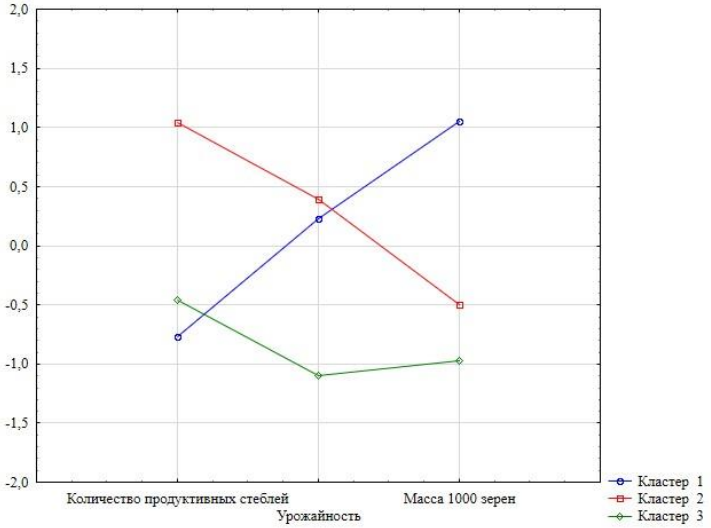


Рисунок 2 – Типы формирования урожайности зерна озимых сортов пшеницы в разрезе компонентных признаков, 2018/19 сельскохозяйственный год

В условиях благоприятного 2018/19 сельскохозяйственного года в высокопродуктивный кластер (кластер 2) вошло большее количество генотипов (Куяльник, Багира, Губернатор Дона, Курс, Безостая 100, Алексеич и Гром) по сравнению с неблагоприятным по влагообеспеченности 2017/18 г. Это, на наш взгляд, можно объяснить пластичностью генотипов, которые отзываются на улучшение условий возделывания повышением продуктивности. Как и в предыдущем году, эти сорта формировали урожайность благодаря высокому количеству продуктивных стеблей – больше 600 шт./м^2, кроме сорта Алексеич, у которого величина этого показателя, хоть и была выше средней по выборке, но составляла 575 шт./м^2.

Элементы кластера средней продуктивности (кластер 1), который сформировали такие сорта как Донна, Стан, Лидия, Аксинья, Лилит, Находка и

Идиллия формировали урожайность благодаря высокой массы 1000 зерен (38,0–40,2 г) и низкого количества продуктивных стеблей (441–537 шт./м^2).

В третий низкопродуктивный кластер вошли сорта Ксения, Баграт, Морозко, Аскет (см. рисунок 2). Сорт Аскет в оба года вошел в низкопродуктивный кластер и стабильно формировал самую низкую по всей выборке урожайность. Можно предположить, что сорт слабо адаптирован к условиям региона.

Надо отметить, что такие сорта, как Багира, Безостая 100 и Алексеич, которые входят в высокопродуктивный кластер, обеспечивали высокую урожайность в оба года испытания, что свидетельствует об адаптивности этих генотипов к нестабильным условиям степного Крыма.

В связи с необходимостью сортообновления и сортосмены, а также поиском максимально адаптированных сортов для выращивания в погодно-климатических условиях Крыма, которые также претерпевают значительные изменения, меняется сортовой состав. Основной задачей сортоизучения является внедрение в производство наиболее адаптированных к зоне выращивания сортов. Сельскохозяйственное производство Крыма характеризуется большим сортовым разнообразием озимой пшеницы. Под урожай 2020 г. высеяно более 80 сортов оригинации селекционных центров России и зарубежья. Однако, за последние годы сортовой состав претерпел значительные изменения. В 2017 г. основные площади посева озимой пшеницы были заняты сортами Селекционно-генетического института – Национального центра семеноведения и сортоизучения НУАНУ (27,1 %) и созданными им в соавторстве со Ставропольским НИИСХ («Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр») (21,5 %). Четвёртая часть площадей (25,2 %) была занята сортами ФГБНУ «Краснодарский НИИСХ им. П.П. Лукьяненко» («НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»), 7 и 4 % соответственно, сортами ФГБНУ «Донской зональный НИИСХ» («Федеральный Ростовский аграрный научный центр») и ФГБНУ «Всероссийский НИИ зерновых культур имени И. Г. Калиненко» («Аграрный научный центр «Донской») [9].

Под урожай 2020 г. основные площади (более 47 %) заняты сортами ФГБУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко» и ФГБНУ «ФРАНЦ» и ФГБНУ «АНЦ Донской» – 18,6 и 16,2 % соответственно (таблица 2). Сорта Селекционно-генетического института – Национального центра семеноведения и сортоизучения НААНУ занимают лишь 0,3 %.

Таблица 2 – Удельный вес учреждений-оригинаторов сортов озимой пшеницы, посеянных в Крыму под урожай 2020 г.

Наименование учреждения-оригинатора	га	%
ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»	147290,7	47,6
ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»	57673,2	18,6
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»	50297,6	16,2
ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»	26523,0	8,6
ФГУП «Прикумская ОСС»	16042,2	5,2
Селекционно-генетический институт – Национальный центр семеноведения и сортоизучения НААНУ	1073,2	0,3

Основная площадь (64 %) занята 12 сортами, семь из которых представлены селекцией ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко». Максимальные площади озимой пшеницы в Крыму (31678 га, или 10,2 %) занимает сорт Губернатор Дона селекции ФГБНУ «ФРАНЦ» (таблица 3). Существенные площади (по 9,3 % каждый) заняты сортами Таня и Гром селекции ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко», и сортом Ермак селекции ФГБНУ «АНЦ Донской», который занимает 7,4 % площадей озимой пшеницы.

Таблица 3 – Структура сортовых посевов озимой пшеницы в Республике Крым под урожай 2020 г.

Сорт	га	% от изучаемых площадей
Губернатор Дона	31678,0	10,2
Таня	28909,8	9,3
Гром	28753,2	9,3
Ермак	22804,9	7,4
Юка	15634,1	5,1
Есаул	14419,5	4,7
Васса	12965,9	4,2
Безостая 100	9698,5	3,1
Донна	8567,8	2,8
Аскет	8326,8	2,7
Алексеич	7912,2	2,6
Жнея	7048,8	2,3
Багира	704,0	0,2
Лилит	306,0	0,1

Сорта Багира и Безостая 100, выделенные нами при изучении в разные по погодным условиям годы как наиболее урожайные, занимают площади 704 и 9699 га соответственно. Незначительная площадь (306 га) занята сортом Лилит, обеспечившим максимальную урожайность в 2019 г. Проводимые нами исследования позволяют рекомендовать эти сорта для более широкого внедрения в сельскохозяйственное производство степной зоны Крыма.

Выводы

Погодные условия оказывают основное влияние на формирование урожайности зерна озимой пшеницы в степной зоне Крыма. В зависимости от влагообеспечения в период вегетации разница в урожайности по годам может составлять до 2,0 т/га. В засушливом 2018 г. урожайность составила в среднем по сортам 3,51 т/га, в благоприятном 2019 г. – 5,57 т/га.

Стабильно высокую урожайность как в 2018, так и в 2019 гг. обеспечили сорта Багира (4,03 и 5,61 т/га) и Безостая 100 (3,84 и 6,04 т/га соответственно). Максимальную урожайность в условиях 2019 г. обеспечил сорт Лилит (6,37 т/га.).

В условиях засухи 2018 г. урожайность высокопродуктивных сортов Багира, Безостая и Алексеич формировалась в большей степени благодаря количеству продуктивных стеблей и в меньшей – крупности зерна. В условиях благоприятного 2018/19 сельскохозяйственного года в высокопродуктивный кластер вошло большее количество генотипов (Куяльник, Багира, Губернатор Дона, Курс, Безостая 100, Алексеич и Гром) по сравнению с неблагоприятным по влагообеспеченности 2017/18 г. Это, на наш взгляд, можно объяснить пластичностью генотипов, которые отзываются на улучшение условий возделывания повышением продуктивности. Сорт Аскет в оба года вошел в низкопродуктивный кластер и стабильно формировал самую низкую по всей выборке урожайность, что свидетельствует о низкой адаптированности к условиям региона. Сорта Багира, Безостая 100 и Алексеич обеспечивали высокую урожайность в оба года испытания, что свидетельствует об адаптивности этих генотипов к нестабильным условиям степного Крыма.

Сортовой состав озимой пшеницы, выращиваемой в Крыму под урожай 2020 г., был представлен более 80 сортами, основные площади (более 47 %) заняты сортами ФГБУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко».

Наибольшее распространение имеет сорт Губернатор Дона, который занимает посевную площадь озимой пшеницы более 10 %. Наши исследования позволяют рекомендовать для проведения сортообновления и сортосмены увеличение в посевах озимой пшеницы сортов Багира, Безостая 100, Алексеич и Лилит, которые обеспечивают стабильную урожайность в разные по погодным условиям годы.

Литература

1. Беляев Н. Н., Дубинкина Е. А. Оценка адаптации сортов озимой мягкой пшеницы в условиях центрального черноземья // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 3 (27). С. 91–95.
2. Сандухадзе Б. И. Селекция озимой пшеницы – важнейший фактор повышения урожайности и качества // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 11. С. 4–6.
3. Занилов А. Х., Яхтанигова Ж. М. Применение удобрений и бактериальных препаратов на озимой пшенице // Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции «Современные научные исследования: проблемы и перспективы». Уфа: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2015. С. 11–17.
4. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур Вып. 1. Общая часть // Под общ. ред. Федина М. А. М.: Колос, 1971. 249 с.
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. Боровиков В. П. Популярное введение в программу STATISTICA. М.: Компьютер-пресс, 1998. 276 с.
7. Агрокліматичний довідник по Автономній Республіці Крим (1986–2005 рр.): довідкове видання // За ред. Прудка О. І., Адаменко Т. І.. Сімферополь: ЦГМ в АРК, 2011. 344 с.
8. Половицкий И. Я., Гусев П. Г. Почвы Крыма и повышение их плодородия. Симферополь: Таврия, 1987. 151 с.
9. Радченко Л. А., Радченко А. Ф., Ганоцкая Т. Л. Сортовые ресурсы пшеницы озимой в Республике Крым // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017. Вып. 3 (66). С. 212–215.

References

1. Belyaev N. N., Dubinkina E. A. Assessment of adaptation of winter wheat varieties in conditions of central chernozem // Legumes and Groat Crops. 2018. No. 3 (27). P. 91–95.
2. Sandukhadze B. I. Winter wheat breeding is the most important factor for increase in productivity and quality// Achievements of science and technology of the AIC. 2010. No. 11. P. 4–6.
3. Zanilov A. Kh., Yakhtanigova Zh. M. Application of fertilizers and bacterial preparations on winter wheat //Collection of scientific articles of the International scientific-practical conference “Modern scientific research: problems and prospects”. Ufa: International center for innovative research “Omega Science” 2015. P. 11–17.
4. Methods of the State variety testing of agricultural crops. Vol. 1. General part // Ed. by Fedin M. A. Moscow: Kolos, 1971. 24 p.
5. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
6. Borovikov V. P. Popular introduction to the STATISTICA program. Moscow: Computer Press, 1998. 276 p.
7. Agroclimatic reference book on the Autonomous Republic of Crimea (1986–2005): reference edition // Ed. by Prudko O. I., Adamenko T. I. Simferopol: Regional Meteorological Center in the ARC, 2011. 344 p.
8. Polovitsky I. Ya., Gusev P. G. Soils of the Crimea and increasing their fertility. Simferopol: Tavria, 1987. 151 p.
9. Radchenko L. A., Radchenko A. F., Ganotskaya T. L. Sort resources of winter wheat in the Crimea// Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2017. Iss. 3 (66). P. 212–215.

UDC 633.11: 633.1: 63

Radchenko L. A., Radchenko A. F., Ganotskaya T. L., Alekseenko A. V.

STUDY OF THE WINTER WHEAT VARIETIES FOR VARIETY CHANGING IN THE REPUBLIC OF CRIMEA

Summary. *Winter wheat is the most widely cultivated crop in the Crimean region. One of the ways to obtain high yields is the selection of adapted varieties. The purpose of this research was to evaluate the productivity and quality of winter wheat varieties to conduct variety changing and to monitor current variety assortment in the fields of the Republic of Crimea. The experiments were carried out on the trial fields of FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea” in 2017–2019. In moisture supply, period of 2016-2017 was unfavorable for winter wheat development; 2018–2019 – favorable. Black fallow served as a preceding crop. Nineteen varieties of winter wheat from different*

breeding centers of Southern Russia were studied. Variety 'Kuyalnik' served as a standard. Laying of the experiments and statistical analyses were conducted according to the methodology of B.A. Dospekhov. These experiments were also accompanied by appropriate observations, records, measurements and analyzes according to the methodology of GOSSORTOISPYTANIE (state standard for strain testing). The yield of winter wheat depended greatly on the weather conditions during the years of research. On average, according to varieties, it was 3.51 t/ha in arid 2018 and 5.57 t/ha (which is 58 % higher) in favorable 2019. In 2018, the maximum productivity of 4.03 tons per hectare was given by variety 'Baghira'. Variety 'Lilit', the yield of which was 6.37 t/ha, significantly exceeded the standard one in terms of this indicator in 2019. The yield of varieties 'Bezostaya100' (6.04 t/ha) and 'Stan' (5.70 t/ha) was nearly the same as the yield of standard one; the rest of the studied varieties showed a significant decrease in the yield compared to variety 'Kuyalnik' (standard). Monitoring of the varietal assortment of winter wheat showed that more than 80 ones were presented in the fields of the Republic of Crimea under laying the new harvest in 2020. The largest areas (more than 47 %) are occupied by varieties of FSBI "National Center of Grain named after P.P. Lukyanenko". The most widespread one is Gubernator Dona. It occupies more than 10 per cent of winter wheat sown area.

Keywords: *winter wheat, variety, productivity, adaptive properties, variety changing.*

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

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

Ганоцкая Татьяна Леонидовна, младший научный сотрудник лаборатории семеноводства и сортоизучения новых генотипов отдела интродукции и технологий в полеводстве и животноводстве, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: ganotskaya.tanya@mail.ru.

Алексеенко Андрей Владимирович, руководитель филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Республике Крым; 295000, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Ковыльная, 2А; e-mail: rsc80@mail.ru.

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

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

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

Alekseenko Andrei Vladimirovich, branch director of FSBI "Rosselkhoztsentr" in the Republic of Crimea; 2A Kovylnaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295000, Russia; e-mail: rsc80@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 05.05.2020.
Дата принятия к печати – 02.06.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-134-142
УДК 579.22

Рыскалиева Б. Ж., Васильев Д. А., Феоктистова Н. А., Ляшенко Е. А.

РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ БАКТЕРИЙ *PECTOBACTERIUM CAROTOVORUM*

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина»

Реферат. *Бактерии Pectobacterium carotovorum – факультативные патогены, штаммы которых вызывают заболевания различных видов растений, во многих случаях нанося большой экономический ущерб. Цель исследований – разработать бактериологическую схему выделения из объектов фитосанитарного надзора и идентификации фитопатогенных бактерий Pectobacterium carotovorum. Экспериментальные работы выполняли в ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ имени П. А. Столыпина» в 2017–2019 гг. В качестве тестовых компонентов разрабатываемого алгоритма идентификации использованы данные, представленные в справочнике «Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria». Изучение биологических свойств бактерии вида Pectobacterium carotovorum проводили классическими методиками. Модельными микроорганизмами для подбора параметров исследований и бактериологических тестов были референс-штаммы Pectobacterium carotovorum B-3455, полученные из Всероссийской коллекции микроорганизмов, и Pectobacterium carotovorum 333 из коллекции музея НИИЦМиБ Ульяновского ГАУ. В исследованиях использованы пробы почвы, вода открытых водоемов, сточные воды, растительные остатки с признаками поражения мягкой гнилью. Из 123 проб объектов фитосанитарного надзора и окружающей среды выделено 14 штаммов, которые отнесены к Pectobacterium carotovorum spp. carotovorum. Полученные результаты исследований по изучению биологических свойств выделенных нами бактерий в основном не расходятся с данными референс-штаммов. На основании разработанной бактериологической схемы идентификации бактерий Pectobacterium carotovorum spp. carotovorum, включающей 27 показателей, выделено 14 штаммов, типированных как Pectobacterium carotovorum spp. carotovorum. Установлено, что в течение 168 часов, применяя разработанную схему выделения и бактериологической идентификации бактерий Pectobacterium carotovorum spp. carotovorum, можно на основании 27 тестов типировать вышеназванные бактерии.*

Ключевые слова: *Pectobacterium carotovorum, бактериологическая схема, признак, тест, идентификация, бактерии, проба.*

Введение

Ожидается, что к 2050 г. численность населения Земли достигнет 9,6 млрд человек, что приведет к увеличению спроса на продукты питания. Предполагается, что для удовлетворения этих потребностей мировое предложение продовольствия может возрасти на 70 %. Подсчитано, что по меньшей мере 10 % мирового производства продовольствия теряется из-за болезней растений. Бактерии рода *Pectobacterium* – важные фитопатогены, имеющие широкий спектр хозяев и глобальное распространение [1]. По данным научных исследований, любое растение может поражать несколько патогенов: *Pectobacterium, Pseudomonas, Xanthomonas, Clavibacterium, Erwinia, Bacillus* и др. [2].

Фитопатогенные бактерии *Pectobacterium spp.* семейства Pectobacteriaceae – грамотрицательные, пектинолитические, некротрофные бактериальные патогены растений, вызывающие мягкую гниль, черную ножку и стеблевое увядание, что приводит к значительным экономическим потерям во всем мире [3–7]. Бактерии рода

Pectobacterium продуцируют ферменты, разрушающие клеточную стенку и вызывающие мацерирование растительной ткани [8].

По данным комиссии ООН в вопросах продовольствия и сельского хозяйства доля бактериальных болезней в среднегодовых потерях урожая сельскохозяйственных культур составляет около 30 %. Род *Pectobacterium* включает 11 видов, обладающих схожими физиологическими и генетическими признаками. Из-за отсутствия эффективных химических и агротехнических мер борьбы с бактериозами и недостатка устойчивых сортов, ранняя диагностика бактериального заражения семян и посадочного материала является ключевым способом снижения вредоносности заболеваний [9].

Мягкие гнили, возбудителями которых являются бактерии вида *Pectobacterium carotovorum* (*Pca*), ранее известные как *Erwinia carotovora subsp. carotovora* [10, 11], развиваются в поле на участках с избыточной влажностью. При этом следует отметить, что наибольший ущерб возбудители мягкой гнили причиняют в период хранения картофеля, что обусловлено его неправильным режимом: недостаточной вентиляцией, влажностью выше 90 % и температурой воздуха выше 15–18 °С [12]. Из *Pectobacterium spp.* опасными для картофеля являются подвиды *Pectobacterium carotovorum subsp. carotovorum* и *Pectobacterium carotovorum subsp. brasileinsis* [13].

Бактерии рода *Pectobacterium*, которых традиционно считали причиной гнилостного повреждения картофеля, остаются наиболее распространенными патогенами и в настоящее время. Заболевания картофеля, вызванные возбудителями данного вида, обнаружены в ряде областей России [14, 15].

Диагностика и идентификация патогенов важны в медицине, во многих отраслях сельского хозяйства (растениеводстве, животноводстве и ветеринарии), при контроле за состоянием окружающей среды. Основной метод осуществления контроля – высокоспецифичная, эффективная диагностика и идентификация фитопатогенов [16, 17].

Основные факторы патогенности – экзоферменты, разрушающие компоненты клеточной стенки растительной клетки (пектиназы, целлюлазы, протеазы) [18].

Немаловажное значение для современного состояния сельского хозяйства имеет отрасль микробиологии, непосредственно занимающаяся методами индикации, идентификации и профилактики фитопатологий, вызванных патогенными для растительной ткани видами бактерии. В связи с существующими сложностями микробиологической дифференциации представителей рода *Erwinia* становится очевидной необходимость разработки современных схем бактериологической индикации и идентификации фитопатогенных эрвиний [19].

Цель исследований – разработать бактериологическую схему выделения из объектов фитосанитарного надзора и идентификации бактерий *Pectobacterium carotovorum spp. carotovorum.*

Материалы и методы исследований

Экспериментальные работы выполняли в ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ имени П. А. Столыпина» в 2016–2019 гг. В качестве тестовых компонентов разрабатываемого алгоритма идентификации были использованы данные, представленные в справочнике «Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria» (2015) [20]. Изучение биологических свойств проводили классическими методиками [21–23]. Модельными микроорганизмами для подбора параметров исследований и бактериологических тестов были референс-штаммы *Pectobacterium carotovorum* В-3455, полученные из Всероссийской коллекции микроорганизмов и *Pectobacterium carotovorum* 333 из коллекции музея НИИЦМиБ ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ имени П. А. Столыпина». В исследованиях использованы 123 пробы с объектов фитосанитарного надзора и окружающей среды, из которых 56 – пробы почвы, семь – воды открытых водоемов и сточных вод, 60 – растительных остатков с признаками поражения мягкой гнилью.

Питательные среды: питательный бульон для культивирования микроорганизмов сухой (ГРМ-бульон), питательный агар для культивирования микроорганизмов сухой (ГРМ-агар), SL-CVP$_{AG366}$ (agdia bioforbs); среда Кинг В; набор реагентов для окраски микроорганизмов по методу Грама (Микро-ГРАМ-НИЦФ, ООО«НИЦФ», РФ); полужидкая среда для определения подвижности, индола и орнитиндекарбоксилазы, питательный желатин, оксидазные диски («HiMedia», Индия); перекись водорода 3 % (ООО «Росбио»); цитратный агар Симмонса (ФГУП «НПО Микроген», РФ); среды Гисса с сорбитом, сахарозой, лактозой, раффинозой, рамнозой, мальтозой (ООО «Биотехновация», РФ); среда Гисса с трегалозой; диски с эритромицином, 15 мкг (ФБУН «НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера»); пептон ферментативный (пгт. Оболенск); среда для O/F теста, среда Кларка, яично-желточная плотная среда; K_2HPO_4 (безв.), $MgSO_4 \times 7H_2O$, NaCl, K_2HP0_4, бромтимоловый синий, 2,3,5-трифенилтетразолий хлорид, натрий хлористый (УлХИМ); стерильное вазелиновое масло; обезжиренное молоко; глицерин.

Результаты и их обсуждение

При разработке схемы выделения и бактериологической идентификации микроорганизмов важно подобрать селективную среду, характерный рост на которой мог бы стать первичным дифференциальным показателем. С этой целью проанализирован рост бактерий на следующих средах: SL-CVP$_{AG366}$, картофельный агар с 2,3,5-трифенилтетразолий хлоридом (ТТХ). Установлено, что среда с пектатом SL-CVP$_{AG-366}$ дает наилучший результат для выделения *Pectobacterium carotovorum spp. carotovorum*, так как культуры образуют чашевидные углубления, вызывая разжижение пектата. По данным исследований M. C. M. Perombelon, J. M. Van Der Wolf (2002) при формировании полостей на среде CVP можно предположительно идентифицировать как наиболее распространённые бактерии мягкой гнили *Erwinia carotovora* [24].

Первый день. Подготовку проб осуществляли следующим образом: образцы суспендировали в стерильной воде в пропорции 1:10. Далее проводили посев на среду с пектатом SL-CVP$_{AG-366}$. Инкубировали при 28 °С 48–72 ч.

Третий день. На чашках отмечали чашевидные лунки, вызвавшие разжижение пектата. При отсутствии возможности провести отбор изолированных колоний, производили повторный высев. Одиночные серовато-светло-сиреневые колонии в чашевидных углублениях отвивали и пересевали в мясопептонный бульон.

Четвертый день. Окраска по Граму (грамотрицательные короткие палочки, прямые, с округлыми краями, одиночные, соединенные попарно).

Проводили посев на картофельный агар с 2,3,5-ТТХ, так как, кроме возбудителей мягких гнилей, размягчение тканей могут вызывать и некоторые другие пектолитические бактерии родов *Pseudomonas* и *Bacillus*. Учет проводили через 48 ч.

Тест на патогенность. Оптимальным вариантом проверки мацерирующей способности бактерий является метод с использованием растения-хозяина [25]. Поэтому изоляты проверяли на ломтиках картофеля на размягчение ткани. Время культивирования в термостате при 28 °С – 24–48 ч.

Далее осуществляли посев на следующие среды: среда Кинг В; чашки с мясопептонным агаром (для определения чувствительности к эритромицину, каталазной и оксидазной активности, роста при 37 °С и 40 °С); картофельный агар с генцианвиолетом; среда для определения подвижности, индола и орнитин-декарбоксилазы; яично-желточная среда; обезжиренное молоко; среда для O/F теста, среда Кларка, агар с 5 % хлористым натрием, питательный желатин; цитратный агар Симмонса; среды Гисса с сорбитом, сахарозой, лактозой, раффинозой, рамнозой, мальтозой, трегалозой.

Пятый день. Наблюдали размягчение тканей картофеля при прикосновении к картофельным дискам бактериологической петлей. На мясопептонном агаре бактерии

образовывали колонии округлой формы с ровными краями, бежево-кремового цвета, гладкие, блестящие, умеренно ослизненные, приподнятые.

Рост на среде Кинга В происходил без образования зеленого пигмента. На картофельном агаре с генцианвиолетом микроорганизмы образовывали блестящие, гладкие колонии серовато-белого цвета.

Подвижность, индол и орнитин декарбоксилазу определяли в полужидкой среде в одной пробирке. Микроорганизмы дают помутнение среды вокруг линии укола, что указывает на подвижность. При отрицательной реакции на орнитиндекарбоксилазу среда выглядит желтой или имеет лиловую полоску в верхней части столбика, что мы и наблюдали в ходе исследования.

При определении каталазы каплю перекиси водорода (3 % раствор) наносили на колонии. О присутствии каталазы свидетельствовали пузырьки водорода.

При определении оксидазы микробную колонию растирали по оксидазному диску. Учет реакции вели в течение 5–10 секунд при 25–30 °С. Отсутствие изменения цвета на диске или развитие окраски через 60 и более секунд расценивали, как отрицательную реакцию.

Исследуемые культуры дали положительную реакцию при определении казеиназы, об этом судили по сгусткам казеина, то есть произошло свертывание среды.

По результатам отношения исследуемых культур к температурам отмечали следующие данные: при 37 °С рост был замедленным, а рост при 40 °С вовсе отсутствовал.

На цитратном агаре Симмонса наблюдали изменение цвета индикатора с зеленого на синий, что показывает использование цитрата в качестве источника углерода.

При определении чувствительности к эритромицину регистрировали рост бактерии вокруг дисков, пропитанных антибиотиком эритромицином.

При посеве на агар с яичным желтком появление зоны просветления в толще агара и формирование на поверхности среды небольшого ореола, отливающего металлическим блеском, свидетельствует о положительной реакции. В нашем случае цвет среды вокруг колонии не изменился, то есть, реакция отрицательная.

Шестой день. Темно-красные колонии наблюдали на картофельном агаре с 2,3,5-ТТХ. При добавлении реактива Ковача получили отрицательную реакцию на наличие индола. В процессе роста культуры в питательном желатине наблюдали разжижение столбика желатина. При определении устойчивости к хлористому натрию регистрировали рост исследуемых микроорганизмов.

При определении окислительного или ферментативного образования кислоты из углеводов исследуемые микроорганизмы сеяли уколом в две пробирки параллельно. Одну пробирку заливали стерильным вазелиновым маслом. Исследуемые микроорганизмы образовали кислоту в обеих пробирках, об этом судили по изменению окраски индикатора. При выявлении сахаролитических свойств бактерий результаты учитывали через 1, 2, 3 суток, отмечая визуально кислотообразование.

Седьмой день. Определение образования кислоты из глюкозы (тест с метиловым красным или MR-тест) определяли в среде Кларка. В результате расщепления глюкозы в среде с исследуемыми культурами произошло кислотообразование, выявленное с помощью индикатора метилового красного, имеющего красное окрашивание.

Полученные результаты исследований по изучению биологических свойств выделенных бактерий не расходятся с данными референс-штаммов *Pectobacterium carotovorum B-3455* и *Pectobacterium carotovorum 333* (таблица 1).

Таблица 1 – Сводные данные об основных свойствах бактерий *Pectobacterium carotovorum spp. carotovorum*

Характеристика	Основные свойства бактерий по “Bergey’s Manual of Systematics of Archaea and Bacteria”		Результат исследований 14 штаммов	
	Pectobacterium carotovorum B-3455	*Pectobacterium carotovorum 333*	+	–
Картофельный агар с 2,3,5-ТТХ	+	+	14	
Образование пигмента на Кинг В	–	–		14
Рост на средеSLCVP$_{AG366}$	+	+	14	
Проверка фитопатогенности	+	+	14	
Окраска по Граму	Гр-	Гр-		14
Орнитиндекарбоксилаза	–	–		14
Индол	–	–		14
Подвижность	+	+	14	
O/F тест	F	F	14F	
Рост при 40 °С	–	–		14
Чувствительность к эритромицину	–	–		14
Оксидаза	–	–		14
Каталаза	+	+	14	
Лецитиназа	–	–		14
Желатиназа	+	+	14	
Рост при 5 % NaCL	–	–		14
Рост при 37 °С	+	+	14	
Цитрат Симмонса	+	+	14	
Казеиназа	+	+	14	
Метиловый красный	+	+	14	
Образование кислот из:				
Сорбита	–	–		14
Сахарозы	+	+	14	
Лактозы	+	+	14	
Рафинозы	+	+	14	
Рамнозы	+	+	14	
Мальтозы	–	–		14
Трегалозы	+	+	14	

Примечание. «+» – положительный результат, «–» – отрицательный результат.

Схема выделения и бактериологическая идентификация фитопатогенных бактерий *Pectobacterium carotovorum spp. carotovorum* показана на рисунке 1.

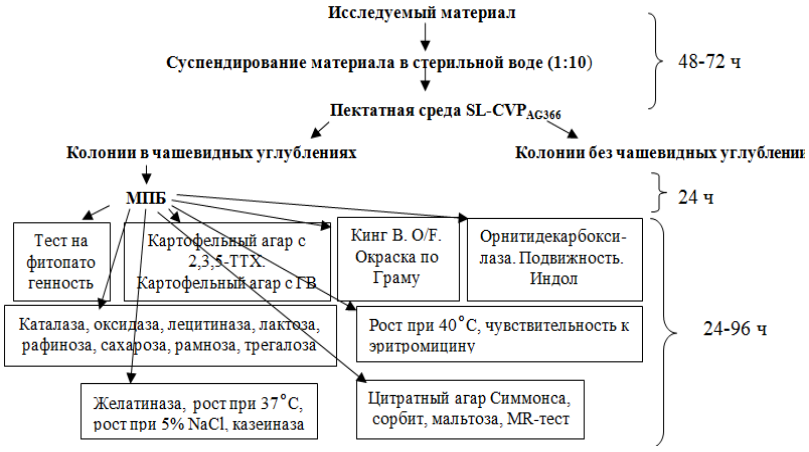


Рисунок 1 – Схема выделения и бактериологической идентификации фитопатогенных бактерий *Pectobacterium carotovorum spp. carotovorum*, составленная на основании полученных результатов исследований

Выводы

Представлена авторская схема выделения и бактериологической идентификации фитопатогенных бактерий *Pectobacterium carotovorum spp. carotovorum*. Из 123 проб объектов фитосанитарного надзора и окружающей среды на основании разработанной бактериологической схемы идентификации бактерий *Pectobacterium carotovorum spp. carotovorum* выделено 14 штаммов. Полученные результаты исследований по изучению биологических свойств не расходятся с данными референс-штаммов.

Установлено, что в течение 168 часов, применяя разработанную схему, на основании 27 тестов можно типировать вышеназванные бактерии.

Исследования проводили в соответствии с тематическим планом научно-исследовательских работ, выполненных ФГБОУ «ВО Ульяновский ГАУ» по заданию МСХ РФ в 2018 г.

Литература

1. Buttimer C., McAuliffe O., Ross R. P., Hill C., Jim O., Coffey A. Bacteriophages and bacterial plant diseases // Frontiers in microbiology. 2018. Vol. 8. P. 34.
2. Лазарев А. М. Перечень научных литературных источников по исследованию бактериозов растений и биологических свойств их возбудителей. Санкт- Петербург: ВИР, 2019. 28 с.
3. Li X., Ma Y., Liang S., Tian Y., Yin S., Xie S., Xie H. Comparative genomics of 84 *Pectobacterium* genomes reveals the variations related to a pathogenic lifestyle // BMC genomics. 2018. Vol. 19. P. 889.
4. Charkowski A. O. Biology and control of *Pectobacterium* in potato // American Journal of Potato Research. 2015. Vol. 92. No. 2. P. 223–229.
5. Yasuhara-Bell J., Marrero G., Arif M., de Silva A., Alvarez A. M. Development of a loop-mediated isothermal amplification assay for the detection of *Dickeya* spp. // Phytopathology. 2017. Vol. 107. No. 11. P. 1339–1345.
6. Charkowski A. O. The changing face of bacterial soft-rot diseases // Annual review of phytopathology. 2018. Vol. 56. P. 269–288.
7. Bellieny-Rabelo D., Tanui C. K., Miguel N., Kwenda S., Shyntum D. Y., Moleleki L. N. Transcriptome and comparative genomics analyses reveal new functional insights on key determinants of pathogenesis and interbacterial competition in *Pectobacterium* and *Dickeya spp.* // Appl. Environ. Microbiol. 2019. Vol. 85. No. 2. Art. No. e02050-18. DOI: 10.1128/AEM.02050-18.
8. Lim J. A., Heu S., Park J., Roh E. Genomic characterization of bacteriophage vB_PcaP_PP2 infecting *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, a new member of a proposed genus in the subfamily Autographivirinae // Archives of virology. 2017. Vol. 162. No. 8. P. 2441–2444.
9. Фальковская У. В. Сидоренко А. В., Новик Г. И. Генетическая характеристика фитопатогенных бактерий из фонда Белорусской коллекций непатогенных микроорганизмов // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Биотехнология: реальность и перспективы». Саратов: Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова, 2014. С. 81–85.
10. Hauben L., Moore E. R., Vauterin L., Steenackers M., Mergaert J., Verdonck L., Swings J. Phylogenetic position of phytopathogens within the *Enterobacteriaceae* // Syst. Appl. Microbiol. 1998. Vol. 3. P. 384–397.
11. Gardan L., Cecile G., Christen R., Samson R. Elevation of three subspecies of *Pectobacterium carotovorum* to species level: *Pectobacterium atrosepticum* sp. nov., *Pectobacterium betavasculorum* sp. nov. and *Pectobacterium wasabiae* sp. nov. // International J. of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2003. Vol. 53. P. 381–391.
12. Иванюк В. Г., Ерчик В. М., Райко А. М. Бактериальные гнили клубней картофеля при хранении // Сборник научных трудов конференции «Сельское хозяйство – проблемы и перспективы». Т. 4. Ч. 1. Гродно: Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Учреждение Образования «Гродненский государственный аграрный университет», 2005. С. 287–290.
13. Ерохова М. Д. «Черная ножка» и бактериальная мягкая гниль картофеля: факты и новейшие сведения // Защита картофеля. 2016. № 2. С. 31–33.
14. Комар Е. И., Шавель М. И. Штаммы *Pectobacterium*, вызывающие гнили картофеля в Беларуси // Сборник работ 70-ой научной конференции студентов и аспирантов Белорусского государственного университета. Ч. 1. Минск: Белорусский государственный университет, 2013. С. 21–25.

[Электронный ресурс]. Режим доступа: http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/95088/1/21-25.pdf (дата обращения 01.12.2019).

15. Черпаков В. В. Этиология бактериальной водянки древесных растений // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2017. № 220. С. 125–139.

16. Рязанцев Д. Ю., Абрамов Д. Д., Завриев С. К. Диагностика карантинных фитопатогенов методом ПЦР в формате flash // Сельскохозяйственная биология. 2009. № 3. С.14–17.

17. Карлов А. Н. Диагностика черной ножки картофеля, вызываемой бактериями рода *Dickeya* и генетический полиморфизм штаммов возбудителей. Автореф. дисс. … канд. биол. наук. М.: Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2011. 22 с.

18. Скобляков С. А., Дементей А. Ю., Мямин В. Е, Песнякевич А. Г. Направленная инактивация детерминант потенциальных факторов патогенности *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://lomonosovmsu.Ru/archive/Lomonosov_2007/02/skobliakov sergey@mail.ru.doc.pdf (дата обращения 03.07.2019).

19. Мастиленко А. В., Черных А. А., Молофеева Н. И. Васильев Д. А. Изучение культуральных свойств бактерий *Erwinia herbicola* // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения». Ульяновск: Ульяновский ГАУ, 2013. С. 203–205.

20. Whitman W. B. Bergey's manual of systematics of Archaea and Bacteria. Iss. 410. Hoboken, NJ: Wiley, 2015. P. 1–24.

21. Лабинская А. С., Блинкова Л. П., Ещина А. С. Общая и санитарная микробиология с техникой микробиологических исследовании. М.: Медицина, 2004. 576 с.

22. Bradbury J. F. Guide to plant pathogenic bacteria. Wallingford, UK: CABI, 1986. 99 p.

23. Бельтюкова К. И., Матышевская М. С., Куликовская М. Д., Сидоренко С. С. Методы исследования возбудителей бактериальных болезней растений. К.: Наукова думка, 1968. 316 с.

24. Perombelon M. C. M., Van Der Wolf J. M. Methods for the detection and quantification of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* (*Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum*) on potatoes: a laboratory manual // Scottish crop research institute annual report. 2002. Vol. 10. P. 17–22.

25. Желдакова Р. А., Мямин В. Е. Фитопатогенные микроорганизмы. Минск: БГУ, 2006. 88 с.

References

1. Buttimer C., McAuliffe O., Ross R.P., Hill C., Jim O., Coffey A. Bacteriophages and bacterial plant diseases // Frontiers in microbiology. 2018. Vol. 8. P. 34.

2. Lazarev A. M. List of literary information on the study of bacterioses of plants and of the biological properties of their pathogens. Saint-Petersburg, VIR, 2019. 28 p.

3. Li X., Ma Y., Liang S., Tian Y., Yin S., Xie S., Xie H. Comparative genomics of 84 *Pectobacterium* genomes reveals the variations related to a pathogenic lifestyle // BMC genomics. 2018. Vol. 19. P. 889.

4. Charkowski A. O. Biology and control of *Pectobacterium* in potato // American Journal of Potato Research. 2015. Vol. 92. No. 2. P. 223–229.

5. Yasuhara-Bell J., Marrero G., Arif M., de Silva A., Alvarez A. M. Development of a loop-mediated isothermal amplification assay for the detection of *Dickeya* spp. // Phytopathology. 2017. Vol. 107. No. 11. P. 1339–1345.

6. Charkowski A. O. The changing face of bacterial soft-rot diseases // Annual review of phytopathology. 2018. Vol. 56. P. 269–288.

7. Bellieny-Rabelo D., Tanui C. K., Miguel N., Kwenda S., Shyntum D. Y., Moleleki L. N. Transcriptome and comparative genomics analyses reveal new functional insights on key determinants of pathogenesis and interbacterial competition in *Pectobacterium* and *Dickeya spp.* // Appl. Environ. Microbiol. 2019. Vol. 85. No. 2. Art. No. e02050-18. DOI: 10.1128/AEM.02050-18.

8. Lim J. A., Heu S., Park J., Roh E. Genomic characterization of bacteriophage vB_PcaP_PP2 infecting *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, a new member of a proposed genus in the subfamily Autographivirinae // Archives of virology. 2017. Vol. 162. No. 8. P. 2441–2444.

9. Falkovskaya U. V. Sidorenko A. V., Novik G. I. Genetic characteristics of phytopathogenic bacteria from the collection of the Belarusian collections of non-pathogenic microorganisms // Proceedings of the International scientific-practical conference "Biotechnology: reality and prospects". Saratov: Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov. 2014. P. 81–85.

10. Hauben L., Moore E. R., Vauterin L., Steenackers M., Mergaert J., Verdonck L., Swings J. Phylogenetic position of phytopathogens within the *Enterobacteriaceae* // Syst. Appl. Microbiol. 1998. Vol. 3. P. 384–397.

11. Gardan L., Cecile G., Christen R., Samson R. Elevation of three subspecies of *Pectobacterium carotovorum* to species level: *Pectobacterium atrosepticum* sp. nov., *Pectobacterium betavasculorum* sp. nov.

and *Pectobacterium wasabiae* sp. nov. // International J. of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2003. Vol. 53. P. 381–391.

12. Ivanyuk V. G., Yerchik V. M., Raiko A. M. Bacterial rot of potato tubers during storage // Proceedings of conference "Agriculture - Problems and Prospects". Vol. 4. Part 1. Grodno: Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus, Grodno State Agrarian University. 2005. P. 287–290.

13. Erokhova M. D. "Black leg" and bacterial soft rot of potatoes: facts and the latest information // Zashchita kartofelya. 2016. No. 2. P. 31–33.

14. Komar E. I., Shavel M. I. *Pectobacterium* strains causing rot of potatoes in Belarus // Proceedings of the 70th scientific conference of undergraduate and graduate students of Belarusian State University. Part 1. Minsk: Belarusian State University, 2013. P. 21–25. [Electronic resource]. Access point: http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/95088/1/21-25.pdf (reference's date 01.12.2019).

15. Cherpakov V. V. Etiology of bacterial dropsy of woody plants // Proceedings of the Saint Petersburg forestry Academy. 2017. No. 220. P. 125–139.

16. Ryazantsev D. Yu., Abramov D. D., Zavriev S. K. Diagnosis of quarantine phytopathogens by the PCR method in the flash format // Sel'skokhozyaistvennaya Biologia [Agricultural Biology]. 2009. No. 3. P. 114–117.

17. Karlov A. N. Diagnostics of the black leg of potatoes caused by bacteria of the genus *Dickeya* and genetic polymorphism of pathogen strains. Author's abstract diss. … Cand. Sc. (Biol.). Moscow: Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2011. 22 p.

18. Skoblyakov S. A., DementeyA. Yu., Myamin V. E., Pesnyakevich A. G. Targeted inactivation of the determinants of potential pathogenicity factors *Erwinia carotovora subsp. atroseptica*. [Electronic resource]. Access point: https://lomonosovmsu.Ru/archive/ Lomonosov_2007/02/skobliakovsergey@mail.ru. doc.pdf (reference's date 03.07.2019).

19. Mastilenko A. V., Chernykh A. A., Molofeeva N. I., Vasiliev D. A. Study of the cultural properties of *Erwinia herbicola* bacteria // Proceedings of the international scientific and practical conference "Agricultural science and education at the present stage of development: experience, problems and solutions". Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, 2013. P. 203–205.

20. Whitman W. B. Bergey's manual of systematics of Archaea and Bacteria. Hoboken, NJ: Wiley, 2015. T. 410. P. 1–24.

21. Labinskaya A. S., Blinkova L. P., Yeshchina A. S. General and sanitary microbiology with the technique of microbiological research. Moscow: Meditsina, 2004. 576 p.

22. Bradbury J. F. Guide to plant pathogenic bacteria. Wallingford, UK: CABI, 1986. 99 p.

23. Beltyukova K. I., Matyshevskaya M. S., Kulikovskaya M. D., Sidorenko S. S. Research methods for pathogens of bacterial diseases of plants. Kiev: Naukova Dumka, 1968. 316 p.

24. Perombelon M. C. M., Van Der Wolf J. M. Methods for the detection and quantification of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* (*Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum*) on potatoes: a laboratory manual // Scottish crop research institute annual report. 2002. Vol. 10. P. 17–22.

25. Zheldakova R. A., Myamin V. E. Phytopathogenic microorganisms. Minsk: BSU, 2006. 88 p.

UDC 579.22

Ryskaliyeva B. Zh., Vasilyev D. A., Feoktistova N. A., Lyashenko E. A.

DEVELOPMENT AND TESTING OF THE BACTERIOLOGICAL SCHEME OF IDENTIFICATION OF BACTERIA *PECTOBACTERIUM CAROTOVORUM*

Summary. *Bacteria Pectobacterium carotovorum are optional pathogens, strains of which cause diseases of various plant species and, therefore, large economic losses. The purpose of the research was to develop a bacteriological scheme for isolating phytopathogenic bacteria Pectobacterium carotovorum from the objects of phytosanitary surveillance and identification. The experimental work was carried out at the FSBEI HE "Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin" in 2017–2019. Data presented in the reference book "Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria" were used as test components of the developed identification algorithm. We studied biological properties of bacteria of the species Pectobacterium carotovorum by classical methods. Reference strains Pectobacterium carotovorum B-3455 obtained from the All-Russian Collection of Microorganisms and Pectobacterium carotovorum 333 from the collection of the museum of the Research Institute of Microbiology of the Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin were model microorganisms for the*

selecting research parameters and bacteriological tests. Soil samples, water from open reservoirs, waste water, plant residues with signs of soft rot damage were used in our studies. From 123 samples of phytosanitary surveillance objects and the environment, we identified 14 strains that were assigned to Pectobacterium carotovorum spp. carotovorum. Obtained research results basically do not differ from the data of reference strains. Based on the developed bacteriological scheme of identification of bacteria Pectobacterium carotovorum spp. carotovorum, including 27 indicators, we isolated 14 strains typed as Pectobacterium carotovorum spp. carotovorum. It was found that within 168 hours, using the developed scheme for the isolation and bacteriological identification of bacteria Pectobacterium carotovorum spp. carotovorum, it is possible to type the abovementioned bacteria on the basis of 27 tests. However, the duration and material consumption of studies do not allow us to argue that this method is effective for routine research.

***Keywords**: Pectobacterium carotovorum, bacteriological scheme, symptom, test, identification, bacteria, sampling.*

Рыскалиева Балдай Жанайдаровна, аспирант кафедры «Микробиология, вирусология, эпизоотология и ветеринарно-санитарная экспертиза» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина»; 432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; e-mail: bryskalieva@mail.ru.

Васильев Дмитрий Аркадьевич, доктор биологических наук, профессор заведующий кафедрой «Микробиология, вирусология, эпизоотология и ветеринарно-санитарная экспертиза»; ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина»; 432017; e-mail: dav_ul@mail.ru.

Феоктистова Наталья Александровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Микробиология, вирусология, эпизоотология и ветеринарно-санитарная экспертиза» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина»; 432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец; e-mail: feokna@yandex.ru.

Ляшенко Елена Анатольевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Микробиология, вирусология, эпизоотология и ветеринарно-санитарная экспертиза» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина»; 432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец; e-mail: elena-l18@mail.ru.

Ryskaliyeva Balday Zhanaydarovna, graduate student of the Department of microbiology, virology, epizootology and veterinary sanitary expertise, Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin; 1, Novy Venets boulevard, Ulyanovsk, 432017; e-mail: bryskalieva@mail.ru.

Vasilyev Dmitry Arkadievich, Dr. Sc. (Biol.), Professor of the Department of microbiology, virology, epizootology and veterinary sanitary expertise, Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin; 1, Novy Venets boulevard, Ulyanovsk, 432017; e-mail: dav_ul@mail.ru.

Feoktistova Natalya Aleksandrovna, Cand. Sc. (Biol.), associate professor of the Department of microbiology, virology, epizootology and veterinary sanitary expertise, Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin; 1, Novy Venets boulevard, Ulyanovsk, 432017; e-mail: feokna@yandex.ru.

Lyashenko Elena Anatolyevna, Cand. Sc. (Biol.), associate professor of the Department of microbiology, virology, epizootology and veterinary sanitary expertise, Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin; 1, Novy Venets boulevard, Ulyanovsk, 432017; e-mail: elena-l18@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 15.02.2020.
Дата принятия к печати – 30.05.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-143-149
УДК 633.16 «324»:631.526.32

Соколенко Н. И., Комаров Н. М.

НОВЫЙ СОРТ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ ШТОРМ

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»

Реферат. *Почвенно-климатические условия южных регионов России в целом благоприятны для возделывания ячменя. Однако превосходство озимого ячменя по урожайности зерна над яровым, особенно в засушливые годы, делает его более востребованным в Ставропольском крае и определяет актуальность создания новых урожайных сортов, адаптированных к условиям выращивания. Цель исследований – оценка нового сорта озимого ячменя Шторм по признакам, обеспечивающим его высокую урожайность, адаптивность к условиям неустойчивого увлажнения и дефициту почвенной и атмосферной влаги. Сорт Шторм создан в ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» методом многократного индивидуального отбора из гибридной популяции, полученной от скрещивания сортов-двуручек Тамань и Ларец. В 2020 г. он внесен в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ, с рекомендацией к возделыванию по Северо-Кавказскому региону. По влагообеспеченности зона исследований относится к зоне неустойчивого увлажнения, сумма эффективных температур за год составляет 3177,2 °С, количество осадков – 559,6 мм, ГТК – 1,06. Оценку сорта проводили в конкурсном сортоиспытании в 2012–2015 гг. по Методике государственного сортоиспытания. Опыт закладывали сеялкой по чистому пару с нормой высева 4 млн всхожих семян/га. В качестве стандарта использовали сорт ячменя Хуторок. Шторм – сорт-двуручка, разновидность pallidum, среднеспелый, созревает одновременно со стандартом Хуторок, характеризуется интенсивным весенним отрастанием, высота растений 105–115 см. Зимостойкость и морозостойкость нового сорта – на уровне стандарта, засухоустойчивость – выше, чем у стандарта. Шторм устойчив к полеганию, ломкости колоса, осыпанию и прорастанию зерна на корню. Отличается высокой устойчивостью к мучнистой росе, пыльной головне, ринхоспориозу (поражение не более 3 %) и относительной устойчивостью к сетчатой пятнистости, карликовой ржавчине (поражение до 15 %). Сорт высокоурожайный, относится к сортам интенсивного типа с потенциальной урожайностью зерна до 12 т/га. За годы конкурсного сортоиспытания превзошел стандарт по сбору зерна на 0,71 т/га, содержит 11,4–11,6 % белка в зерне, предназначается на фуражные цели.*

Ключевые слова: *озимый ячмень (Hordeum vulgare L.), сорт, урожайность, зерно, признак, засухоустойчивость.*

Введение

В Ставропольском крае озимый ячмень является второй по важности зерновой культурой после озимой мягкой пшеницы. Площади посева озимого ячменя в крае во всех типах хозяйств в 2016–2018 гг. в среднем составили 177,4 тыс. га, а средняя урожайность зерна в эти же годы – 4,1 т/га. Наибольшие площади занимали такие сорта как Достойный, Эспада (ставропольская селекция), Хуторок и Кондрат (краснодарская селекция) [1].

Зерно ячменя отличается высокой питательной ценностью: содержит белки, жиры, углеводы, крахмал, клетчатку, ферменты, витамины, минеральные вещества и другие компоненты [2–4]. Особенности химического состава зерна ячменя позволяют использовать его на корм животным, в пищевой и пивоваренной промышленности [5–8] и в народной медицине [9].

Социально-экономические потребности в увеличении производства зерна определяют актуальность создания и внедрения в производство новых высокоурожайных сортов ячменя более адаптированных к условиям выращивания, и которые позволяют без дополнительных затрат увеличить сбор зерна на 10–30 %, по сравнению с возделываемыми генотипами.

Цель исследований – оценка нового сорта озимого ячменя Шторм по признакам, обеспечивающим его высокую урожайность, адаптивность к условиям неустойчивого увлажнения и дефициту почвенной и атмосферной влаги.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2012–2015 гг. в селекционном севообороте лаборатории отдаленной гибридизации ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ».

Почва севооборота представлена чернозёмом обыкновенным, в пахотном слое которого содержится 4,3–4,5 % гумуса (ГОСТ 26213-91 [10]), 0,22 % общего азота (ГОСТ 26107-84 [11]), 19–22 мг/кг подвижного фосфора (ГОСТ 26205-91 [12]), 200–220 мг/кг обменного калия (ГОСТ 26210-91 [13]); реакция среды – pH=7,2–7,3 (ГОСТ 27753.3-88 [14]); сумма обменных оснований – 35,2 мг-экв./100 г почвы (ГОСТ 27821-88 [15]).

В ходе работы провели оценку нового сорта озимого ячменя Шторм оригинальной селекции, который включен в «Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ» в 2020 г.

Климат зоны проведения исследований умеренно-континентальный. Средние значения многолетних показателей составляют: эффективных температур за год – 3177,2 °С, осадков – 559,6 мм и ГТК = 1,06. В годы проведения исследований отмечены отклонения от средних многолетних значений по условиям тепло- и влагообеспеченности [16]. В частности, в 2012 г. среднемесячная температура периода вегетации была на 0,38 °С ниже из-за отрицательных температур в октябре, январе и особенно в феврале. В 2013–2015 гг. она была, наоборот, выше среднемноголетних данных на 0,66; 0,66 и 0,42 °С соответственно. В 2014 г. отмечены поздневесенние заморозки. По влагообеспеченности зона исследований относится к зоне неустойчивого увлажнения. В течение вегетационного периода озимых зерновых осадки распределены по месяцам неравномерно, и основное их количество выпадает в весенне-летний период (апрель–июнь). По многолетним данным этот период избыточно-влажный, ГТК составляет 1,41. В 2012 г. он был засушливым (ГТК = 0,89), в 2015 г. – умеренно-влажным (ГТК = 1,24), в 2013 и 2014 гг. – избыточно-влажным (ГТК = 1,44 и 1,90 соответственно).

Оценку сорта по основным биологическим и хозяйственным признакам проводили по Методике государственного сортоиспытания [17], устойчивость к болезням – на естественном фоне по Рекомендациям ФГНУ «Росинформагротех» [18]. Питомник конкурсного сортоиспытания закладывали в четырехкратной повторности сеялкой «ZÜRN D62-SE» по чистому пару, с нормой высева 4 млн всхожих семян/га. Расположение делянок систематическое, учетная площадь делянки – 10 м^2. В качестве стандарта использовали сорт ячменя Хуторок, как и в государственном сортоиспытании в Ставропольском крае. Уборку осуществляли селекционным комбайном «ZÜRN 150». Полученные данные анализировали методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [19] с использованием надстройки AgCStat для Excel.

Результаты и их обсуждение

Сорт Шторм создан в результате многократного индивидуального отбора из гибридной популяции, полученной в результате внутривидовой гибридизации между двумя сортами-двуручками Тамань и Ларец.

Апробационные признаки. Разновидность *pallidum*. Сорт Шторм характеризуется шестирядным, цилиндрическим, рыхлым колосом короткой или средней длины, со слабым восковым налетом или без него, расположенным

горизонтально. Колос остистый, ости зазубренные, длиннее колоса. Кончики остей со средней или слабой антоциановой окраской. Изгиб первого короткого или среднего сегмента колосового стержня отсутствует или очень слабый. Колосковая чешуя с остью у среднего колоска длиннее зерновки. Основная щетинка зерновки длинная, брюшная бороздка без опушения, имеется пленчатость. Нервы наружной цветковой чешуи со слабой антоциановой окраской, внутренние боковые нервы наружной цветковой чешуи характеризуются сильной зазубренностью. Лодикулы расположены фронтально, крупное зерно удлиненной формы желтой окраски имеет белый алейроновый слой. В фазе кущения у растений промежуточный тип куста. Высота растения составляет 105–115 см. Листовые влагалища нижних листьев сорта не опушены и имеют очень слабый или слабый восковой налет. Ушки флагового листа сорта Шторм не имеют антоциановой окраски. Растения с наклоненным флаговым листом встречаются редко.

Биологические и хозяйственные особенности. Шторм – сорт-двуручка, среднеспелый, созревает одновременно со стандартом Хуторок, характеризуется интенсивным весенним отрастанием (таблица 1).

Таблица 1 – Биологические и хозяйственные свойства сорта ячменя Шторм (среднее за 2012–2014 гг.)

Признак	Шторм	Хуторок (St.)
Вегетационный период, дней	245–255	245–255
Высота растения, см	105–115	90–105
Устойчивость против полегания, балл	4	4
Кустистость продуктивная, шт.	1,8–1,9	1,4–1,9
Натура зерна, г	683–731	627–676
Масса 1000 зерен, г	40,3–48,0	37,3–47,6
Зерен в колосе, шт.	40,2–52,9	33,7–50,5
Белка в зерне, %	11,4–11,6	10,7–12,0
Вымолачиваемость зерна, балл	5	5
Осыпаемость, балл	5	5
Ломкость колоса, балл	5	5
Устойчивость к прорастанию на корню, балл	4	4
Зимостойкость, балл	4–5	4–5
Морозостойкость, % (t = −12 ºС)	35	32
Устойчивость к засухе, балл	4–5	4
Поражение болезнями на естественном фоне:		
пыльная головня, %	0,0–0,1	0,5–0,9
карликовая ржавчина, %	5–10	15
ринхоспориоз, %*	0–3	0–1
темно-бурая пятнистость, %*	5–20	3–5
сетчатая пятнистость, %*	3–10	1–15
мучнистая роса, %*	0–3	15–40

Примечание. ** данные за 2014–2015 гг.*

Сорт высокоурожайный, содержание белка в зерне составляет 11,4–11,6 %. Обладает высокой гомеостатичностью, относится к сортам интенсивного типа [20]. Зимостойкость и морозостойкость сорта – на уровне стандарта, засухоустойчивость – выше, чем у стандарта. Шторм устойчив к полеганию, ломкости колоса, осыпанию и прорастанию зерна на корню. Отличается высокой устойчивостью к мучнистой росе, пыльной головне, ринхоспориозу (степень развития болезни не более 3 %) и относительной устойчивостью к сетчатой пятнистости, карликовой ржавчине (степень развития болезни до 15 %).

Урожайность зерна. По результатам межстанционного сортоиспытания 2018 г. сорт Шторм обладает потенциальной урожайностью зерна до 12 т/га. В этом

питомнике он показал лучшую урожайность зерна. Средний сбор зерна в конкурсном сортоиспытании составил 6,91 т/га, что на 0,71 т/га выше, чем у стандарта Хуторок (таблица 2). Превосходство над стандартом складывается благодаря большей продуктивной кустистости, количеству зерен в колосе, массе 1000 зерен и степени засухоустойчивости, что подтверждается данными изучения структуры урожая. Значения продуктивной кустистости, количества зерен в колосе и массы 1000 зерен у сорта Шторм в опыте были выше, чем у стандарта, на 0,2 шт., 3,7 шт. и 2,4 г соответственно. В условиях засухи 2012 г. сорт Шторм сформировал урожайность 6,53 т/га, что на 0,60 т/га выше, чем у стандарта. Из элементов структуры урожая наиболее уязвимым показателем в этих условиях оказалась масса 1000 зерен. У сорта Шторм она составила 40,3 г, превысив стандарт на 3,0 г, тогда как в условиях более благоприятного 2013 г. с хорошей влагообеспеченностью оба сорта формировали зерно практически с одинаковой массой 1000 зерен – 48,0 и 47,6 г соответственно. Результаты глазомерной оценки состояния растений в период вегетации также показали более высокую устойчивость нового сорта к засухе, в сравнении со стандартом. У сорта Шторм оценка устойчивости к засухе составила 4–5 баллов, у стандарта Хуторок – 4 балла.

Устойчивость сорта Шторм к ряду грибных болезней (мучнистая роса, пыльная головня, ринхоспориоз, сетчатая пятнистость, карликовая ржавчина) также вносит вклад в урожай зерна. Избыточное увлажнение весенне-летнего периода 2014 г. привело к развитию многих грибных болезней особенно мучнистой росы, к которой стандарт Хуторок проявил абсолютную неустойчивость (степень поражения 40 %), тогда как новый сорт показал высокую устойчивость к этому заболеванию (степень поражения 3 %). В этих условиях урожайность сорта Шторм составила 6,85 т/га зерна, что на 0,87 т/га выше, чем у стандарта Хуторок.

Таблица 2 – Урожайность сорта Шторм в конкурсном сортоиспытании, т/га

Сорт	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Среднее
Шторм	6,53	7,34	6,85	6,91
Хуторок	5,93	6,68	5,98	6,20
$НСР_{05}$	0,39	0,41	0,29	

В государственном сортоиспытании лучшие результаты по урожайности, в сравнении со стандартом, в среднем за два года (2017–2018 гг.) отмечены в засушливой зоне на Арзгирском сортоучастке (6,56 т/га) и в зоне неустойчивого увлажнения на Красногвардейском сортоучастке (8,39 т/га) Ставропольского края [1]. Превышение над стандартом составило 0,66 т/га и 0,34 т/га соответственно.

Выводы

Новый сорт озимого ячменя Шторм (разновидность *pallidum*) относится к среднеспелым сортам интенсивного типа с потенциальной урожайностью зерна до 12 т/га. Сорт обладает комплексом ценных признаков, которые обеспечивают высокую урожайность и превосходство по сбору зерна над стандартом Хуторок на 0,60–0,87 т/га в разные по погодным условиям годы.

Сорт характеризуется интенсивным весенним отрастанием. Отличается высокой засухоустойчивостью, в условиях засухи 2012 г. прибавка к стандарту в конкурсном сортоиспытании у сорта Шторм составила 0,60 т/га. Новый сорт Шторм отличается высокой устойчивостью к мучнистой росе, пыльной головне, ринхоспориозу – степень развития болезней не более 3 %, и относительной устойчивостью к сетчатой пятнистости, карликовой ржавчине – степень развития болезней до 15 %.

Сорт Шторм содержит 11,4–11,6 % белка в зерне и предназначается на фуражные цели. Рекомендуется преимущественно для непаровых предшественников с нормой высева 4 млн всхожих семян/га, представляет интерес для возделывания и

как сорт-двуручка. Агротехника – типичная для ячменя в зонах выращивания и предшественника.

Литература

1. Дубина В. В., Батагова Е. А., Мазницына 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. Мартьянова А. И. Качество и питательная ценность зерна разных культур // Зерновые культуры. 2000. № 6. С. 28–31.
3. Филиппов Е. Г., Донцова А. А. Селекция озимого ячменя. Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2014. 208 с.
4. Herziga P., Backhausb A., Seiffertb U., Wirenc N., Pillena K., Maurera A. Genetic dissection of grain elements predicted by hyperspectral imaging associated with yield-related traits in a wild barley NAM population // Plant Science. 2019. Vol. 285. P. 151–154.
5. Ерешко А. С., Хронюк В. Б., Репко Н. В. Состояние и перспективы производства ячменя в Российской Федерации // Вестник аграрной науки Дона. 2012. № 3 (19). С. 57–61.
6. Грязнов А. А. Ячмень Карабалыкский (корм, крупа, пиво). Кустанай: Кустанайский печатный двор, 1996. 446 с.
7. Felizardo M. P., Freire J. T. Characterization of barley grains in different levels of pearling process // Journal of Food Engineering. 2018. Vol. 232. P. 29–35.
8. Шевцов В. М., Васюков П. П., Левштанов С. А., Филиппов Е. Г., Матвиевская Н. И. Перспективы получения солодовенного зерна на юге Российской Федерации // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2004. № 3. С. 3–6.
9. Смирнова Э. Ю. Целебные злаки. М.: РИПОЛ классик, 2014. 192 с.
10. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1993. 8 с.
11. ГОСТ 26107-84. Почвы. Методы определения общего азота. М.: Издательство стандартов, 1984. 11 с.
12. 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.
13. ГОСТ 26210-91. Почвы. Определение обменного калия по методу Масловой. М.: Издательство стандартов, 1992. 4 с.
14. ГОСТ 27753.10-88. Грунты тепличные. Метод определения органического вещества. М.: Издательство стандартов, 1988. 11 с.
15. ГОСТ 27821-88. Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. М.: Издательство стандартов, 1988. 10 с.
16. Антонов С. А. Изменение агроклиматического районирования территории Ставропольского края для повышения продуктивности агроландшафтов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (71). С. 8–11.
17. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. I // Под ред. Федина М. А. М.: Колос, 1985. 270 с.
18. Фитосанитарная экспертиза зерновых культур. (Болезни растений): рекомендации // Под общ. ред. Санина С. С. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2002. 140 с.
19. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Пятое издание, переработанное и дополненное. М.: Альянс, 2014. 351 с.
20. 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. Results of the Gossortset of the Stavropol Territory work for 2018. Recommendation for production. Stavropol: News Bureau, 2018. 72 p.
2. Martyanova A. I. Quality and nutritional value of grains of different cultures // Grain crop. 2000. No. 6. P. 28–31.
3. Filippov E. G., Dontsova A. A. Winter barley breeding. Rostov-on-Don: “Kniga ZAO” (Close Joint-stock Company), 2014. 208 p.
4. Herziga P., Backhausb A., Seiffertb U., Wirenc N., Pillena K., Maurera A. Genetic dissection of grain elements predicted by hyperspectral imaging associated with yield-related traits in a wild barley NAM population // Plant Science. 2019. Vol. 285. P. 151–154.

5. Ereshko A. S., Khronyuk V. B., Repko N. V. State and prospects of barley production in the Russian Federation // Don agrarian science bulletin. 2012. No. 3 (19). P. 57–61.
6. Gryaznov A. A. Karabalykskiy barley (feed, cereals, beer). Kustanay: Kustanajskiy pechatny dvor, 1996. 446 p.
7. Felizardo M. P., Freire J. T. Characterization of barley grains in different levels of pearling process // Journal of Food Engineering. 2018. Vol. 232. P. 29–35.
8. Shevtsov V. M., Vasyukov P. P., Levshtanov S. A., Filippov E. G., Matviyevskaya N. I. Prospects of producing malt raw stuff in the Southern Federal district of the Russian Federation // Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2004. No. 3. P. 3–6.
9. Smirnova E. Yu. Healing cereals. Moscow: RIPOL classic, 2014. 192 p.
10. GOST 26213-91. Soils. Methods for determination of organic matter. Moscow: USSR Standardization and Metrology Committee, 1993. 8 p.
11. GOST 26107-84. Soils. Methods for determination of total nitrogen. Moscow: Standards publishing, 1984. 11 p.
12. 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.
13. GOST 26210-91. Soils. Determination of exchangeable potassium by Maslova method. Moscow: Standards publishing, 1992. 4 p.
14. GOST 27753.10-88. Greenhouse grounds. Method for determination of organic matter. Moscow: Standards publishing, 1988. 11 p.
15. GOST 27821-88. Soils. Determination of base absorption sum by Kappen method. Moscow: Standards publishing, 1988. 10 p.
16. Antonov S. A. Changing the agroclimatic system of regionalization in Stavropol Region to improve the productivity of agrolandscapes // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2018. No. 3 (71). P. 8–11.
17. Methodology of State Variety Testing of agricultural crops. Issue I // Ed. by Fedin M. A. Moscow: Kolos, 1985. 270 p.
18. Phytosanitary examination of grain crops. (Plant diseases): Recommendations // Gen. ed. by Sanin S. S. Moscow: FSSI “Rosinformagrotekh”, 2002. 140 p.
19. Dospekhov B. A. Method of field research (with the basics of statistical processing of research results). 5th edition, revised and add. Moscow: Alliance, 2014. 351 p.
20. Sokolenko N. I., Komarov N. M. Evaluation of homeostasis 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 633.16 «324»:631.526.32

Sokolenko N. I., Komarov N. M.

‘SHTORM’ – NEW VARIETY OF WINTER BARLEY

Summary. *Soil and climatic conditions in the southern regions of Russia are generally favorable for barley cultivation. However, the superiority of winter barley in grain yield over spring one, especially in dry years, makes it more popular in the Stavropol Region and determines the relevance of creating new varieties adapted to growing conditions. The purpose of this research was to evaluate a new variety of winter barley ‘Shtorm’ according to the characteristics that ensure its high yield, adaptability to conditions of unstable moisture and deficiency of soil and atmospheric moisture. This variety was developed in FSBSI “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre” by the multiple individual selections from a hybrid population obtained from crossing two alternate varieties ‘Taman’ and ‘Larets’. In 2020, winter barley ‘Shtorm’ was included in the State Register of breeding achievements of the Russian Federation, with a recommendation for cultivation in the North Caucasus Region. In terms of moisture content, the research area is classified as a zone of unstable humidification. The sum of effective temperatures for the year is 3177.2 °C; the amount of precipitation is 559.6 mm; the Selyaninov Hydrothermal Coefficient (HTC) is 1.06. In 2012–2015, this variety of winter barley was evaluated in a competitive variety testing according to the Methodology of State Variety Testing. The experiment was laid by a seeder ZÜRN D62-SE on bare fallow with a seeding rate of 4 million germinating grains per hectare. Barley variety ‘Khutorok’ was used as a standard. ‘Shtorm’ – alternate, mid-season barley of the variety pallidum that*

ripens simultaneously with the standard and is characterized by intensive spring growth. The height of the plant is 105–115 cm. Hardiness and frost resistance of the variety is on the level of standard one; drought tolerance is higher than standard. 'Shtorm' is resistant to lodging, ear breakage, shedding and germination of grain on the root. Variety is highly resistant to powdery mildew, covered smut of barley, rhynchosporium (no more than 3 % were affected) and relatively resistant to net blotch and dwarf rust (only 15 % of barley plants were affected). This is a high-yield variety that belongs to the intensive type with a potential grain yield of up to 12 t/ha. Over the years of competitive variety testing, it exceeded the standard in grain yield by 0.71 t/ha; the amount of protein in grain – 11.4–11.6 %. The variety is suitable for feed purposes.

Keywords: *Hordeum vulgare L., winter barley, variety, yield, grain, sign, drought resistance.*

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 – 23.03.2020.
Дата принятия к печати – 20.05.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-150-168
УДК 631.51.01(100)

Турин Е. Н.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ПРЯМОГО ПОСЕВА В МИРЕ (ОБЗОР)

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. *Глобальный спрос на сельскохозяйственные культуры растет и может продолжать расти в течение десятилетий, стимулируемый ростом мирового населения. Для того, чтобы сельское хозяйство удовлетворило этот спрос на продовольствие, но при этом оставалось природоохранным, необходимо достичь системного понимания взаимосвязей между биофизическими процессами, деятельностью человека и социально-экономическими целями. В этом отношении технология прямого посева (no-till, система земледелия без обработки почвы, нулевая обработка почвы) в мире вызывает все больший интерес, и площади земель под новой системой ежегодно увеличиваются примерно на 6 млн га. В Российской Федерации площади возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы по разным оценкам составляют от 1,5 до 2,0 млн га. В свете растущей поддержки no-till в качестве инструмента для решения глобальных целей продовольственной безопасности и устойчивости развития растениеводства, нами предпринята попытка обобщить имеющийся современный научный материал, поэтому целью данного обзора стало выявление преимуществ и недостатков новой системы земледелия. Описаны ряд положительных (экологических, экономических и других) и отрицательных сторон системы земледелия прямого посева в мире. Определены основные три принципа системы нулевой обработки почвы: минимальное нарушение почвенного покрова, сохранение растительных остатков и применение адаптированного плодосмена (севооборот в традиционной технологии). Приведены данные о влиянии прямого посева на урожайность сельскохозяйственных культур в различных странах. Показано, что no-till является наукоемким, и, несмотря на большое количество работ, посвященных технологии без обработки почвы, необходимо ориентироваться на научные данные, полученные в конкретном регионе с определенным биоклиматическим потенциалом.*

Ключевые слова: *прямой посев, система земледелия, no-till, обработка почвы, нулевая система.*

Более 99,7 % пищи человека поступает из земной среды и менее 0,3 % – из океанов и других водных экосистем. Во всем мире из общей площади 13 млрд га земли в процентном отношении используются: под пашней – 11 %; пастбищами – 27 %; лесом – 32 %; городами – 9 %; другое – 21 %. Остальные, 21 %, в основном не подходят для выращивания сельскохозяйственных культур из-за слишком бедной почвы или климата. Таким образом, наиболее подходящую для производства продукции почву уже используют [1].

В то же время, население продолжает расти высокими темпами – сегодняшнее количество людей в мире в два раза больше, чем в 1960 г., и, по прогнозам, увеличится еще до девяти миллиардов к 2050 г. [2–3].

Вместе с тем, сельское хозяйство оказывает серьезное воздействие на окружающую среду: освоение новых земель и фрагментация среды обитания угрожают биоразнообразию [4], обработка почвы способствует проявлению таких нежелательных явлений, как ветровая и водная эрозия [5], а в долгосрочной перспективе – снижению запасов гумуса и ухудшению физических свойств почвы,

необдуманное внесение удобрений может повлечь за собой не только экономические затраты, но и нанести вред морским, пресноводным и наземным экосистемам [6].

Кроме того, параллельно стоит вопрос о снижении затрат на получаемую продукцию. По мнению как отечественных [7–8], так и зарубежных исследователей [3, 9–10], традиционная система земледелия часто характеризуется высокими темпами потребления энергии ископаемого топлива, чрезмерным использованием питательных веществ, деградацией почвы. Однако глобальный (мировой) императив сформулирован в следующем – «производить больше с меньшими затратами».

Для достижения этой цели человечество стало выдвигать различные стратегии, одной из которых стала эколого-энергосберегающая малозатратная технология возделывания сельскохозяйственных культур, именуемая системой земледелия прямого посева (no-till, нулевая технология, технология без обработки почвы).

Вопросы по использованию технологии прямого посева в отдельных странах были в основном раскрыты в обзорах американских [11–12], европейских [13], бразильских [14] ученых, а также исследователей из Пакистана, Омана [15] и Австралии [16]. Но, несмотря на значительное количество статей, так или иначе затрагивающие новую систему земледелия в России, найдены только две обзорные статьи отечественных ученых, посвященных более узким вопросам – функциональной роли азота при традиционной технологии обработки и прямом посеве [17], и возможности посева озимой пшеницы в необработанную почву [18].

В свете растущей поддержки no-till в качестве инструмента для решения глобальных целей продовольственной безопасности и устойчивости развития растениеводства, нами предпринята попытка обобщить имеющийся современный научный материал, поэтому **целью данного обзора** стало выявление преимуществ и недостатков новой системы земледелия.

Подсчитано, что в 1999 г. количество земли под no-till в мире составляло 45 млн га, в 2009 г. – 111 млн га, в 2015 – более 125 млн га, а в 2017 г. – более 150 млн га и продолжает увеличиваться, примерно на 6 млн га ежегодно [19–21]. Главным образом, расширение площадей происходит за счет земель в Северной и Южной Америках, Австралии и, в настоящее время, no-till занимает 10 % мировых сельскохозяйственных угодий. Почти в каждой стране мира эта система земледелия в том или ином виде заинтересовала фермеров и научных исследователей [22]. В Российской Федерации площадь возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы по разным оценкам составляет от 1,5 до 2 млн га [23].

Идея технологии прямого посева появилась в 1871 г. у Ивана Овсинского, и именно он начинал первые опыты по возделыванию сельскохозяйственных культур без вспашки [24]. Теоретические концепции, напоминающие современные принципы no-till, разработаны Эдвардом Фолкнером в 1945 г. и освящены в его известной книге «Безумие Пахаря» [22] и Масанобу Фукуока в 1975 г. в работе «Революция одной соломинки» [25].

Эрозия почвы и пыльные бури в 30-х гг. прошлого столетия заставили задуматься ученых США, Австралии и Канады над сохранением почвенного плодородия, и решиться проводить посев непосредственно в пожнивные остатки прошлогодних культур. В начале 1970-х гг. земледелие без обработки почвы достигло Бразилии, где фермеры с помощью ученых трансформировали эту технологию в систему, которая сегодня называется no-till [22]. Похожую технологию в 1970-х гг. начали внедрять одновременно в Западной Африке, о чем свидетельствуют научные работы того времени [26–28].

Тем не менее, прошло 20 лет, прежде чем no-till достиг широкого распространения в Южной Америке и других странах [22]. За это время сельскохозяйственная техника совершенствовалась, а агрономический опыт фермеров

вырос. По мнению Friedrich T. с соавторами, этот процесс схож с творчеством или искусством, но постоянно нужно совершенствоваться [22].

Термины no-till (NT) или zero-till (ZT) (иногда встречающиеся в иностранной литературе), прямой посев или посев в необрабатываемую почву, используют взаимозаменяемо, хотя в Австралии ZT означает посев дисковым ножом, а NT – узким ножом шириной 12–15 мм.

В настоящее время прямой посев применяют фермеры из Арктического круга (Финляндия), в тропиках (Кения, Уганда), примерно до 50° южной широты (Мальвинские, Фолклендские острова) [20, 29]. В нескольких странах мира (например, в Боливии, Колумбии) no-till используют на землях до 3000 м над уровнем моря. Задействованы и страны с крайне засушливыми условиями с осадками до 250 мм в год (например, Западная Австралия, Северный Китай), и с избыточным их количеством – до 2000 мм в год (Бразилия) и даже 3000 мм в год (Чили). No-till практикуют на легких почвах Австралии, и на тяжелых заплывающих в Бразилии.

Довольно широко посев в необрабатываемую почву распространен в Аргентине. Еще в начале 90-х гг. фермеры стали активно развивать это направление и с тех пор движение идет в экспоненциальном темпе. Ежегодно от 60 до 80 % посевных площадей основных пампийских сельскохозяйственных культур ведут под no-till.

В научной статье ученых из разных стран говорится о том, что «…Все культуры могут быть произведены надлежащим образом в системе без обработки почвы, и, как известно авторам, еще не найдено ни одной культуры, которую бы не выращивали и не производили в рамках этой системы, включая корнеплодные и клубнеплодные культуры…» [20]. Все это свидетельствует о широких возможностях и большой практической значимости системы земледелия.

Несмотря на то, что в России прямой посев распространен меньше, популярность его год от года возрастает, особенно среди фермерских хозяйств. Так, технология прямого посева, используемая ООО «Вирт» (Алтайский край), позволила успешно культивировать яровую и озимую пшеницу (занимают 20 и 14 % в структуре посевных площадей), яровой рапс (11 %), гречиху (15 %), овес, ячмень, зернобобовые и кукурузу (до 8 %) [30].

В ООО «Камышеватское» (Краснодарский край), применяя no-till на 7 тыс. га, ежегодно получают высокие и стабильные урожаи зерновых и пропашных культур [31]. В частности, расчет биологической урожайности озимой пшеницы показал возможность получения до 60 ц/га зерна этой культуры.

ООО «Добровольное» и ООО СХП «Урожайное» Ипатовского района Ставропольского края вышли в лидеры по урожайности озимой пшеницы, кукурузы и подсолнечника, благодаря применению нулевого посева [32].

Производственная практика предприятий ООО «Донская Нива» (Ростовская область), ООО ИПА «Отбор» (Прохладненский район Кабардино-Балкарской Республики), занимающихся no-till, также показала перспективность выбранной системы земледелия [33–35].

Иностранные исследователи считают, что корни происхождения системы земледелия прямого посева закладывались в большей степени фермерами, чем научным сообществом [22, 36]. Фермеры, как правило, экспериментируют на небольших площадях и только тогда, когда они полностью убедятся в преимуществах новой технологии, принимают ее на остальной площади. Как правило, они ограничены в ресурсах и не всегда готовы привнести инвестиции (в первую очередь, это касается покупки сельскохозяйственных машин и орудий), особенно если их хозяйство узкоспециализированное. Кроме того, часто сельхозтоваропроизводитель ищет существенные, видимые и немедленные выгоды, при рассмотрении вопроса о принятии практики no-till. Однако, многие преимущества использования этой новой

системы реализуются только в долгосрочной перспективе. Но, тем не менее, во всех этих случаях именно опыт фермеров был основным инструментом генерирования и распространения знаний.

Несомненно, при освоении прямого посева важную роль должны играть результаты научно-исследовательских институтов, позволяющие не просто констатировать преимущества данной технологии, но и обосновывать те или иные процессы и механизмы, происходящие с почвой и растениями. Такие исследования в России сегодня активно ведут и есть уже определенные результаты в ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» и ГНУ «Ставропольский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», ФНБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», в Академии биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского» и других.

Так, по сообщению Дридигера В. К. с соавторами, в условиях Ставропольского края на черноземе обыкновенном урожайность пшеницы озимой по прямому посеву была выше, чем по традиционной технологии на 0,89–0,91 т/га (20,3–20,9 %), в то время, как на черноземе выщелочном напротив – на 0,75–1,47 т/га (23,4–34,0 %) ниже [37]. Выращивание этой же культуры с применением минеральных удобрений в опытах, проводимых ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», приводило к увеличению полевой всхожести по обеим технологиям, тем не менее, благодаря лучшей обеспеченности продуктивной влагой по прямому посеву эффективность внесения удобрений была выше [38].

По данным Гайдученко А. Н. с соавторами выращивание сои по системе прямого сева в сравнении с традиционным выращиванием позволило повысить содержание гумуса в почве на 0,27 %, снизить распространение болезней, в частности корневых гнилей на 4,9 %, уменьшить себестоимость продукции на 10 % [39].

В опытах Турина Е. Н. с соавторами технология no-till, по которой возделывали лен масличный, сорго и озимый ячмень в условиях Крыма, имела преимущество перед традиционной системой по показателю доступной влаги в метровом слое почвы [40]. Урожайность зерна сорго, полученной по традиционной технологии, в среднем составила 1,51 т/га, что на 0,08 т/га выше, чем по no-till, однако уровень рентабельности, напротив, был выше по прямому посеву (на 8 %) и составил 124 %.

В статье крымских ученых названы основные три принципа внедрения нулевой обработки почвы: минимальное нарушение почвенного покрова, сохранение растительных остатков и применение адаптированного севооборота [41], то есть, вмешательства в почву, такие как механическая обработка почвы, сведены к абсолютному минимуму или их избегают, а внешние факторы, такие как применение агрохимикатов и питательных веществ для растений минерального или органического происхождения, применяют оптимально, способами и в количествах, которые не препятствуют биологическим процессам или не нарушают их.

Вышеназванные принципы известны во всем мире. Они все чаще признаются в качестве важнейших для устойчивого развития сельского хозяйства и принимаются учеными и сельхозпроизводителями занимающимися прямым посевом как догма.

Земледелие при таких условиях выполняет эколого-защитные функции, способствует увеличению содержания в почве органического вещества и улучшению его физических свойств; уменьшается ветровая и водная эрозия, повышается биологическая активность почвы и ее влагоудерживающая способность [42–45]. Тем не менее, все авторы подчеркивают, что всего этого можно добиться в долгосрочной перспективе.

Растительные остатки являются важной особенностью при прямом посеве. Разработка методов эффективного использования этого огромного ресурса является

серьезной задачей. Неправильное использование растительных остатков (например, удаление с поля, сжигание или заделывание в почву) может способствовать ускоренной эрозии почвы, истощению плодородия, загрязнению окружающей среды (путем сжигания) [43]. Мульчирование растительными остатками ограничивает испарение почвенной влаги, тем самым увеличивая инфильтрацию и доступность ее для растений. Кроме того, разложение растительных остатков, удерживаемых на поверхности почвы, влияет на круговорот питательных веществ и их доступность для культуры, а сама мульча способствуют снижению зараженности сорняками и, по некоторым данным, повышению биологической активности почв. Конечно, стоит учесть, что существует определенная конкуренция в использовании растительных остатков между производством энергии, кормов для скота и для выполнения ею агроэкологических функций.

Проведенный систематический обзор таких агроэкологических функций растительного покрова и ряд исследований по данному вопросу иностранными учеными показал общее положительное влияние увеличения количества растительных остатков, оставляемых в поле в качестве мульчи [46–48]. Установлено, что для снижения испарения почвенной влаги примерно на 30 % необходимо иметь не менее 8 т/га растительных остатков, а на обилие почвенной мезо- и макрофауны количество оставляемых поверхностных остатков практически не влияет.

Адаптивный плодосмен образует центральную опору системы земледелия прямого посева. Правильно подобранный набор культур способствует уменьшению сорного компонента на полях, постепенно снижая потребность в гербицидах, оптимизирует использование растениями питательных веществ и влаги [44].

Некоторые исследователи подчеркивают необходимость использования бобовых культур в системе no-till [45]. Наиболее распространенными бобовыми культурами, используемыми при нулевой обработке в мире, по сообщению Mapfumo P. с соавторами, являются горох (*Pisum sativum* L.), арахис культурный (*Arachis hypogaea* L.), вигна (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) и фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L.) [49]. Как правило, эти культуры имеют преимущество перед другими, поскольку обеспечивают больший экономический эффект. Тем не менее, если нет готового рынка для сбыта продукции, фермеры, как правило, выращивают зерновые бобовые только на небольшой части своей земли, и этого, конечно, не достаточно, чтобы обеспечить ротацию по всей ферме. В качестве примера исследователи приводят фермы в Зимбабве, где основной севооборот «арахис-кукуруза-кукуруза», показал, что фактическая площадь, засеянная земляным орехом, составляла менее 5 % от площади посевных площадей. Повышение процента бобовых увеличивало урожай практически вдвое.

В поддержании и улучшении качества почв большую роль играет почвенная биота. Поэтому все ученые определяют биоразнообразие почв как корень устойчивого сельского хозяйства, а почвенную биоту считают ключевым компонентом стратегии обеспечения устойчивости сельского хозяйства.

Почвенные сообщества необычайно разнообразны. Почва содержит четверть биоразнообразия планеты и поддерживает, прямо или косвенно, высокую долю остального. Почвенные биологические сообщества включают организмы почти всех основных таксономических групп, встречающихся в наземных экосистемах. А сами почвенные организмы составляют до 25 % от 1,5 млн живых видов, описанных во всем мире, размеры которых от 3 мкм (для бактерий) до более 15 см для дождевых червей [50].

Беспахотное земледелие активизирует эту почвенную биоту, а появление грибов арбускулярной микоризы и дождевых червей предполагает повышенную способность no-till поддерживать круговорот питательных веществ в почвах [51].

Иногда в иностранной литературе даже встречается высказывание, что «no-till положительно влияет на «здоровье» почвы, улучшая ее физические и химические свойства» [52–53].

Косолап М. П. с соавтором считают, что численность дождевых червей до определенной меры является индикатором плодородия почвы [51]. Положительное их действие на почву, по мнению авторов, проявляется в следующем: измельчение и быстрое разложение растительных остатков, улучшение стабильности почвенных агрегатов, благодаря «склеиванию» частиц почвы, увеличение пористости (образуют устойчивые биопоры).

Положительный эффект сокращения обработки почвы на популяцию дождевых червей в традиционном сельском хозяйстве неоднократно описывали. Из 183 биологических показателей состояния почвы именно наличие дождевых червей являются основным [54].

В исследованиях английских ученых Briones Maria Jesus I. с соавтором, показано, что из 13 видов дождевых червей наиболее остро реагировал на обработку почвы *Lumbricus terrestris* [53]. При переходе на прямой посев количество представителей этого вида в почве увеличивалось на 124 %. Ученые называют дождевых червей «плугами природы» и считают их индикаторами состояния и «здоровья» почв.

Исследования, проведенные Дридигером В. К. с соавторами в Ставропольском крае по изучению влияния прямого посева и традиционной системы земледелия на количество дождевых червей, показали, что в среднем в севообороте с no-till находилось 33,1 экз./м^2 дождевых червей с живой массой 8,5 г, а в севообороте по традиционной системе – 3,0 экз./м^2 с живой массой 0,9 г [55]. На основании трех лет исследований сделан вывод об увеличении популяции дождевых червей в почве при использовании прямого посева.

Важно отметить, что возделывание сельскохозяйственных культур по no-till снижает затраты на обработку почвы и, соответственно, повышает рентабельность, что часто объясняется снижением потребления энергии и труда по сравнению с обычными системами [41, 56, 57]. Экономические выгоды в сочетании с уменьшением эрозии почв, по мнению Derpsch R. с соавторами, являются основной причиной перехода фермеров на нулевую обработку [20].

Среди других положительных сторон системы no-till иностранные авторы отмечают сокращение выбросов парниковых газов и уменьшение загрязнения подземных вод [58, 59]. В настоящее время сельское хозяйство обеспечивает примерно 30 % от общего объема выбросов парниковых газов, таких как CO_2, N_2O и CH_4. В новой парадигме устойчивого производства продуктов питания признана необходимость рентабельного сельского хозяйства, которое, в то же время, сохраняет и окружающую среду (за счет сокращения выбросов и содействия связыванию углерода в почвах).

Наряду с преимуществами система земледелия прямого посева, по мнению некоторых ученых и практиков, имеет ряд недостатков. Так, Павлов С. А. с соавтором в своем обзоре приводят ряд недостатков системы земледелия без обработки почвы, которые необходимо знать: это повышение плотности почвы в первые годы внедрения no-till; отказ от механической обработки почвы может привести к увеличению численности мышевидных грызунов, а также обязательна предварительная подготовка почвы при переходе на эту технологию [18].

Ranaivoson L. с соавторами акцентирует внимание на то, что не все фермеры согласны оставлять растительные остатки в поле, поскольку более выгодно ими кормить скот или производить этанол (после кукурузы), соответственно, один из основных принципов прямого посева – сохранение растительных остатков выпадает

из системы и полученные результаты уже будут совсем иными [46]. Кроме того, увеличение количества остатков (соломы) может усложнить проведение качественного сева, что является недостатком технологии no-till.

В то же время, дождевые черви, которых при прямом посеве намного больше в сравнении с традиционной технологией, могут приносить и вред, который состоит в уменьшении количества растительных остатков на поверхности почвы, что оставляет его незащищенным (это касается полей из-под культур, которые оставляют малое их количество); открытые ходы на поверхности могут увеличить испарение влаги; существует определенная угроза, что черви могут ускорить движение гербицидов и других загрязнителей по своим ходам в подземные воды, а это может привести к их загрязнению. Тем не менее, по мнению исследователей, польза от червей превышает их возможный вред [51].

С точки зрения влияния no-till на урожайность культур, не существует консенсуса относительно того, сохраняется ли урожайность или можно ожидать ее повышения или снижения [60, 61]. Имеются данные, что урожайность можно увеличить даже в условиях ограниченного водоснабжения [62, 63]. А масличные, бобовые культуры и хлопок во многих опытах и производственных посевах с no-till вообще не снижали своей продуктивности по сравнению с традиционной системой земледелия, что отражено в работах Alvarez R. и Steinbach H. S. (соя на аргентинских пампасах) [64], Ogle S. M. с соавторами, [66], Toliver D. K. с соавторами [66, 67]. Сам факт, что урожайность бобовых, масличных и хлопчатника поддерживается в режиме no-till, является важным открытием, учитывая популярность этих культур во всем мире.

За последние 40 лет опубликовано много работ, связанных с изучением влияния систем обработки почвы на урожайность сельскохозяйственных культур, большинство которых относится к Северному полушарию. Анализ публикаций Alvarez R. и Steinbach H. S. показал, что применение no-till оказывает незначительное влияние на урожайность культур на хорошо дренированных почвах при внесении азотных удобрений в Канаде, Китае и США, а лучшие результаты получены, как правило, в более засушливых районах [64]. На основании многолетних экспериментов исследователи делают вывод, что влияние систем обработки почвы на урожайность зависит от рассматриваемой культуры и севооборота, почвенно-климатических условий, а также элементов технологии, таких как срок сева, применение удобрений и выбора сорта. Исследователи делают важное заключение, что ощутимое увеличение урожайности сельскохозяйственных культур, полученное в последние десятилетия в пампасах Аргентины, связано не с массовым внедрением no-till, а с применением этой технологии на основе грамотного применения удобрений, генетических достижений и других улучшений стратегий управления.

В своем мета-анализе по влиянию системы земледелия прямого посева на урожайность 50 различных сельскохозяйственных культур (кукурузы, пшеницы, ячменя, проса, овса, ржи, сорго, тритикале, люцерны, фасоли, нута, клевера, земляного ореха, чечевицы, люпина, гороха, арахиса, сои, хлопка, льна, горчицы, сафлора, подсолнечника, риса и других) с использованием 678 исследований Cameron M. Pittelkow с соавторами установил, что в среднем, прямой посев по сравнению с традиционной системой, снижает урожайность на 5,1 % [68]. Среди зерновых культур отрицательное воздействие no-till на урожайность было наименьшим для пшеницы (–2,6 %), а наибольшим – для риса (–7,5 %) и кукурузы (–7,6 %). Урожайность в первые несколько лет после введения no-till на поле снижалась по всем культурам, кроме масличных и хлопчатника, но через 3–10 лет уже соответствовала урожайности, полученной по традиционной системе (за исключением кукурузы и пшеницы во влажном климате).

Другой пример по влиянию систем земледелия на урожайность кукурузы приводят ученые Biamah E. K. с соавторами [69]. По их данным, в сельскохозяйственном секторе Зимбабве уже в 90-е гг. стали широко применять систему прямого посева, и урожайность зерна кукурузы в нормальные по влагообеспеченности и в засушливые годы была, как правило, выше по no-till, а в годы с повышенным количеством осадков, напротив, выигрывала традиционная система.

Однако большинство авторов все-таки склоняются к мнению, что кукуруза, по сравнению с другими культурами, в наибольшей степени реагирует на прямой посев снижением продуктивности [70–72]. Как правило, это объясняют ограниченным ростом корней из-за уплотнения почвы и дефицитом питательных веществ.

С другой стороны, Lal R. сообщил о двух исследованиях, где через восемь лет применения прямого посева стали получать стабильно большие урожаи зерна кукурузы, чем при системе на основе плуга [73]. Этот и другие примеры привели авторов к выводу, что внедрение системы земледелия без обработки почвы может привести к получению преимуществ в долгосрочной перспективе, а в краткосрочной (почти до 10 лет) возможны потери урожайности.

Ken E. Giller с соавторами в своем обзоре приводит группу факторов (кратко- и долгосрочных), определяющих положительные или отрицательные реакции урожайности сельскохозяйственных культур при возделывании их по прямому посеву [74]. Так, к положительным краткосрочным они отнесли увеличение водообеспеченности почвы (уменьшение испарения, уменьшение стока воды, увеличение инфильтрации) и снижение колебаний температуры почвы, а к долгосрочным – уменьшение эрозии почвы, увеличение органического вещества, улучшение агрегатного состояния. И более того, есть мнение, что чем дольше работает фермер по системе no-till, тем более позитивными будут эффекты от этой системы [68]. Предполагается, что в регионах с недостаточным количеством влаги развивается цикл положительной обратной связи, когда сохранение почвенной влаги увеличивает производство биомассы, в свою очередь, увеличивая покрытие почвой растительными остатками и уменьшая ее расход на испарение.

К отрицательным краткосрочным факторам исследователи зачислили плохое прорастание семян растений, повышенное количество сорняков, возникновение заболеваний, заболачивание (на слабо дренированных почвах), а к долгосрочным – возможное уплотнение почвы, кислотность, а также проявление аллелопатии [34].

Patrick C. Wall считает сорные растения «ахиллесовой пятой» no-till [75]. Поскольку борьба с сорняками часто трудоемка и дорогостояща, в первые годы использование гербицидов по прямому посеву будет больше, чем при обычной обработке почвы. Исследователь считает, что затраты на средства защиты растений являются основными в статьях расходов при прямом посеве.

Ряд обзоров показывает, что внедрение системы земледелия без обработки почвы может снизить урожайность культур из-за более холодной температуры почвы, ее уплотнения, измененным требованиям к плодородию почвы, которые могут привести к дефициту питательных веществ [65–67].

Это утверждение согласуется с выводами Hristovska T. с соавторами, которые подсчитали, что при принятии решения фермеров работать по системе no-till необходимо планировать расходы на гербициды до 25 % выше, чем при применении традиционной системы [76]. В тоже время, меньший расход топлива при системе земледелия прямого посева может нивелировать данную ситуацию.

С другой стороны, некоторые сторонники нулевой технологии утверждают, что при хорошей мульче или покрытии почвы сельскохозяйственными культурами, будет меньше сорняков. Ken E. Giller с соавторами называют такие сообщения бездоказательными [74]. По их мнению, только в долгосрочной перспективе с

постоянным использованием гербицидов и постепенной очисткой полей от сорняков возможно снижение засоренности.

В целом, снижение урожайности сельскохозяйственных культур при выращивании по системе no-till в среднем на 5 %, о котором сообщает Cameron M. с соавторами [68], заставляет задуматься ученых в глобальном масштабе, и ставит под сомнение перспективность системы земледелия прямого посева. В то же время, исследователи подчеркивают важную положительную сторону прямого посева – его экономическую составляющую, из-за возможности снижения затрат, и, в первую очередь, экономии ископаемого топлива, запасы которого на планете ограничены.

Такое суждение говорит о том, что результаты работы фермера по системе no-till должны быть оценены не только количественно (по урожайности), а по ряду других – агрономических, экономических и экологических факторов. И более того, по мнению Leeuwis C. нельзя автоматически предполагать, что прямой посев принесет пользу фермеру и сельскому образу жизни потому, что «показана выгода на определенном участке» [77]. Пригодность и принятие этой новой технологии в одном месте, как, например, в Южной Америке (в Аргентине), не означает, что она непременно и в таком же виде будет принята в других странах. Технологию прямого посева можно рассматривать только как успешную инновацию, которая, скорее всего, распространится спонтанно, когда будет полностью внедрена в местный социальный и экономический культурный контекст [68].

Эти высказывания перекликаются с выводами Erenstein O. [78] и Kronen M. [79], которые утверждают, что не существует универсальных переменных для системы земледелия прямого посева – в любом случае, для каждой страны, для каждого региона эта система должна быть адаптирована.

Friedrich T. С соавторами считают, что на сегодняшний день основными причинами принятия системы no-till теми или иными странами являются: 1) повышение рентабельности сельскохозяйственного производства (снижение затрат на технику и топливо, экономия времени на операциях, которые позволяют развивать другие сельскохозяйственные и не сельскохозяйственные дополнительные виды деятельности); 2) гибкие технические возможности для посева, внесения удобрений и борьбы с сорняками; 3) стабильность получаемого урожая (как долгосрочный эффект); 4) защита почвы от водной и ветровой эрозии; 5) улучшение водного режима для засушливых регионов [22]. Эту систему начали интерпретировать для многолетних культур, таких как оливки, орехи и виноград, когда между их рядами используют культуры без обработки почвы.

Плуг стал символом сельского хозяйства и многим, включая фермеров, исследователей, преподавателей университетов и политиков трудно признать, что сельское хозяйство возможно без обработки почвы [56]. Поэтому у системы no-till есть не только свои сторонники, но и ярые противники.

Сторонники прямого посева неизменно подчеркивают его многочисленные преимущества, в то время как оппоненты акцентируют внимание на недостатках [57]. Вот как высказываются в своей статье Erenstein O. с соавторами по этому поводу: «Мы не сомневаемся в том, что земледелие возможно без обработки почвы, но, когда мы спрашиваем других людей – ученых и фермеров, является ли прямой посев лучшим подходом, чем традиционная система, реакции часто носят оборонительный характер. Нам кажется, что мы берем на себя роль еретика – язычника или неверующего, который осмеливается подвергать сомнению доктрину устоявшегося взгляда…» [56].

При внедрении прямого посева возникает масса вопросов – начиная от выбора сеялки и набора культур, который часто зависит от конъюнктуры (цен) рынка, использования покровных культур и многого другого. И, по мнению Белоброва В. П. с

соавторами, именно противоречивые научные результаты, полученные разными методами, являются одним из «камней преткновения» и ответом на вопрос – почему же no-till все еще широко не распространен в России [80].

Изучение новой системы в зоне рискованного земледелия Республики Крым, где выпадает недостаточное количество осадков и возделывают ограниченное количество культур, по мнению крымских ученых, весьма актуально [81]. Площади земель под no-till в Крыму в 2020 г. уже составили 52,2 тыс. га и продолжают неуклонно расти. Положительный опыт применения технологии прямого посева имеют агропредприятия Крыма: ООО «Обрий», ООО «Лобаново-Агро (Джанкойский район), ООО «Таврия-семена», КФХ «Агропростор», ЗАО «Фрегат», КФХ «Деметра», ООО «Альянс» (Советский район), ИП «Складонюк» (Бахчисарайский район), ПП «Феникс-плюс», ЧСП «Деметра», СПК «Днепр» (Красногвардейский район), ООО «Осавиахим», КФХ «Агро Вера» (Красноперекопский район), ООО «Крымская Нива» (Ленинский район), ООО «Юг-Рис» (Нижнегорский район), ФХ «Новое», ООО СПК «Агротехнология» Первомайский район, ООО «Алтей-А» (Раздольненский район), ФХ «Успех», ФХ «Драгми», ФХ «Сахалин» (Сакский район), ФХ «Флореаль», СК «Нива-Агро», ООО «Антей» (Симферопольский район), ООО «Сезам-Агро», ООО «Винал Люкс» (Черноморский район) и другие.

Стоит учесть тот факт, что система no-till в Крыму очень интересна с точки зрения сохранения плодородия почвы. Показано, что на целинном участке в с. Клепинино Красногвардейского района (отделение полевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма») содержание гумуса практически остается неизменным за последние 100 лет и составляет: в слое 0–10 см – 4,54 %, 10–20 – 3,76 %, 20–30 – 3,49 %, а на распаханных полях НИИСХ Крыма – 2,30; 2,28; 2,24 % соответственно [82]. По мнению крымских исследователей, обработка почвы, парование, технологические операции приводят к потерям гумуса. Ослабление почвенных агрегатов путем обработки почвы делает их более мобильными под действием воды и ветра.

Таким образом, в свете растущей поддержки no-till в качестве инструмента для решения глобальных целей в области продовольственной безопасности и устойчивости сельского хозяйства, дальнейшие изыскания являются весьма перспективным направлением. No-till-технология включает в себя не только изменение многих агрономических практик фермера, но и изменение мышления, направленное, чтобы преодолеть одну только мысль – «не использовать плуг».

Прямой посев является наукоемким и успех фермера с системой может зависеть от большого количества определяющих факторов. Внедрение готовой технологии, успешно развиваемой в одних странах (США, Австралия, Аргентина) в другие регионы, скорее всего, приведет к провалу. Поэтому необходимо ориентироваться на конкретный регион, а возможно, только на его отдельную часть, с определенным биоклиматическим потенциалом. Исследователи, работающие в разных странах, предлагают продолжить работу по выявлению причин снижения урожайности, часто наблюдаемых по системе прямого посева, и поиске путей ее предотвращения.

В заключении хотелось бы привести слова Montgomery D. R. который сказал: «…Обзор истории человечества и судьбы человеческих цивилизаций на протяжении тысячелетий развития человечества на Земле показал, что выживание цивилизаций напрямую связано с тем, как они обрабатывали свою почву. Каждый спад цивилизации сопровождался значительными эрозионными явлениями почвы, которые и сегодня могут быть геоморфологически доказаны. Поэтому принятие или неприятие технологии без обработки почвы становится вопросом долгосрочного выживания человеческой цивилизации в том виде, в каком мы понимаем это сегодня. Почва – это

самый основной из всех мировых ресурсов и она является сутью всей земной жизни и культурным наследием…» [83]. У нас есть выбор.

Литература

1. Amela A. Biofuels versus food production: Does biofuels production increase food prices? // Energy. 2011. Vol. 36. Iss. 4. P. 2070–2076. DOI: https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.05.019
2. Perea-Moreno M.-A., Samerón-Manzano E., Perea-Moreno A.-J. Biomass as renewable energy: worldwide research trends // Sustainability. 2019. No. 11 (3). P. 863–870. DOI: 10.3390/su11030863.
3. Foley J. A., Ramankutty N., Brauman K. A., Cassidy E. S., Gerber J. S., Johnston M., Mueller N. D., O'Connell C., Ray D. K., West P. C., Balzer C., Bennett E. M., Carpenter S. R., Hill J., Monfreda C., Polasky S., Rockström J., Sheehan J., Siebert S., Tilman D., Zaks P. M. Solutions for a cultivated planet // Nature. 2011. Vol. 478. Iss. 7369. P. 337–342. DOI: 10.1038/nature10452.
4. Dirzo R., Raven P. H. Global state of biodiversity and loss // Annual review of environment and resources. 2003. Vol. 28. P. 137–167. DOI: 10.1146/annurev.energy.28.050302.105532.
5. Ибатуллина Р. П., Галиев Р. К., Галимзянов М. С., Крошечкина И. Ю. Плодородие почвы: 7 лет с No-till // Селекция, семеноводство и генетика. 2018. № 1 (19). С. 17–21.
6. Hu J. Human alteration of the nitrogen cycle and its impact on the environment // IOP conference series: earth and environmental science. 2018. No. 178. P. 012–030. DOI: 10.1088/1755-1315/178/1/012030.
7. No-till – шаг к идеальному земледелию // Под ред. Батурина В. Киев: Зерно, 2007. 128 с.
8. Жученко А. А., Трухачев В. И. Системы земледелия Ставрополья. Ставрополь: «АГРУС». 2011. 844 с.
9. Godfray H. C. J., Garnett T. Food security and sustainable intensification // Philosophical transactions of the royal society. 2014. Vol. 369. P. 2012–2020. DOI: 10.1098/rstb.2012.0273.
10. Tilman D., Balzer C., Hill J., Befort B. L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture // Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America. 2011. Vol. 108. Iss. 50. P. 20260–20264. DOI: 10.1073/pnas.1116437108.
11. Pittelkowa C. M., Linquist B. A., Lundy M. E., Liang X., van Groenigen K. J., Lee J., van Gestel N., Six J., Venterea R. T., van Kessel C. When does no-till yield more? A global meta-analysis // Field crops research. 2015. Vol. 183. P. 156–168. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.020.
12. Anderson R. L. Integrating a complex rotation with no-till improves weed management in organic farming. A review // Agronomy for sustainable development. 2015. Vol. 25. Iss. 3. P. 967–974. DOI: 10.1007/s13593-015-0292-3.
13. Skaalsveen K., Ingram J., Clarke L. E. The effect of no-till farming on the soil functions of water purification and retention in north-western Europe: a literature review // Soil & Tillage research. 2019. Vol. 189. P. 98–109. DOI: 10.1016/j.still.2019.01.004.
14. De Castro Pias O. H., Tiecher T., Cherubin M. R., Mazurana M., Bayer C. Crop yield responses to sulfur fertilization in Brazilian No-till soils: a systematic review // Revista Brasileira de ciencia do solo. 2019. Vol. 43. P. 018–028. DOI: 10.1590/18069657rbcs20180078.
15. Sanaullah M., Usman M., Wakeel A., Cheema S. A., Ashraf I., Farooq M. Terrestrial ecosystem functioning affected by agricultural management systems: a review // Soil & Tillage research. 2020. Vol. 196. P. 104–112. DOI: 10.1016/j.still.2019.104464.
16. Dang Y. P., Moody P. W., Bell M. J., Seymour N. P., Dalal R. C., Freebairn D. M., Walker S. R. Strategic tillage in no-till farming systems in Australia's northern grains-growing regions: II. Implications for agronomy, soil and environment // Soil & Tillager research. 2015. Vol. 152. P. 115–123. DOI: 10.1016/j.still.2014.12.013.
17. Завалин А. А., Дридигер В. К., Белобров В. П., Юдин С. А. Азот в черноземах при традиционной технологии обработки и прямом посеве (обзор) // Почвоведение. 2018. № 2. С. 1506–1516. DOI: 10.1134/S0032180X18120146.
18. Павлов С. А., Попов А. С. No-till технологическая перспектива повышения продуктивности озимой пшеницы (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2017. № 5 (53). С. 56–60.
19. Hamdy A., Aly A. Conservation agriculture between concept and application // Agrofor international journal. 2016. Vol. 1. Iss. No. 1. P. 202–215. DOI: 10.7251/AGRENG1601202H.
20. Derpsch R., Friedrich T., Kassam A., Hongwen L. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits // International journal of agricultural and biological engineering. 2010. Vol. 3 No. 1. P. 1–25. DOI: 10.3965/j.issn.1934-6344.2010.01.001-025.
21. Кокунова И. В., Котов Е. Г. Технология No-till – важнейшее направление ресурсосбережения в растениеводстве // Инновационная наука. 2017. № 2. С. 39–41.
22. Friedrich T. Kassam A., Derpsch R. Overview of the Global Spread of Conservation Agriculture // Field actions science reports. 2012. Special Iss. 6. P. 1–7. DOI: 10.1080 / 00207233.2018.1494927.

23. Дридигер В. К. Почвозащитная роль технологий возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы // Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской Школы молодых ученых «Инновационные направления в химизации земледелия и сельскохозяйственного производства». Белгород: Белгородский федеральный аграрный научный центр РАН, 2019. С. 299–305.

24. Овсинский И. Е. Новая система земледелия. М., 1911. 288 с.

25. Masanobu F. The revolution of one straw (Introduction to conservation farming) // Ed. by Korn L. Eight impression. Manusa, Goa, India, 2001. 183 p. [Electronic resource]. Access point: https://www.ecologise.in/wp-content/uploads/2015/10/one-straw-revolution1.pdf (reference's date 20.06.2020).

26. Greenland D. J. Bringing the green revolution to the shifting cultivators // Science. 1975. Vol. 190. P. 841–844.

27. Lal R. Role of mulching techniques in tropical soil and water management // IITA technical bulletin. 1975. No. 1. 38 p.

28. Lal R. No tillage effects on soil properties under different crops in western Nigeria // Proceedings of the American mathematical society. 1976. No. 40. P. 762–768.

29. Kassam A. H., Friedrich T., Shaxson F. The spread of conservation agriculture: justification sustainability and uptake // International journal of agricultural sustainability. 2009. Vol. 7. P. 292–320.

30. Беляев В. И. Рациональные параметры технологии No-till и прямого посева при возделывании сельскохозяйственных культур в Алтайском крае // Вестник Алтайской науки. 2005. № 1. С. 7–12.

31. Цирулев А. П. Иксанов М. Р. Лесостепное Заволжье: разработка эффективных ресурсосберегающих агротехнологий // Ресурсосберегающее земледелие. 2009. № 1 (2). С. 17–23.

32. Кулинцев В. В., Дридигер В. К. Эффективность использования пашни и урожайность полевых культур при возделывании по технологии прямого посева // Достижение науки и техники АПК. 2014. № 4. С. 16–18.

33. Минникова Т. В., Мокриков Г. В., Казеев К. Ш., Акименко Ю. В., Колесников С. И. Оценка ферментной активности черноземов Ростовской области под бинарными посевами подсолнечника // Известия ТСХА. 2017. Вып. 6. С. 141–150. DOI 10.26897/0021-342X-2017-6-141-155.

34. Косолап Н. П., Кротинов О. П., Бескид А. П., Курдицкий С. О., Галяс А. В. Выращивание озимой пшеницы в Украине // Аграрный консультант. 2011. № 1. С. 44–46.

35. Князев Р. Каждый должен найти свой путь к No-till // Аграрный консультант. 2011. № 2. С. 31–34.

36. Mutekwa V., Kusangaya S. Contribution of rainwater harvesting technologies to rural livelihoods in Zimbabwe: the case of Ngundu ward in Chivi District // Water SA. 2006. Vol. 32. P. 437–444.

37. Дридигер В. К., Стукалов Р. С., Матвеев А. Г. Влияние типа почвы и ее плотности на урожайность озимой пшеницы, возделываемой по технологии No-till в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Земледелие. 2017. № 2. С. 19–22.

38. Дридигер В. К., Стукалов Р. С. Влияние минеральных удобрений на полевую всхожесть и урожайность озимой пшеницы при возделывании по технологии No-till // Вестник АПК Ставрополья. 2018. № 2 (30). С. 134–137. DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-30-134-137.

39. Гайдученко А. Н., Сюмак А. В., Коротенко Б. А. Экономическая эффективность возделывания сои в зависимости от применяемых технологий // Земледелие. 2017. № 2. С. 23–25.

40. Гонгало А. А., Турин Е. Н., Женченко К. Г. Изучение системы земледелия прямого посева в сравнении с традиционной в условиях Центральной степи Крыма // Материалы III научной конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В. И. Вернадского» в рамках III Фестиваля науки. Симферополь: ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского», 2018. С. 120–125.

41. Турин Е. Н., Женченко К. Г., Гонгало А. А. Выращивание сорго зернового без обработки почвы в сравнении с традиционной технологией в Центральной степи Крыма // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2019. № 17 (180). С. 75–85.

42. Verhulst N., Govaerts B., Verachtert E., Castellanos-Navarrete A., Mezzalama M., Wall P., Deckers J., Sayre K. D. Conservation agriculture, improving soil quality for sustainable production systems? Chapter 7 // Food security and soil quality. USA. CRC Press. Boca Raton FL., 2010. P. 137–208. [Electronic resource]. Access point: https://www.researchgate.net/publication/228914498_7_Conservation_Agriculture_Improving_Soil_Quality_for_Sustainable_Production_Systems (reference's date 09.06.2020).

43. Six J., Feller C., Karolien D., Stephen M. O., de Moraes Sa J. C., Alain A. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils – effects of no-tillage // Agronomie. 2002. Vol. 22. No. 7–8. P. 755–775. DOI: 10.1051/agro:2002043.

44. Hobbs P. R., Sayre K., Gupta R. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture // Philosophical transactions of the royal society British. 2008. Vol. 363. P. 543–555. DOI: 10.1098/rstb.2007.2169.

45. Охрытков В. В. Практика внедрения ресурсосберегающих технологий на основе системы No-till // Материалы международной научно-практической конференции «Ресурсосберегающие технологии в растениеводстве» Нальчик: КБГАУ, 2014. С. 131–138.

46. Ranaivoson L., Naudin K., Affholder F., Rabeharisoa L., Corbeels M. Agro-ecological functions of crop residues under conservation agriculture // Agronomy for sustainable development. 2017. Vol. 37. Iss. 4. P.26–30. DOI: 10.1007/s13593-017-0432-z.

47. Vincent-Caboud L., Casagrande M., David C., Ryan M. R., Silva E. M., Peigne J. Using mulch from cover crops to facilitate organic no-till soybean and maize production. A review // Agronomy for sustainable development. 2019. Vol. 39. Iss. 5. P.45–51. DOI: 10.1007/s13593-019-0590-2.

48. Ghosh S., Das T. K., Sharma D. K., Gupta K. Potential of conservation agriculture for ecosystem services: A review // Indian journal of agricultural science. 2019. Vol. 89. Iss. 10. P. 1572–1579.

49. Mapfumo P., Chikowo R., Giller K. E., Mugendi D. N., Kimetu J. M., Palm C. A., Mutuo P. Closing the Loop: Identifying N sources and minimizing N losses in leguminous cropping systems. Final Project Report to the Rockefeller Foundation. Harare. University of Zimbabwe, 2001. 217 p.

50. Bedano J. C., Domínguez A. Large-scale agricultural management and soil meso- and macrofauna conservation in the Argentine Pampas // Sustainability. 2016. Vol. 8. Iss. 7. No. 653. P. 356–360. DOI: 10.3390/su8070653.

51. Косолап М. П., Кротінов О. П. Система землеробства No-till. Навчальний посібник. Київ: Логос, 2011. 351 с.

52. Sheehy J., Regina K., Alakukku L., Six J. Impact of no-till and reduced tillage on aggregation and aggregate-associated carbon in Northern European agroecosystems // Soil and tillage research. 2015. Vol. 150. P. 107–113. DOI: 10.1016/j.still.2015.01.015.

53. Briones M. J. I., Schmidt O. Conventional tillage decreases the abundance and biomass of earthworms and alters their community structure in a global meta-analysis // Global change biology. 2017. Vol. 23. Iss. 10. P. 4396–4419. DOI: 10.1111/gcb.13744.

54. Ritz K., Black H. I. J., Campbell C. D., Harris J. A., Wood C. Selecting biological indicators for monitoring soils: A framework for balancing scientific and technical opinion to assist policy development // Ecol Indic. 2009 Vol. 9. Iss. 6. P. 1212–1221. DOI: 10.1016/j.ecolind.2009.02.009.

55. Дридигер В. К., Стукалов Р. С., Гаджиумаров Р. Г. Влияние технологии возделывания полевых культур на противоэрозионную устойчивость, популяцию дождевых червей и содержание гумуса в почве // Сборник докладов Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В. В. Докучаева». Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2018. С. 144–148.

56. Erenstein O., Sayre K., Wall P., Hellin J., Dixon J. Conservation agriculture in Maize and Wheat-Based systems in the (Sub) tropics: Lessons from adaptation initiatives in South Asia, Mexico and Southern Africa // Journal of sustainable agriculture. 2012. Vol. 36. Iss. 2. P. 180–206. DOI: 10.1080/10440046.2011.620230.

57. Гассен Д., Гассен Ф. Прямой посев: путь к успеху начинается с первого верного шага // Ресурсосберегающее земледелие. 2012. № 4 (16). С. 7–11.

58. Six J., Ogle S. M., Breidt F. J., Conant R. T., Mosier A. R., Paustian K. The potential to mitigate global warming with no-tillage is only realized when practiced in the long-term // Global change biology. 2004. Vol. 10. P. 155–160. DOI: 10.1111/j.1529-8817.2003.00730.x.

59. Van Kessel C., Venterea R., Six J., Adviento-Borbe M., Linquist B. A., Van Groenigen K. J. Climate, duration and N placement determine N_2O emissions in reduced tillage systems: a meta-analysis // Global change biology. 2013. Vol. 19 P. 33–44 DOI: 10.1111/j.1365-2486.2012.02779.x.

60. Brouder S. M., Macpherson H. G. The impact of conservation agriculture on smallholder agricultural yields: A scoping review of the evidence // Agriculture, ecosystems and environment. 2014. Vol. 187. P. 11–32. DOI: 10.1016/j.agee.2013.08.010.

61. Giller K. E., Witter E., Corbeels M., Tittonell P. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: the heretics' view // Field crops research. 2009. Vol. 114. P. 24–34. DOI: 10.1016/j.fcr.2009.06.017.

62. Farooq M., Flower K. C., Jabran K., Wahid A., Siddique K. H. M. Crop yield and weed management in conservation agriculture // Field crops Research. 2011. Vol. 117. P. 172–183. DOI:10.1016/j.still.2011.10.001.

63. Rusinamhodzi L., Corbeels M., Van Wijk M., Rufinio M. C., Nyamangara J., Giller K. E. A meta-analysis of long-term effects of conservation agriculture practices on maize yields under rain-fed conditions // Agronomy for sustainable development. 2011. Vol. 31. P. 657–673.

64. Alvarez R., Steinbach H. S. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crop yield in the Argentine Pampas // Soil & Tillage research. 2009. Vol. 104. P. 1–15. DOI: 10.1016/j.still.2009.02.005.

65. Ogle S. M., Swan A., Paustian K. No-till management impacts on crop productivity, Carbon input and soil carbon sequestration // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2012. Vol. 149. P. 37–49. DOI: 10.1016/j.agee.2011.12.010.

66. Toliver D. K., Larson J. A., Roberts R. K., English B. C., De La Torre Ugarte D. G., West T. O. Effects of no-till on yields as influenced by crop and environmental factors // Agronomy journal. 2012. Vol. 104. Iss. 2. P. 530–541. DOI: 10.2134/agronj2011.0291.

67. Van den Putte A., Govers G., Diels J., Gillijns K., Demuzerea M. Assessing the effect of soil tillage on crop growth: a meta-regression analysis on European crop yields under conservation agriculture // European journal of agronomy. 2010. Vol. 33. P. 231–241.

68. Pittelkowa C. M., Linquist B. A., Lundy M. E., Liang X., Van Groenigen K. J., Lee J., Van Gestel N., Six J., Rodney Venterea T., Van Kessel C. When does no-till yield more? A global meta-analysis // Field crops research. 2015. Vol. 183. P. 156–168. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.07.020.

69. Biamah E. K., Gichuki F. N., Kaumbutho P. G. Tillage methods and soil and water conservation in eastern Africa /// Soil & Tillage research. 1993. Vol. 27. P. 105–123.

70. Van den Putte A., Govers G., Diels J., Langhans C., Clymans W., Vanuytrecht E., Merckx R., Raes D. Soil functioning and conservation tillage in the Belgian Loam Belt // Soil & Tillage research. 2012. Vol. 122. P. 1–11. DOI: 10.1016/j.still.2012.02.001.

71. Rusinamhodzi L., Corbeels M., Van Wijk M. T., Rufino M. C., Nyamangara J., Giller K. E. A meta-analysis of long-term effects of conservation agriculture on maize grain yield under rain-fed conditions (review) // Agronomy for sustainable development. 2011. Vol. 31. Iss. 4. P. 657–673. DOI: 10.1007/s13593-011-0040-2.

72. Cid P., Carmona I., Murillo J. M. No-tillage permanent bed planting and controlled traffic in a maize-cotton irrigated system under Mediterranean conditions: Effects on soil compaction, crop performance and carbon sequestration // European journal of agronomy. 2014. Vol. 61. P. 24–34. DOI: 10.1016/j.eja.2014.08.002.

73. Lal R. Tillage and agricultural sustainability // Soil and tillage research. 1991. Vol. 20. Iss.2–4. P. 133–146. DOI: 10.1016/0167-1987(91)90036-W.

74. Ken E., Giller K. E., Witter E., Corbeels M., Tittonell P. Giller Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: the heretics' view // Field crops research. 2009. Vol. 114. P. 24–34. DOI: 10.1016/j.fcr.2009.06.017.

75. Patrick C. Wall tailoring conservation agriculture to the needs of small farmers in developing countries. An analysis of issues // Journal of crop improvement. 2007. Vol. 19. Iss. 1–2. DOI: 10.1300/J411v19n01_07.

76. Hristovska T., Watkins K. B., Anders M. M. An economic risk analysis of no-till management for the rice-soybean rotation system used in Arkansas // Journal soil water conserve. 2013. Vol. 68. P. 132–137.

77. Leeuwis C. Communication for rural innovation. Rethinking agricultural extension (with contributions by A. Van den Ban). Blackwell science. Oxford. 2004. 243 p.

78. Erenstein O. Crop residue mulching in tropical and semi-tropical countries: An evaluation of residue availability and other technological implications // Soil and tillage research. 2002. Vol. 67. Iss. 2. P. 115–133. DOI: 10.1016/S0167-1987(02)00062-4.

79. Kronen M. Water harvesting and conservation techniques for smallholder crop production systems // Soil and tillage research. 1994. Vol. 32. P. 71–86.

80. Белобров В. П., Юдин С. А., Ермолаев Н. Р., Дридигер В. К., Стукалов Р. С., Гаджиумаров Р. Г. География прямого посева (no-till) в мировом земледелии // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию кафедры почвоведения БГУ и 80-летию со дня рождения В. С. Аношко «Почвы и земельные ресурсы: современное состояние, проблемы рационального использования, геоинформационное картографирование». Минск: БГУ, 2018. С. 198–203.

81. Проблемы и перспективы инновационного развития сельских территорий Крыма: коллективная монография // Под ред. Паштецкого В. С. Симферополь: ИТ «Ариал», 2019. 252 с.

82. Izotov A. M., Turin E. N., Turina E. L., Zhenchenko K. G., Gongalo A. A., Susskiy A. N. Comparison of no-till and traditional technologies for *Triticum aestivum* L. cultivation // IOP conference series: earth and environmental science. Vol. 341. Kurgan State Agricultural Academy named after T. S. Maltsev, 2019. P. 012–020. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012087.

83. Montgomery D. R. Dirt, the erosion of civilizations. Berkely, Los Angeles and London: University of California Press, 2007. 285 p.

References

1. Amela A. Biofuels versus food production: Does biofuels production increase food prices? // Energy. 2011. Vol. 36. Iss. 4. P. 2070–2076. DOI: https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.05.019.

2. Perea-Moreno M.-A., Samerón-Manzano E., Perea-Moreno A.-J. Biomass as renewable energy: worldwide research trends // Sustainability. 2019. No. 11 (3). P. 863–870. DOI: 10.3390/su11030863.

3. Foley J. A., Ramankutty N., Brauman K. A., Cassidy E. S., Gerber J. S., Johnston M., Mueller N. D., O'Connell C., Ray D. K., West P. C., Balzer C., Bennett E. M., Carpenter S. R., Hill J., Monfreda C., Polasky S., Rockström J., Sheehan J., Siebert S., Tilman D., Zaks P. M. Solutions for a cultivated planet // Nature. 2011. Vol. 478. Iss. 7369. P. 337–342. DOI: 10.1038/nature10452.

4. Dirzo R., Raven P. H. Global state of biodiversity and loss // Annual review of environment and resources. 2003. Vol. 28. P. 137–167. DOI: 10.1146/annurev.energy.28.050302.105532.

5. Ibatullina R. P., Galiev R. K., Galimzyanov M. S., Kroshechkina I. Yu. Soil fertility: 7 years with No-till // Selection, seed production and genetics. 2018. No.1 (19). P. 17–21.

6. Hu J. Human alteration of the nitrogen cycle and its impact on the environment // IOP conference series: earth and environmental science. 2018. No. 178. P. 012–030. DOI: 10.1088/1755-1315/178/1/012030.

7. No-till – a step towards ideal farming // Ed. by Baturin V. Kiev: Zerno, 2007.1 28 p.

8. Zhuchenko A. A., Trukhachev V. I. Systems of agriculture in the Stavropol Territory. Stavropol: “AGRUS”, 2011. 844 p.

9. Godfray H. C. J., Garnett T. Food security and sustainable intensification // Philosophical transactions of the royal society. 2014. Vol. 369. P. 2012–2020. DOI: 10.1098/rstb.2012.0273.

10. Tilman D., Balzer C., Hill J., Befort B. L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture // Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America. 2011. Vol. 108. Iss. 50. P. 20260–20264. DOI: 10.1073/pnas.1116437108.

11. Pittelkowa C. M., Linquist B. A., Lundy M. E., Liang X., van Groenigen K. J., Lee J., van Gestel N., Six J., Venterea R. T., van Kessel C. When does no-till yield more? A global meta-analysis // Field crops research. 2015. Vol. 183. P. 156–168. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.020.

12. Anderson R. L. Integrating a complex rotation with no-till improves weed management in organic farming. A review // Agronomy for sustainable development. 2015. Vol. 25. Iss. 3. P. 967–974. DOI: 10.1007/s13593-015-0292-3.

13. Skaalsveen K., Ingram J., Clarke L. E. The effect of no-till farming on the soil functions of water purification and retention in north-western Europe: A literature review // Soil & Tillage research. 2019. Vol. 189. P. 98–109. DOI: 10.1016/j.still.2019.01.004.

14. De Castro Pias O. H., Tiecher T., Cherubin M. R., Mazurana M., Bayer C. Crop yield responses to sulfur fertilization in Brazilian No-till soils: a systematic review // Revista Brasileira de ciencia do solo. 2019. Vol. 43. P. 018–028. DOI: 10.1590/18069657rbcs20180078.

15. Sanaullah M., Usman M., Wakeel A., Cheema S. A., Ashraf I., Farooq M. Terrestrial ecosystem functioning affected by agricultural management systems: a review // Soil & Tillage research. 2020. Vol. 196. P. 104–112. DOI: 10.1016/j.still.2019.104464.

16. Dang Y. P., Moody P. W., Bell M. J., Seymour N. P., Dalal R. C., Freebairn D. M., Walker S. R. Strategic tillage in no-till farming systems in Australia's northern grains-growing regions: II. Implications for agronomy, soil and environment // Soil & Tillager research. 2015. Vol. 152. P. 115–123. DOI: 10.1016/j.still.2014.12.013.

17. Zavalin A. A., Dridiger V. K., Belobrov V. P., Yudin S. A. Nitrogen in chernozems under traditional and direct seeding cropping systems: a review // Pochvovedenie. 2018. No. 2. P. 1506–1516. DOI: 10.1134/S0032180X18120146.

18. Pavlov S. A., Popov A. S. No-till technology as a promising method to improve productivity of winter wheat // Grain Economy of Russia. 2017. No. 5 (53). P. 56–60.

19. Hamdy A., Aly A. Conservation agriculture between concept and application // Agrofor international journal. 2016. Vol. 1. Iss. No. 1. P. 202–215. DOI: 10.7251/AGRENG1601202H.

20. Derpsch R., Friedrich T., Kassam A., Hongwen L. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits // International journal of agricultural and biological engineering. 2010. Vol. 3 No. 1. P. 1–25. DOI: 10.3965/j.issn.1934-6344.2010.01.001-025.

21. Kokunova I. V., Kotov E. G. No-till technology – the most important area of resource conservation in crop production // Innovation Science. 2017. No. 02–2. P. 39–41.

22. Friedrich T. Kassam A., Derpsch R. Overview of the Global Spread of Conservation Agriculture // Field actions science reports. 2012. Special Iss. 6. P. 1–7. DOI: 10.1080 / 00207233.2018.1494927.

23. Dridiger V. K. Protective role of the technology of crops' cultivation without tillage (No-till technology) // Collection of works of the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation and the All-Russian School of Young Scientists “Innovative Directions in the Chemicalization of Agriculture and Agricultural Production”. Belgorod, 2019. P. 299–305.

24. Ovsinskiy I. E. New farming system. Moscow, 1911. 288 p.

25. Masanobu F. The revolution of one straw (Introduction to conservation farming) // Ed. by Korn L. Eight impression. Manusa, Goa, India, 2001. 183 p. [Electronic resource]. Access point: https://www.ecologise.in/wp-content/uploads/2015/10/one-straw-revolution1.pdf (reference’s date 20.06.2020).

26. Greenland D. J. Bringing the green revolution to the shifting cultivators // Science. 1975. Vol. 190. P. 841–844.

27. Lal R. Role of mulching techniques in tropical soil and water management // IITA technical bulletin. 1975. No. 1. 38 p.

28. Lal R. No tillage effects on soil properties under different crops in western Nigeria // Proceedings of the American mathematical society. 1976. No. 40. P. 762–768.

29. Kassam A. H., Friedrich T., Shaxson F. The spread of conservation agriculture: justification sustainability and uptake // International journal of agricultural sustainability. 2009. Vol. 7. P. 292–320.

30. Belyaev V. I. Rational parameters of No-till technology and direct seeding when cultivating crops in the Altai Territory // Vestnik altaiskoy nauki. 2005. No. 1. P. 7–12.

31. Tsirulev A. P., Iksanov M. R. Forest-steppe Zavolzhye: development of effective resource-saving agricultural technologies // Resursosberegayushchee zemledelie. 2009-2. No. 1 (2). P. 17–23.

32. Kulintsev V. V., Dridiger V. K. Productivity of field crops and efficiency of use of arable land under cultivation by technology of direct seeding // Achievements of Science and Technology of AIC. 2014. No. 4. P. 16–18.

33. Minnikova T. V., Mokrikov G. V., Kazeev R. Sh., Akimenko Yu. V., Kolesnikov S. I. Assessment of enzymatic activity of Rostov region chernozems used under binary crops of sunflower // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA). 2017. Iss. 6. P. 141–150. DOI: 10.26897/0021-342X-2017-6-141-155.

34. Kosolap N. P., Krotinov O. P., Beskid A. P., Kurditsky S. O., Galyas A. V. Cultivation of winter wheat in Ukraine // Agrarny Konsultant. 2011. No. 1 (1). P. 44–46.

35. Knyazev R. Everyone must find his/her own path to No-till // Agrarny Konsultant. 2011. No. 2 (2). P. 31–34.

36. Mutekwa V., Kusangaya S. Contribution of rainwater harvesting technologies to rural livelihoods in Zimbabwe: the case of Ngundu ward in Chivi District // Water SA. 2006. Vol. 32. P. 437–444.

37. Dridiger V.K., Stukalov R.S., Matveev A.G. Influence of soil type and its density on winter wheat yield, cultivated by No-till technology in the zone of unstable moistening of Stavropol Krai // Zemledelie. 2017. No.2. P. 19–22.

38. Dridiger V. K., Stukalov R. S. The influence of mineral fertilizers on the field germination and yield of winter wheat in the cultivation of No-till technology// Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2018. No. 2 (30). P. 134–137. DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-30-134-137.

39. Gaiduchenko A.N., Sumak A.V., Korotenko B.A. Economic efficiency of soybean cultivation depending on applied technologies// Zemledelie. 2017. No. 2. P. 23–25.

40. Gongalo A. A., Turin E. N., Zhenchenko K. G. Study of the system of agriculture direct sowing in comparison with traditional in the conditions of the central steppe of Crimea // III Scientific Conference of the faculty, graduate students, students and young scientists “Days of Science in the V. I. Vernadsky Crimean Federal University” in the framework of the III Festival of Science. Simferopol: V. I. Vernadsky Crimean Federal University, 2018. P. 120–125.

41. Turin E. N., Zhenchenko K. G., Gongalo A. A. Grain sorghum cultivation under no tillage compared to conventional tillage in the central steppe of Crimea // Transactions of Taurida Agricultural Science. 2019. No. 17 (180). P. 75–85.

42. Verhulst N., Govaerts B., Verachtert E., Castellanos-Navarrete A., Mezzalama M., Wall P., Deckers J., Sayre K. D. Conservation agriculture, improving soil quality for sustainable production systems? Chapter 7 // Food security and soil quality. USA. CRC Press. Boca Raton FL., 2010. P. 137–208. [Electronic resource]. Access point: https://www.researchgate.net/publication/228914498_7_Conservation_Agriculture_Improving_Soil_Quality_for_Sustainable_Production_Systems (reference’s date 09.06.2020).

43. Six J., Feller C., Karolien D., Stephen M. O., de Moraes Sa J. C., Alain A. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils – effects of no-tillage // Agronomie. 2002. Vol. 22. No. 7–8. P. 755–775. DOI: 10.1051/agro:2002043.

44. Hobbs P. R., Sayre K., Gupta R. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture // Philosophical transactions of the royal society British. 2008. Vol. 363. P. 543–555. DOI: 10.1098/rstb.2007.2169.

45. Okhrytkov V. V. Introduction of resource-saving technologies based on the No-till // Materials of the International Scientific-Practical Conference “Resource-saving technologies in crop production”. Nalchik: Kabardino-Balkaria SAU, 2014. P. 131–138.

46. Ranaivoson L., Naudin K., Affholder F., Rabeharisoa L., Corbeels M. Agro-ecological functions of crop residues under conservation agriculture // Agronomy for sustainable development. 2017. Vol. 37. Iss. 4. P.26–30. DOI: 10.1007/s13593-017-0432-z.

47. Vincent-Caboud L., Casagrande M., David C., Ryan M. R., Silva E. M., Peigne J. Using mulch from cover crops to facilitate organic no-till soybean and maize production. A review // Agronomy for sustainable development. 2019. Vol. 39. Iss. 5. P.45–51. DOI: 10.1007/s13593-019-0590-2.

48. Ghosh S., Das T. K., Sharma D. K., Gupta K. Potential of conservation agriculture for ecosystem services: A review // Indian journal of agricultural science. 2019. Vol. 89. Iss. 10. P. 1572–1579.

49. Mapfumo P., Chikowo R., Giller K. E., Mugendi D. N., Kimetu J. M., Palm C. A., Mutuo P. Closing the Loop: Identifying N sources and minimizing N losses in leguminous cropping systems. Final Project Report to the Rockefeller Foundation. Harare. University of Zimbabwe, 2001. 217 p.

50. Bedano J. C., Domínguez A. Large-scale agricultural management and soil meso- and macrofauna conservation in the Argentine Pampas // Sustainability. 2016. Vol. 8. Iss. 7. No. 653. P. 356–360. DOI: 10.3390/su8070653.

51. Kosolap M. P., Krotinov O. P. No-till farming system. Tutorial. Kiev: Logos, 2011. 351 p.

52. Sheehy J., Regina K., Alakukku L., Six J. Impact of no-till and reduced tillage on aggregation and aggregate-associated carbon in Northern European agroecosystems // Soil and tillage research. 2015. Vol. 150. P. 107–113. DOI: 10.1016/j.still.2015.01.015.

53. Briones M. J. I., Schmidt O. Conventional tillage decreases the abundance and biomass of earthworms and alters their community structure in a global meta-analysis // Global change biology. 2017. Vol. 23. Iss. 10. P. 4396–4419. DOI: 10.1111/gcb.13744.

54. Ritz K., Black H. I. J., Campbell C. D., Harris J. A., Wood C. Selecting biological indicators for monitoring soils: a framework for balancing scientific and technical opinion to assist policy development // Ecol Indic. 2009 Vol. 9. Iss. 6. P. 1212–1221. DOI: 10.1016/j.ecolind.2009.02.009.

55. Dridiger V. K., Stukalov R. S., Gadzhiumarov R. G. Influence of cultivation technology on anti-erosion resistance, earthworm population and soil humus content // Collection of reports of the International Scientific-Practical Conference of Kursk branch of MOO "Society of soil scientists named after V. V. Dokuchaev". Kursk: Kursk Federal Agricultural Scientific Center, 2018. P. 144–148.

56. Erenstein O., Sayre K., Wall P., Hellin J., Dixon J. Conservation agriculture in maize and wheat-based systems in the (sub) tropics: lessons from adaptation initiatives in South Asia, Mexico and Southern Africa // Journal of sustainable agriculture. 2012. Vol. 36. Iss. 2. P. 180–206. DOI: 10.1080/10440046.2011.620230.

57. Gassen D., Gassen F. Direct sowing: the path to success begins with the first right step// Resursosberegayushchee zemledelie. 2012. No. 4 (16). P. 7–11.

58. Six J., Ogle S. M., Breidt F. J., Conant R. T., Mosier A. R., Paustian K. The potential to mitigate global warming with no-tillage is only realized when practiced in the long-term // Global change biology. 2004. Vol. 10. P. 155–160. DOI: 10.1111/j.1529-8817.2003.00730.x.

59. Van Kessel C., Venterea R., Six J., Adviento-Borbe M., Linquist B. A., Van Groenigen K. J. Climate, duration and N placement determine N_2O emissions in reduced tillage systems: a meta-analysis // Global change biology. 2013. Vol. 19 P. 33–44 DOI: 10.1111/j.1365-2486.2012.02779.x.

60. Brouder S. M., Macpherson H. G. The impact of conservation agriculture on smallholder agricultural yields: A scoping review of the evidence // Agriculture, ecosystems and environment. 2014. Vol. 187. P. 11–32. DOI: 10.1016/j.agee.2013.08.010.

61. Giller K. E., Witter E., Corbeels M., Tittonell P. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: the heretics' view // Field crops research. 2009. Vol. 114. P. 24–34. DOI: 10.1016/j.fcr.2009.06.017.

62. Farooq M., Flower K. C., Jabran K., Wahid A., Siddique K. H. M. Crop yield and weed management in conservation agriculture // Field crops Research. 2011. Vol. 117. P. 172–183. DOI:10.1016/j.still.2011.10.001.

63. Rusinamhodzi L., Corbeels M., Van Wijk M., Rufinio M. C., Nyamangara J., Giller K. E. A meta-analysis of long-term effects of conservation agriculture practices on maize yields under rain-fed conditions // Agronomy for sustainable development. 2011. Vol. 31. P. 657–673.

64. Alvarez R., Steinbach H. S. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crop yield in the Argentine Pampas // Soil & Tillage research. 2009. Vol. 104. P. 1–15. DOI: 10.1016/j.still.2009.02.005.

65. Ogle S. M., Swan A., Paustian K. No-till management impacts on crop productivity, Carbon input and soil carbon sequestration // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2012. Vol. 149. P. 37–49. DOI: 10.1016/j.agee.2011.12.010.

66. Toliver D. K., Larson J. A., Roberts R. K., English B. C., De La Torre Ugarte D. G., West T. O. Effects of no-till on yields as influenced by crop and environmental factors // Agronomy journal. 2012. Vol. 104. Iss. 2. P. 530–541. DOI: 10.2134/agronj2011.0291.

67. Van den Putte A., Govers G., Diels J., Gillijns K., Demuzerea M. Assessing the effect of soil tillage on crop growth: a meta-regression analysis on European crop yields under conservation agriculture // European journal of agronomy. 2010. Vol. 33. P. 231–241.

68. Pittelkowa C. M., Linquist B. A., Lundy M. E., Liang X., Van Groenigen K. J., Lee J., Van Gestel N., Six J., Rodney Venterea T., Van Kessel C. When does no-till yield more? A global meta-analysis // Field crops research. 2015. Vol. 183. P. 156–168. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.07.020.

69. Biamah E. K., Gichuki F. N., Kaumbutho P. G. Tillage methods and soil and water conservation in eastern Africa /// Soil & Tillage research. 1993. Vol. 27. P. 105–123.

70. Van den Putte A., Govers G., Diels J., Langhans C., Clymans W., Vanuytrecht E., Merckx R., Raes D. Soil functioning and conservation tillage in the Belgian Loam Belt // Soil & Tillage research. 2012. Vol. 122. P. 1–11. DOI: 10.1016/j.still.2012.02.001.

71. Rusinamhodzi L., Corbeels M., Van Wijk M. T., Rufino M. C., Nyamangara J., Giller K. E. A meta-analysis of long-term effects of conservation agriculture on maize grain yield under rain-fed conditions (review) // Agronomy for sustainable development. 2011. Vol. 31. Iss. 4. P. 657–673. DOI: 10.1007/s13593-011-0040-2.

72. Cid P., Carmona I., Murillo J. M. No-tillage permanent bed planting and controlled traffic in a maize-cotton irrigated system under Mediterranean conditions: Effects on soil compaction, crop performance and carbon sequestration // European journal of agronomy. 2014. Vol. 61. P. 24–34. DOI: 10.1016/j.eja.2014.08.002.

73. Lal R. Tillage and agricultural sustainability // Soil and tillage research. 1991. Vol. 20. Iss.2–4. P. 133–146. DOI: 10.1016/0167-1987(91)90036-W.

74. Ken E., Giller K. E., Witter E., Corbeels M., Tittonell P. Giller Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: the heretics' view // Field crops research. 2009. Vol. 114. P. 24–34. DOI: 10.1016/j.fcr.2009.06.017.

75. Patrick C. Wall tailoring conservation agriculture to the needs of small farmers in developing countries. An analysis of issues // Journal of crop improvement. 2007. Vol. 19. Iss. 1–2. DOI: 10.1300/J411v19n01_07.

76. Hristovska T., Watkins K. B., Anders M. M. An economic risk analysis of no-till management for the rice-soybean rotation system used in Arkansas // Journal soil water conserve. 2013. Vol. 68. P. 132–137.

77. Leeuwis C. Communication for rural innovation. Rethinking agricultural extension (with contributions by A. Van den Ban). Blackwell science. Oxford. 2004. 243 p.

78. Erenstein O. Crop residue mulching in tropical and semi-tropical countries: An evaluation of residue availability and other technological implications // Soil and tillage research. 2002. Vol. 67. Iss. 2. P. 115–133. DOI: 10.1016/S0167-1987(02)00062-4.

79. Kronen M. Water harvesting and conservation techniques for smallholder crop production systems // Soil and tillage research. 1994. Vol. 32. P. 71–86.

80. Belobrov V. P., Yudin S. A., Ermolaev N. R., Dridiger V. K., Stukalov R. S., Gadzhiumarov R. G. Geography of direct seeding (no-till) in world agriculture// Collection of works of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 85th anniversary of the Department of Soil Science of the Belarusian State University and the 80th anniversary V. S. Anoshko's date of birth "Soils and land resources: current state, issues of rational use, geoinformation mapping". Minsk: Belarusian State University, 2018. P. 198–203.

81. Problems and prospects of innovative development of rural territories of the Crimea: collective monograph/ ed. by Pashtetskiy V.S. Simferopol: "Arial", 2019. 252 p.

82. Izotov A. M., Turin E. N., Turina E. L., Zhenchenko K. G., Gongalo A. A., Susskiy A. N. Comparison of no-till and traditional technologies for *Triticum aestivum* L. cultivation // IOP conference series: earth and environmental science. Vol. 341. Kurgan State Agricultural Academy named after T. S. Maltsev, 2019. P. 012–020. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012087.

83. Montgomery D. R. Dirt, the erosion of civilizations. Berkely, Los Angeles and London: University of California Press, 2007. 285 p.

UDC 631.51.01(100)

Turin E. N.

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF NO-TILL FARMING AROUND THE WORLD (REVIEW)

Summary. *There is a growing demand for agricultural crops worldwide. Furthermore, the demand for these products is expected to continue to rise in the coming decades. This phenomenon can be explained by the growth of the world population. Agriculture remains the main source of raw materials for many industries. Consequently, a systemic understanding of the links between biophysical processes, human activities and socio-economic objectives is required in order to satisfy the increasing demand for food. Herewith, agriculture should remain conservation. In this respect, no-till technology becomes a matter of increasing interest around the world among farmers and scientists. Land area under this new system increases annually by about 6 million hectares. In the Russian Federation, cultivated areas without tillage, according to various estimates, range from 1.5 to 2.0 million ha. In light of the growing support of no-till as a tool to meet the global goals of food security and sustainability of crop production, we attempted to summarize the available modern scientific experience. Thus, the aim of this review was to identify the advantages and disadvantages of the new system of agriculture. A number of positive (environmental, economic, etc.) and negative aspects of the direct seeding around the world were described. Three basic principles of zero tillage were identified. They are the minimal disturbance of the topsoil, the preservation of crop residues, and the use of adapted crop rotation. Data on the effect of direct sowing on crop yields in various countries were presented. No-till is a knowledge-intensive technology. Therefore, it is necessary to focus on the scientific results obtained in a particular region with a specific bioclimatic potential.*

Keywords: *direct seeding, agricultural technique, no-till, tillage, zero-till.*

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

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

Дата поступления в редакцию – 17.02.2020.
Дата принятия к печати – 20.04.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-169-180
УДК 633.255:631.5

Черкашина А. В.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И МЕТЕОУСЛОВИЙ НА КОРМОВУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В НЕОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ КРЫМА

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. *В связи с проведением сортосмены в Крыму, усилением засушливости климата региона, недостаточной изученностью технологии выращивания кукурузы на силос и зеленый корм на богаре особенно актуальным становится изучение новых гибридов кукурузы и оптимизация основных элементов агротехники. Цель исследования – установить оптимальные сроки сева и густоту стояния растений для формирования наибольшей урожайности зеленой массы гибридов кукурузы разных групп спелости в неорошаемых условиях степной зоны Крыма. Работу выполняли в 2016–2019 гг. на опытном поле отделения полевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма» в соответствии с методическими рекомендациями по проведению полевых опытов с кукурузой. Материалом для исследования служили три гибрида – Нур, Машук 220 МВ, Машук 355 МВ. Схема опыта включала следующие варианты: срок сева (фактор А) – 5, 15 и 25 апреля; густота стояния растений (фактор В) – 40, 50, 60, 70 тыс. раст./га; метеоусловия лет исследований (фактор С). Уборку осуществляли в фазе молочно-восковой спелости зерна. Общая площадь делянки 50 м^2, учетная – 25 м^2, повторность – четырехкратная. Почва – чернозем южный слабогумусированный. Гидротермический коэффициент за период апрель–сентябрь составил: в 2016 г. – 1,46, 2017 г. – 0,34, 2018 г. – 0,79 и 2019 г. – 0,78. Наибольшее влияние на урожайность зеленой массы и сухого вещества гибридов оказывали гидротермические условия вегетационного периода. В среднем за годы исследования установлена оптимальная густота стояния растений – 70 тыс. раст./га. Лучшим сроком сева для раннеспелого гибрида Нур оказалось 15 апреля: урожайность зеленой массы составила 19,9 т/га, сухого вещества – 7,48 т/га, сбор переваримого протеина – 0,41 т/га, обменной энергии – 81,62 ГДж/га. Для среднераннего гибрида Машук 220 МВ рекомендованы сроки сева 15 и 25 апреля, при которых урожайность зеленой массы составила 18,48 и 19,12 т/га, сухого вещества – 6,58 и 6,40 т/га, сбор переваримого протеина – 0,33 и 0,42 т/га, обменной энергии – 70,94 и 70,81 ГДж/га соответственно. Среднеспелый гибрид Машук 355 МВ необходимо высевать пятого апреля, при этом сроке сева урожайность зеленой массы составила 21,08 т/га, сухого вещества – 7,65 т/га, сбор переваримого протеина – 0,48 т/га, обменной энергии – 87,83 ГДж/га. Доля початков в СВ для трех гибридов была ниже 50 %, что связано с ранней уборкой в связи с засухой, когда листья на растениях преждевременно отмирали.*

Ключевые слова: *кукуруза (Zea mays L.), сроки сева, густота стояния растений, зеленая масса, сухое вещество, переваримый протеин, обменная энергия.*

Введение

Кукуруза является одной из самых важных культур в кормопроизводстве [1]. Она обеспечивает животноводство объемистыми и концентрированными кормами. Зеленая масса, убранная в фазе молочно-восковой и восковой спелости зерна, позволяет получать высококачественный силос [2], который является превосходным кормом, особенно при производстве органической молочной продукции [3].

В неорошаемых условиях Республики Крым урожайность кукурузы на зеленый корм и силос невысокая, характеризуется нестабильностью по годам, и в среднем за

2014–2019 гг. составила 14,6 т/га с варьированием от 9,7 до 20,7 т/га. Посевные площади кукурузы на силос и зеленый корм в Крыму увеличились с 1 тыс. га в 2014 г. до 3,4 тыс. га – в 2019 г. [4].

Реализация потенциальной продуктивности гибридов в производстве сдерживается их недостаточной адаптацией к специфике погодных условий, несоблюдением гибридного состава и технологии выращивания [5].

В связи с проведением сортосмены в Крыму, усилением засушливости климата региона, недостаточной изученностью технологии выращивания кукурузы на силос и зеленый корм на богаре особенно актуальным становится изучение новых гибридов кукурузы и оптимизация основных элементов агротехники, таких как сроки сева и густота стояния растений.

Для организации силосного конвейера необходимо высевать два–три различных по скороспелости гибрида. Посев на силос нескольких биотипов гибридов обоснован также более эффективным использованием влагозапасов почвы при формировании урожая. Соотношение гибридов в южных регионах кукурузосеяния должно быть следующим: раннеспелых и среднеранних гибридов – 25–30 %, среднеспелых – 45–50 %, среднепоздних и позднеспелых – 20–25 % [6]. От возделываемых гибридов зависит урожайность зеленой массы, содержание и выход сухого вещества, в том числе зерна [7].

Использование оптимальных сроков сева является эффективным приемом увеличения урожайности кукурузы [8]. При посеве в ранние сроки в зеленой массе кукурузы содержится больше сухого вещества и выше процент зерна в сухом веществе [9].

Оптимальная структура стеблестоя гибридов разных групп спелости, которая определяется морфобиологическими признаками и густотой стояния растений, играет значительную роль в процессах фотосинтетической деятельности, накоплении сухого вещества и продуктивности кукурузы. Одним из определяющих факторов продуктивности является густота растений [5], которую необходимо устанавливать для каждого гибрида в конкретных агроэкологических условиях выращивания [5, 10].

Цель исследования – установить оптимальные сроки сева и густоту стояния растений для формирования наибольшей урожайности зеленой массы гибридов кукурузы разных групп спелости в неорошаемых условиях степной зоны Крыма.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2016–2019 гг. на опытном поле отделения полевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма» (с. Клепинино Красногвардейского района Республики Крым). Почва – чернозем южный слабогумусированный, развитый на четвертичных желто-бурых лессовидных легких глинах [11]. Мощность гумусового слоя составляет 57–70 см, из них горизонт А – 24–36 см. На пашне содержание гумуса (по методу Тюрина) составляет 2,4–2,7 %. В пахотном слое на 100 г абсолютно сухой почвы содержится легкогидролизуемого азота – 5,2 мг, подвижных форм фосфора (по Мачигину) – 1,0–2,5 мг, калия (по Мачигину) – 42,0 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 в верхнем горизонте слабощелочная (pH = 7,7–7,9) [12].

Предмет исследования – гибриды кукурузы трех групп спелости (раннеспелый – Нур, среднеранний – Машук 220 МВ, среднеспелый – Машук 355 МВ) и элементы технологии (сроки сева и густота стояния растений). Объект исследования – формирование продуктивности гибридов разных групп спелости в зависимости от элементов технологии в условиях изменяющегося климата.

Схема опыта включала следующие варианты: срок посева (фактор А) – 5, 15 и 25 апреля; густота стояния растений (фактор В) – 40, 50, 60, 70 тыс. раст./га; метеоусловия лет исследований (фактор С).

Предшественник – зерновые колосовые культуры. Весной под культивацию вносили аммиачную селитру (100 кг/га в физической массе). Для борьбы с сорняками применяли гербицид «Аденго» (0,5 л/га). Исследования проводили в соответствии с методическими рекомендациями по проведению полевых опытов с кукурузой [13]. Общая площадь делянки – 50 м^2, учетная – 25 м^2, повторность – четырехкратная. Посев осуществляли сеялкой «СПУ-8». Густоту стояния растений формировали вручную в фазе четырех–пяти листьев [13]. Уборку проводили в фазе молочно-восковой спелости зерна. Сырую клетчатку определяли по ГОСТ 31675–2012 [14]. Расчет энергетической питательности зеленой массы, выраженной в показателях обменной энергии (ОЭ) и кормовых единицах для крупного рогатого скота (КЕ) проводили с учетом содержания массовой доли сырой клетчатки (СК) в сухом веществе по уравнениям: ОЭ = 15,0 − 0,18 × СК; КЕ = ОЭ^2 × 0,0081 [15].

Массовую долю переваримого протеина (ПП) с учетом содержания массовой доли сырого (СП) в сухом веществе определяли по формуле: ПП = 0,99 × СП − 3,96 [15].

Статистическую обработку полученных результатов проводили методом трехфакторного дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [16].

Для характеристики метеоусловий за годы исследований использовали материалы многолетних наблюдений метеостанции с. Клепинино (таблицы метеорологических и агрометеорологических сведений ТСХ-8, агрометеорологические обзоры). Для оценки условий увлажнения рассчитывали гидротермический коэффициент (ГТК), предложенный Г. Т. Селяниновым [17]. Средние многолетние данные приведены по агроклиматическому справочнику за 1986–2005 гг. [18].

В среднем за годы исследований метеоусловия периода вегетации кукурузы характеризовались повышенным температурным режимом и сильно варьировали по годам. Средняя за четыре года сумма активных температур за этот период составляла 3502,7 °С и превысила среднемноголетнюю норму на 324,7 °С, или на 9,3 % (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика метеорологических условий периода вегетации кукурузы (апрель–сентябрь)

Показатель	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	Среднемноголетнее значение
Сумма активных температур,°С	3508,2	3356,8	3721,8	3423,8	3502,7	3178,0
Количество осадков, мм	521,9	149,9	294,9	266,9	308,4	249,0
Гидротермический коэффициент	1,46	0,34	0,79	0,78	0,84	0,73
Количество дней с влажностью воздуха 30 % и ниже	22,0	83,0	72,0	20,0	49,3	43,3

2017 г. характеризовался самой низкой теплообеспеченностью, однако сумма активных температур превысила среднемноголетнюю норму на 178,0 °С.

Количество осадков за период апрель–сентябрь резко различалось по годам исследований. Среднее за годы исследований количество осадков составило 308,4 мм (123,9 % от среднемноголетнего значения). В 2017 г. выпало 149,9 мм (60,2 % нормы), в 2016 г. – 521,9 мм (209,6 % среднемноголетней нормы). Сезоны 2018 и 2019 гг. не имели настолько резких отличий по этому показателю и превысили среднемноголетнее значение на 45,9 и 17,9 мм соответственно.

Условия степной зоны Крыма характеризуются низкой влажностью воздуха, в среднем за 2016–2019 гг. количество дней с влажностью воздуха 30 % и ниже превысило среднемноголетнее значение на шесть дней (13,9 %). Значения этого показателя находились в пределах от 20 дней (46 % нормы) в 2019 г. до 83 дней в 2017 г., что составило 193 % нормы. В Крыму испарение значительно превосходит количество выпадающих осадков.

Для оценки условий влагообеспеченности использовали гидротермический коэффициент (ГТК) по Г. Т. Селянинову [17]. При среднемноголетнем значении ГТК за период апрель–сентябрь 0,73 (слабая засуха по шкале Т. В. Хомяковой и Е. К. Зоидзе [19]), условия 2017 г. характеризовались как сильная засуха (ГТК = 0,34), в 2016 г. влагообеспеченность была повышенной (ГТК =1,46), в 2018–2019 гг. – недостаточной (ГТК = 0,79 и 0,78 соответственно). Почва прогревалась быстро, средняя температура на глубине 10 см уже в первой декаде апреля во все годы исследований превысила 10 °С. Запасы продуктивной влаги в посевной период во все сроки посева за все годы проведения опытов были достаточными для получения всходов. В среднем за годы исследований наибольшие запасы продуктивной влаги в почве были 15 апреля. Самыми благоприятными для вегетации кукурузы оказались метеорологические условия 2019 и 2016 гг. Самым неблагоприятным по условиям увлажнения был 2017 г.

Результаты и их обсуждение

В среднем по опыту за 2016–2019 гг. урожайность зеленой массы с початками в фазе молочно-восковой спелости (МВС) раннеспелого гибрида Нур составила 16,17 т/га с варьированием от 4,48 т/га при сроке сева пятого апреля и густоте стояния 40 тыс. раст./га в 2017 г. до 34,47 т/га при севе 15 апреля и густоте стояния 70 тыс. раст./га в 2019 г. (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность зеленой массы с початками в фазе МВС гибрида кукурузы Нур, т/га

Срок сева (фактор А)	Густота стояния растений, тыс./га (фактор В)	Год (фактор С)				Средняя по фактору А	Средняя по фактору В
		2016	2017	2018	2019		
5 апреля	40	10,92	4,48	9,14	23,69	15,25	13,06
	50	13,00	7,15	10,98	26,45		15,15
	60	15,78	7,38	10,53	29,67		16,88
	70	17,15	10,99	13,67	32,99		19,58
15 апреля	40	11,52	6,20	12,05	23,77	16,25	
	50	12,05	7,40	14,99	24,45		
	60	13,26	11,88	14,48	28,36		
	70	15,89	12,42	16,82	34,47		
25 апреля	40	12,20	4,92	12,44	25,35	17,00	
	50	12,65	6,25	14,72	31,69		
	60	16,46	9,54	17,00	28,21		
	70	16,73	10,77	20,13	32,99		
Средняя по фактору С		13,97	8,28	13,91	28,51		
$НСР_{05}$ по факторам В – 1,655; С – 1,189; АС – 3,866; А, АВ; ВС, АВС – $F_{факт.} < F_{теор.}$							

Сроки сева в среднем за годы исследований не оказывали существенного влияния на урожайность зеленой массы, однако наблюдали тенденцию к увеличению средней по фактору А от срока сева пятого апреля к сроку сева 25 апреля с 15,25 до 17,00 т/га.

Значительное влияние на урожайность зеленой массы гибрида кукурузы Нур оказывали гидротермические условия годов проведения опытов (что согласуется с результатами других авторов [7, 20]), густота стояния растений и взаимодействие срока сева и условий года.

Минимальная в опыте средняя по фактору С урожайность зеленой массы зафиксирована в засушливом 2017 г. (8,28 т/га), максимальная (28,51 т/га) – в 2019 г., когда условия увлажнения были близки к среднемноголетним. С увеличением густоты стояния растений наблюдали рост урожайности зеленой массы. Средняя по фактору В

урожайность увеличивалась от 13,06 т/га при густоте стояния растений 40 тыс. раст./га до 19,58 т/га при густоте стояния 70 тыс. раст./га.

Урожайность сухого вещества – более объективный показатель оценки продуктивности гибридов при возделывании их на силос и зеленый корм [2]. Анализ урожайности сухого вещества (СВ) гибрида Нур также, как и для урожайности зеленой массы, показал высокую ее зависимость от условий года, но сроки сева и густоты стояния растений оказывали достоверное влияние на величину этого показателя, также как и взаимодействие срока сева и условий года, густоты стояния растений и условий года, тройное взаимодействие изучаемых факторов (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность сухого вещества гибрида кукурузы Нур в фазе молочно-восковой спелости, т/га и доля початков в сухом веществе, %

Срок сева (фактор А)	Густота стояния растений, тыс./га (фактор В)	Год (фактор С)				Средняя по фактору А	Средняя по фактору В	Доля початков в СВ, %
		2016	2017	2018	2019			
5 апреля	40	5,32	1,27	2,51	8,15	5,71	4,82	28,49
	50	6,55	1,96	2,88	8,75		5,83	31,02
	60	7,68	2,05	2,71	8,73		6,10	27,59
	70	8,27	1,75	3,33	10,88		6,66	28,95
15 апреля	40	5,61	2,35	3,58	10,16	6,69		33,60
	50	5,8	3,32	4,54	13,94			29,63
	60	7,45	3,41	4,07	12,96			27,58
	70	7,55	3,39	4,72	14,25			27,34
25 апреля	40	5,11	1,72	3,84	8,27	5,70		33,59
	50	5,33	2,26	4,53	10,14			31,92
	60	6,7	2,92	5,09	9,45			34,26
	70	7,12	3,23	6,02	9,37			23,47
Средняя по фактору С		6,54	2,47	3,99	10,42			
НСР $_{05}$ по факторам А – 0,246; В – 0,213; С – 0,033; АВ – $F_{факт.}<F_{теор.}$; АС – 0,552; ВС – 0,610; АВС – 1,069								$F_{факт.}<F_{теор.}$

Средняя по опыту урожайность сухого вещества гибрида кукурузы Нур в фазе молочно-восковой спелости (МВС) составила 5,85 т/га, с варьированием средней по фактору С от 2,47 т/га в 2017 г. до 10,42 т/га в 2019 г. Наибольший средний урожай абсолютно сухого вещества по фактору А был зафиксирован при посеве 15 апреля (6,69 т/га), достоверно превысив сроки пятого и 25 апреля. С увеличением густоты стояния растений с 40 до 70 тыс. раст./га достоверно возрастала и урожайность абсолютно сухого вещества – с 4,82 до 6,66 т/га. Несмотря на тенденцию к снижению доли початков в СВ с загущением посевов, сроки сева и густота стояния не имели достоверного влияния на величину этого показателя, в среднем по гибриду Нур в СВ доля початков составила 29,79 %. Снижение доли початков в СВ в среднем за годы исследований обусловлено тем, что в 2017 г. в условиях засухи (ГТК = 0,34) происходило резкое снижение доли початков в СВ до 9,26 % у гибрида Нур. То есть, в 2017 г. зеленая масса представляла собой листостебельную массу и уборку осуществляли, когда растения начинали засыхать, не ожидая наступления уборочной спелости.

При посеве 15 апреля в зеленой массе с початками в фазе МВС раннеспелого гибрида Нур массовая доля сырого протеина, сбор переваримого протеина, сбор кормовых единиц и концентрация обменной энергии в СВ были максимальными, по сравнению с другими сроками сева (таблица 4).

Таким образом, для раннеспелого гибрида кукурузы Нур для получения зеленой массы с початками в фазе МВС в богарных условиях степной зоны Крыма рекомендованным сроком сева является срок сева 15 апреля, густота стояния растений – 70 тыс. растений/га.

Таблица 4 – Кормовая ценность и обменная энергия (ОЭ), полученная с урожаем зеленой массы с початками гибридов кукурузы при различных сроках сева

Гибрид	Срок сева	Массовая доля клетчатки, % на СВ	Массовая доля сырого протеина, % на СВ	Сбор переваримого протеина, т/га	КЕ, тыс. на га	ОЭ ГДж/га
Нур	5 апреля	18,15	9,91	0,33	6,37	67,00
	15 апреля	15,55	10,19	0,41	8,07	81,62
	25 апреля	15,75	8,83	0,27	6,83	69,34
Машук 220 МВ	5 апреля	14,30	10,27	0,34	6,92	68,72
	15 апреля	17,10	9,65	0,33	6,85	70,94
	25 апреля	15,28	11,33	0,42	7,03	70,81
Машук 355 МВ	5 апреля	14,80	10,76	0,48	8,78	87,83
	15 апреля	16,40	10,69	0,46	8,22	84,22
	25 апреля	13,58	9,30	0,32	7,79	76,59

В среднем по опыту за 2016–2019 гг. урожайность зеленой массы с початками в фазе МВС среднераннего гибрида кукурузы Машук 220 МВ составила 16,31 т/га с варьированием от 5,76 т/га при сроке сева 25 апреля и густоте стояния 40 тыс. раст./га в 2017 г. до 31,45 т/га при севе пятого апреля и густоте стояния 70 тыс. раст./га в 2019 г. (таблица 5).

Таблица 5 – Урожайность зеленой массы с початками в фазе МВС гибрида кукурузы Машук 220 МВ, т/га

Срок сева (фактор А)	Густота стояния растений, тыс./га (фактор В)	Год (фактор С)				Средняя по фактору А	Средняя по фактору В
		2016	2017	2018	2019		
5 апреля	40	12,88	6,48	13,30	21,68	16,86	13,33
	50	15,80	8,35	13,34	26,30		15,55
	60	19,86	8,82	15,03	27,39		17,12
	70	19,60	10,99	18,54	31,45		19,25
15 апреля	40	14,84	7,72	10,02	21,46	16,35	
	50	17,55	9,20	13,75	23,51		
	60	18,72	11,94	12,77	26,20		
	70	18,13	12,60	14,28	28,93		
25 апреля	40	11,60	5,76	13,00	21,26	15,72	
	50	16,15	6,75	13,30	22,57		
	60	17,83	7,02	17,38	22,51		
	70	19,60	11,41	18,95	26,53		
Средняя по фактору С		16,88	8,92	14,47	24,98		
НСР $_{05}$ по факторам В – 1,138; С – 1,150; АС – 2,157; А, АВ; ВС, АВС – $F_{факт.}<F_{теор.}$							

Для гибрида Машук 220 МВ доказано достоверное влияние на урожайность зеленой массы следующих факторов: метеоусловий годов проведения опытов, густоты стояния растений и взаимодействия срока сева и условий года. Средняя по фактору С урожайность зеленой массы была наименьшей в 2017 г. – 8,92 т/га, наибольшей – 24,98 т/га в 2019 г. При увеличении густоты посева урожайность зеленой массы возрастала. Средняя по фактору В урожайность увеличивалась от 13,33 т/га при густоте стояния растений 40 тыс. раст./га до 19,25 т/га при густоте стояния 70 тыс. раст./га.

На урожайность СВ гибрида Машук 220 МВ наибольшее влияние оказывали погодные условия, доказуемым было действие густоты растений, сроков сева, а также взаимодействие факторов: срока сева и условий года, тройного взаимодействия (срок сева, густота растений, условия года), густоты стояния растений и условий года (таблица 6).

Таблица 6 – Урожайность сухого вещества гибрида кукурузы Машук 220 МВ в фазе МВС, т/га и доля початков в сухом веществе, %

Срок сева (фактор А)	Густота стояния растений, тыс./га (фактор В)	Год (фактор С)				Средняя по фактору А	Средняя по фактору В	Доля початков в СВ, %
		2016	2017	2018	2019			
5 апреля	40	5,01	1,26	3,97	7,13	5,53	4,82	22,57
	50	5,47	2,86	3,90	10,40		5,71	24,93
	60	7,16	3,01	4,13	9,18		6,07	16,91
	70	6,98	2,87	5,08	10,14		6,42	17,02
15 апреля	40	5,24	2,00	4,88	7,93	5,95		24,97
	50	5,93	2,77	6,62	8,13			22,98
	60	6,82	3,35	6,00	9,25			20,36
	70	6,82	3,08	6,13	10,29			16,63
25 апреля	40	4,07	1,68	6,43	8,29	5,78		25,24
	50	5,38	1,98	7,47	7,65			21,67
	60	5,40	2,04	8,89	7,67			21,31
	70	6,13	1,93	8,72	8,83			22,43
Средняя по фактору С		5,87	2,40	6,02	8,74			
НСР $_{05}$ по факторам А – 0,193; В – 0,284; С – 0,265; АВ – $F_{факт.} < F_{теор.}$; АС – 0,441; ВС – 0,54; АВС – 0,922								$F_{факт.} < F_{теор.}$

Средняя по опыту урожайность сухого вещества гибрида кукурузы Машук 220 МВ в фазе МВС составила 5,76 т/га, минимальной по годам она была в 2017 г. (2,4 т/га), максимальной – в 2019 г. (8,74 т/га). При сроке сева пятого апреля сбор сухого вещества был достоверно ниже других сроков сева. При сроках сева 15 и 25 апреля урожайность сухого вещества составила 5,95 и 5,78 т/га соответственно, однако концентрация обменной энергии была невысокой – 70,94 и 70,81 ГДж/га, поскольку доля початков в СВ была минимальной, по сравнению с другими гибридами и составила 21,42 %. В 2017 г. доля початков в СВ снижалась до 1,12 %.

С загущением посева от 40 до 70 тыс. раст./га средняя по фактору В урожайность СВ увеличивалась с 4,82 до 6,42 т/га, доля початков имела тенденцию к снижению, однако это снижение было недоказуемым.

Таким образом, для среднераннего гибрида кукурузы Машук 220 МВ для получения зеленой массы с початками в фазе МВС в богарных условиях степной зоны Крыма рекомендованным сроком сева является срок сева 15 и 25 апреля, густота стояния растений 70 тыс. раст./га.

Среднеспелый гибрид кукурузы Машук 355 МВ в среднем по опыту формировал урожайность зеленой массы с початками в фазе МВС 19,3 т/га. Минимум составил 8,36 т/га при посеве 5 апреля с густотой стояния 40 тыс. раст./га в 2017 г., максимум – 39,15 т/га, при посеве 15 апреля с густотой стояния растений 70 тыс. раст./га в 2019 г. (таблица 7).

Установлено влияние на урожайность зеленой массы условий года, густоты стояния растений, взаимодействия густоты стояния растений и условий года, сроков сева и условий года. В среднем по фактору В при густоте 40 тыс. растений/га получена самая низкая урожайность зеленой массы – 16,2 т/га.

Средняя по опыту урожайность сухого вещества гибрида Машук 355 МВ составила 6,74 т/га, средняя по фактору А урожайность была минимальной при сроке сева 25 апреля – 6,1 т/га, что позволяет рекомендовать два срока сева – пятое и 15 апреля (таблица 8).

Таблица 7 – Урожайность зеленой массы с початками в фазе МВС гибрида кукурузы Машук 355 МВ, т/га

Срок сева (фактор А)	Густота стояния растений, тыс./га (фактор В)	Год (фактор С)				Средняя по фактору А	Средняя по фактору В
		2016	2017	2018	2019		
5 апреля	40	16,40	8,36	13,63	25,82	19,62	16,12
	50	20,25	11,10	15,38	32,63		19,47
	60	24,00	12,42	17,15	30,76		20,32
	70	26,67	11,62	15,69	32,01		21,30
15 апреля	40	16,40	9,40	13,08	29,95	20,58	
	50	19,75	11,45	20,34	29,00		
	60	20,46	16,50	17,82	30,84		
	70	22,19	14,56	18,47	39,15		
25 апреля	40	12,84	8,48	10,32	28,78	17,71	
	50	16,60	9,95	18,96	28,26		
	60	18,60	11,04	15,50	28,80		
	70	17,01	9,80	16,15	32,35		
Средняя по фактору С		19,26	11,22	16,04	30,69		
НСР $_{05}$ по факторам В – 1,27; С – 1,245; АС – 7,826; ВС – 2,50; А, АВ, АВС – $F_{факт.}<F_{теор.}$							

Таблица 8 – Урожайность сухого вещества гибрида кукурузы Машук 355 МВ в фазе МВС, т/га и доля початков в сухом веществе, %

Срок сева (фактор А)	Густота стояния растений, тыс./га (фактор В)	Год (фактор С)				Средняя по фактору А	Средняя по фактору В	Доля початков в СВ, % (2016–2019 гг.)
		2016	2017	2018	2019			
5 апреля	40	5,85	2,2	7,36	8,69	7,12	5,69	31,99
	50	6,57	2,37	8,25	12,73		6,76	31,24
	60	7,7	2,86	8,5	10,2		7,04	26,88
	70	9,07	3,19	6,84	11,5		7,45	25,66
15 апреля	40	5,1	2,05	5,51	10,12	6,99		27,53
	50	5,7	2,27	9,18	9,63			26,45
	60	7,01	2,7	8,42	12,72			25,51
	70	7,54	1,08	9,37	13,47			27,62
25 апреля	40	4,55	1,86	4,72	10,29	6,1		25,00
	50	5,84	1,32	7,48	9,76			28,35
	60	4,84	1,37	7,7	10,53			22,76
	70	5,05	1,19	9,35	11,74			27,23
Средняя по фактору С		6,24	2,04	7,72	10,95			
НСР $_{05}$ по факторам А – 0,761; В – 0,317; С – 0,376; АВ – 0,895; АС – 0,942; ВС – 0,724; АВС – 1,435.								$F_{факт.}<F_{теор.}$

В среднем за четыре года наблюдалась тенденция снижения доли початков в сухом веществе от раннего срока сева пятого апреля к более позднему – 25 апреля. В 2017 г. початки практически не образовались, их доля в СВ составила 0,29 %.

По кормовой ценности урожай зеленой массы срока сева пятого апреля превосходил срок 15 апреля на 0,56 тыс. КЕ/га (6,37 %), по концентрации ОЭ – на 5,61 ГДж/га (6,39 %). С учетом этих показателей целесообразно рекомендовать срок посева пятого апреля. Максимальная средняя урожайность по фактору В была отмечена при густоте 70 тыс. раст./га – 7,45 т/га.

Для среднеспелого гибрида Машук 355 МВ рекомендуется срок сева пятое апреля и густота стояния 70 тыс. раст./га.

Выводы

Урожайность зеленой массы, сухого вещества гибридов кукурузы разных групп спелости в неорошаемых условиях степной зоны Крыма в большей степени зависела от гидротермических условий вегетационного периода.

В среднем за 2016–2019 гг. установлено, что оптимальной густотой стояния растений для всех изученных гибридов является 70 тыс. раст./га.

Для раннеспелого гибрида Нур оптимальным сроком сева оказалось 15 апреля: урожайность зеленой массы составила 19,9 т/га, сухого вещества – 7,48 т/га, сбор переваримого протеина – 0,41 т/га, обменной энергии – 81,62 ГДж/га.

Для среднераннего гибрида Машук 220 МВ рекомендованы сроки сева 15 и 25 апреля, при которых урожайность зеленой массы составила 18,48 и 19,12 т/га соответственно, сухого вещества – 6,58 и 6,40 т/га, сбор переваримого протеина – 0,33 и 0,42 т/га, обменной энергии – 70,94 и 70,81 ГДж/га.

Среднеспелый гибрид Машук 355 МВ необходимо высевать пятого апреля, при этом получена урожайность зеленой массы 21,08 т/га, сухого вещества – 7,65 т/га, сбор переваримого протеина – 0,48 т/га, обменной энергии – 87,83 ГДж/га.

Доля початков в СВ для трех гибридов была ниже 50 %, что связано с ранней уборкой в связи с засухой, когда листья на растениях преждевременно отмирали.

Литература

1. Кириллов Н. А., Соколова Е. А. Урожайность зеленой массы и зерна гибридов кукурузы отечественной селекции // Аграрная Россия. 2019. № 6. С. 29–33. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-6-29-33.

2. Таранухо В. Г., Бичан Э. Д. Сравнительная оценка гибридов кукурузы по урожайности зеленой массы и сухого вещества // Сборник статей по материалам VII Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию профессора М. Е. Николаева: Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. С. 216–218.

3. Fischer J., Bohm H., Hess J. Maize-bean intercropping yields in Northern Germany are comparable to those of pure silage maize // European Journal of Agronomy. 2020. Vol. 112. DOI: 10.1016/j.eja.2019.125947.

4. 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).

5. Грабовський М. Б., Грабовська Т. О. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин // Агробіологія. 2015. № 2. С. 77–82.

6. Циков В. С. Кукуруза: технология, гибриды, семена. Днепропетровск: Зоря, 2003. 296 с.

7. Зезин Н. Н., Панфилов А. Э., Намятов Н. А. Влияние агротехнических приемов возделывания кукурузы на ее качество // Теория и практика мировой науки. 2017. № 6. С. 2–7.

8. Zhang X. P., Cheng J. L., Wang B., Yan P., Dai H. C., Chen Y. Q., Sui P. Optimum Sowing Dates for High-Yield Maize when Grown as Sole Crop in the North China Plain // Agronomy. 2019. Vol. 9. Iss. 4. DOI: 10.3390/agronomy9040198.

9. Мингалев С. К., Лаптев В.Р., Сурин И.В. Влияние сроков посева на формирование урожайности зеленой массы и продуктивности гибридов кукурузы в условиях Среднего Урала // Аграрный вестник Урала. 2014. № 1. С. 20–22.

10. Орлянский Н. А., Орлянская Н. А., Зубко Д. Г., Маслиёв С. В. Густота растений, урожай и влажность зерна раннеспелых гибридов кукурузы // Кукуруза и сорго. № 2. 2017. С. 3–8.

11. Гусев В. П., Колесниченко В. Т. Почвы сельскохозяйственной опытной станции и прилегающих районов Крымских степей // Труды Крымской Государственной сельскохозяйственной опытной станции. Т. 1. Симферополь: Крымиздат, 1955. С. 21–49.

12. Половицкий И. Я., Гусев П. Г. Почвы Крыма и повышение их плодородия. Симферополь: Таврия, 1987. 152 с.

13. 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.

14. ГОСТ 31675-2012. Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/gost-31675-2012 (дата обращения 14.12.2019).

15. Методические указания по оценке качества и питательности кормов. М.: ЦИНАО, 2002. 75 с.

16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
17. Грингоф И. Г., Попова В. Н., Страшный В. Н. Агрометеорология. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. С. 185.
18. Агрокліматичний довідник по Автономній Республіці Крим (1986–2005 рр.): довідкове видання // за ред. Прудка О. І., Адаменко Т. І. Сімферополь: ЦГМ в АРК, 2011. 344 с.
19. Хомякова Т. В., Зоидзе Е. К. Агроклиматическая оценка почвенных засух на европейской территории РФ (по наземным данным) // Метеорология и гидрология. 2002. № 9. С. 75–85.
20. Ferreira G. Understanding the effects of drought stress on corn silage yield and quality // Proceedings of Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, Indiana, USA, 2015. P. 91–99. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://apps.webofknowledge.com/InboundService.do?customersID =ISIResearchSoft&mode=FullRecord&IsProductCode=Yes&product=WOS&Init=Yes&Func=Frame&DestFail=htt p%3A%2F%2Fwww.webofknowledge.com&action=retrieve&SrcApp=EndNoteWeb&SrcAuth=ISIResearch Soft& SID=E6jOLYU3scX7K7CcbHM&UT=WOS%3A000381162600008 (дата обращения 05.05.2020).

References

1. Kirillov N.A., Sokolova E.A. Yield of green mass and grain of maize hybrids of domestic selection // Agrarnaya Rossiya (Agrarian Russia). 2019. No. 6. P. 29–33. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-6-29-33
2. Taranukho V. G., Bichan E. D. Comparative evaluation of maize hybrids by yield of green mass and dry matter // Collection of articles on the materials of the VII International Scientific and Practical Conference dedicated to the 80th anniversary of Professor M. E. Nikolaev: Technological aspects of crop cultivation. Gorki: Belarusian State Agricultural Academy, 2016. P. 216–218.
3. Fischer J., Bohm H., Hess J. Maize-bean intercropping yields in Northern Germany are comparable to those of pure silage maize // Europaen Journal of Agronomy. 2020. Vol. 112. DOI: 10.1016/j.eja.2019.125947.
4. 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 date12.09.2019).
5. Grabovskii M. B., Grabovskii T. O. Productivity of maize hybrids depending on the plants' density // Agrobiology. 2015. No. 2. P. 77 – 82.
6. Tsikov V. S. Corn: technology, hybrids, seeds. Dnepropetrovsk: Zorya, 2003. 296 p.
7. Zezin N.N., Panfilov A.E. Influence of agrotechnical receptions of emergency corns on its quality// Theory and practice of the world science. 2017. No.6. P. 2–7.
8. Zhang X. P., Cheng J. L., Wang B., Yan P., Dai H. C., Chen Y. Q., Sui P. Optimum Sowing Dates for High-Yield Maize when Grown as Sole Crop in the North China Plain // Agronomy. 2019. Vol. 9. Iss. 4. DOI: 10.3390/agronomy9040198.
9. Mingaliov S. K., Laptev V. R., Surin I. V. The influence of sowing dates on the formation of green mass yield and maize hybrids productivity in the middle Urals // Agrarian Bulletin of the Urals. 2014. No. 1. P. 20–22.
10. 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.
11. Gusev V. P., Kolesnichenko V. T. Soils of the Agricultural Experimental Station and the surrounding areas of the Crimean steppes // Scientific works of the Crimean State Agricultural Experimental station. Vol. 1. Simferopol: Krymizdat, 1955. P. 21–49.
12. Polovitskiy I. Ya. Gusev P. G. Types of soils in the Crimea and increasing its productivity. Simferopol: Tavriya, 1987. 152 p.
13. 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.
14. GOST 31675-2012. Feeds. Methods for determination of crude fibre content with intermediate filtration. [Electronic resource]. Access point: http://docs.cntd.ru/document/gost-31675-2012 (reference's date 14.12.2019).
15. Guidelines for assessing quality and nutritional value of feed. Moscow: CINAO, 2002. 75 p.
16. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
17. Gringof I. G., Popova V. N., Strashniy V. N. Agrometeorology. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1987. P. 185.
18. 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.
19. 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.
20. Ferreira G. Understanding the effects of drought stress on corn silage yield and quality // Proceedings of Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, Indiana, USA, 2015. [Electronic resource]. Access point: http://apps.webofknowledge.com/InboundService.do?customersID=ISIR esearchSoft&mode =FullRecord&IsProductCode=Yes&product=WOS&Init=Yes&Func=Frame&DestFail=http%3A%2F%2F www.webofknowledge.com&action=retrieve&SrcApp=EndNoteWeb&SrcAuth=ISIResearchSoft&SID=E6jO LYU3scX7K7CcbHM&UT=WOS %3A000381162600008 (reference's date 05.05.2020).

UDC 633.255:631.5

Cherkashyna A. V.

INFLUENCE OF ELEMENTS OF CULTIVATION TECHNOLOGY AND WEATHER CONDITIONS ON FORAGE PRODUCTIVITY OF MAIZE HYBRIDS UNDER NON-IRRIGATED CONDITIONS IN THE STEPPE ZONE OF THE CRIMEA

Summary. *Currently, it is especially important to study new maize hybrids and to optimize such elements of maize cultivation as planting dates and plant density due to increased aridity of the climate, insufficient knowledge on the technology of growing maize for silage and green forage on non-irrigated areas, as well as because of the changing varietal assortment on the fields of the Crimean Peninsula. The aim of the research was to identify optimum planting dates and plant density for maize hybrids of different maturity groups to provide the highest yield of green mass under rain-fed conditions of the steppe zone of the Crimea. The experimental studies were carried out in the FSBSI "Research Institute of Agriculture 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^2, accounting – 25 m^2. Field experiments were replicated four times. Soil – chernozems southern low-humus. Selyaninov Hydrothermal Coefficient (HTC) during the growing season of maize (April-September) was 1.46 in 2016; 0.34 in 2017; 0.79 in 2018; 0.78 in 2019. Hydrothermal conditions of the growing season had the most considerable influence on the yield of green mass and dry matter of maize hybrids of different maturity groups. On average, for the period from 2016 to 2019, the optimum plant density for hybrids was 70 thousand plants per hectare. The best planting dates for early-ripening maize hybrid 'Nur' was April 15th, when the yield of green mass was 19.9 t/ha, dry matter – 7.48 t/ha, collection of digestible protein – 0.41 t/ha, metabolic energy – 81.622 GJ ha. For the mid-early hybrid 'Mashuk 220 MV', the recommended planting dates are April 15th and 25th, when the yield of green mass was 18.48 and 19.12 t/ha, dry matter – 6.58 and 6.40 t/ha, collection of digestible protein – 0.33 and 0.42 t/ha, metabolic energy – 70.94 and 70.81 GJ/ha. Medium ripening hybrid 'Mashuk 355 MV' must be sown on April 5th; in this case, the yield of green mass – 21.08 t/ha, dry matter – 7.65 t/ha, collection of digestible protei– 0.48 t/ha, metabolic energy – 87.83 GJ/ha. The proportion of maize cobs in the dry matter for this three hybrids was below 50 % due to early harvest because of drought when the leaves on the plants died prematurely.*

Keywords: *corn Zea mays L., planting dates, plant density, green mass, dry matter, digestible protein, metabolic energy.*

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.

Cherkashyna Anna Vladimirovna, researcher of the Laboratory of seed growing and strain investigation of new genotypes, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea", 150 Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia; e-mail: cherkashyna_a@niishk.ru.

Дата поступления в редакцию – 23.03.2020.
Дата принятия к печати – 20.05.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-180-187
УДК 632.951:632.7:634.11

Чернов В. В., Подгорная М. Е.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ДИМЕТОАТА В АГРОЦЕНОЗАХ ЯБЛОНИ

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»

Реферат. *В системе защиты яблони от вредителей используют фосфорорганические соединения (ФОС) на основе действующего вещества диметоата, применение которых сопряжено с загрязнением окружающей среды их остаточными количествами, поэтому исследования по данной проблеме являются актуальными. Цель исследований – определение динамики трансформации диметоата в яблоневых агроценозах. Для определения фонового содержания диметоата образцы отбирали с сада яблони ЗАО ОПХ «Центральное», где в системе защиты был двукратно применен «Би-58 Новый», КЭ с нормой расхода 1,9 л/га, контроль – заброшенный сад, где обработки не проводили более 10 лет. Варианты опыта: двукратное применение препарата «Би-58 Новый», КЭ (400 г/л диметоата) с нормой расхода 1,9 л/га и контроль, где были исключены обработки в течении 2017–2019 гг., повторность – четырехкратная, в одной повторности четыре дерева. Содержание диметоата определяли при помощи газо-жидкостной хроматографии на хроматографе «Цвет 550». Установлено, что фоновое содержание токсиканта в почве сада яблони весной в период 2017–2019 гг. составило 0,5–0,6 ПДК, осенью по окончании «срока ожидания» отмечено превышение ПДК в 1,2–1,7 раз. Неполное выведение диметоата объясняется способностью его молекул вступать в реакцию комплексообразования с ионами металлов, особенно железа, высокое содержание которого отмечено в почве опытного участка. Выявлено, что после двух обработок препаратом «Би-58 Новый», КЭ (400 г/л диметоата) с нормой расхода 1,9 л/га, содержание ксенобиотика в почве и плодах яблони по истечении «срока ожидания» (40 дней) составило 1,2 ПДК и 1,5 МДУ. В контрольном варианте, расположенном в саду, где в течении 2017–2019 гг. были исключены обработки диметоатом, концентрация в почве составила 0,8 ПДК независимо от срока отбора проб, в плодах яблони наличие поллютанта не было зафиксировано.*

Ключевые слова: *Laspeyresia pomonella L., динамика распада, ксенобиотик, диметоат, яблоня, Голден Делишес, максимально допустимые уровни.*

Введение

В плодовом саду насчитывается свыше 400 видов фитофагов: он характеризуется разнообразием членистоногих, населяющих его и повреждающих различные части дерева. Во всех мировых зонах плодоводства среди этих вредителей наиболее опасны листовертки (также, как и плодожорки). Массовое размножение данных насекомых способствует потерям от 60 до 90 % урожая плодов яблони, снижается лежкость урожая и его товарная ценность.

В «Справочнике пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ» для контроля численности яблонной плодожорки сегодня имеется достаточное количество микробиологических и химических инсектицидов [1].

Наиболее часто в системе защиты яблони применяют такие химические инсектициды, как фосфорорганические соединения (ФОС), действующие на основе следующих веществ: хлорпирифос, диметоат и фозалон. Остаточные количества инсектицидов после применения ФОС очень часто вызывают загрязнение окружающей среды. Таким образом, исследования, посвящённые данной проблеме, являются актуальными.

ФОС присуща высокая биологическая активность, они не только опасны для вредителей сада, но и представляют опасность для человека, поскольку относятся к высокотоксичным ядам [2]. Однако, по представленной в паспортах к препаратам о механизмах действия и токсичности информации, а также по данным ряда авторов, ФОС нового поколения отличаются малым (исчисляемым сутками) периодом полураспада, а также высокой специфичностью действия на организмы разных систематических групп. Указанная специфичность определяется исходя из особенностей метаболизма организмов [2, 3].

Вред, наносимый пестицидами биосфере, не исчерпывается только лишь прямым токсическим действием. Оказалось, что в живой и неживой природе происходят многочисленные процессы их биологической и химической трансформации.

Попавшие в природную среду пестициды (их значительная часть) разлагаются в организмах растений, животных, микроорганизмов или под влиянием окружающей среды, ее физико-химических факторов. Тем не менее, в процессе разложения может происходить не только потеря исходным веществом токсических свойств (детоксикация пестицидов), но и увеличение токсичности веществ, которые образуются (токсификация). Чаще всего те, кто активно внедрял ранее и внедряет сегодня в обиход людей все новые и новые поколения пестицидов, не прогнозировали их превращения.

Однако, параллельно с детоксикацией многие ФОС превращаются в живых организмах в более активные антихолинэстеразные и более токсичные вещества. Этот тип превращения ФОС называется токсификацией или летальным синтезом [3], в результате этого процесса атом серы в связи P=S заменяется на атом кислорода P=O и образуется ингибитор холинэстеразы.

Этот механизм усиления токсичности непосредственно в живых организмах был последовательно доказан для многих ФОС – тиофоса, метафоса, фосфамида, метатиона и так далее. При превращении метатиона в фенитрооксон токсичность возрастает за счет снижения $ЛД_{50}$ с 420–516 мг/кг до 20 мг/кг. В ряде случаев антихолинэстеразная активность ФОП возрастает очень значительно. В частности, для метафоса, карбофоса, тионового изомера меркаптофоса, как и у тиофоса, она повышается почти в 10 000 раз. В случае карбофоса наряду с превращением в более токсичный малаоксон происходит также образование токсичного изо-малатиона. У диметоата при высоких температурах происходит перегруппировка атомов, в результате которой ксенобиотик преобразуется в тиоловый изомер. Получаемое после структурной перегруппировки соединение обладает более высокой токсичностью. Воздействие ультрафиолета, эквивалентного месячному количеству солнечных дней, обеспечивает 100 % распад диметоата при pH = 10; 80 % – при pH = 4; 50 % – при pH = 7. Ионы тяжелых металлов (Cu^{2+}, Fe^{2+} и других, содержание которых в окружающей среде увеличивается с каждым годом) способны образовывать с молекулами диметоата комплексные соединения. Этот процесс оказывает отрицательное влияние на степень гидролиза препарата. За месячный период комплексы диметоата с ионами Cu^{2+} и Fe^{2+} разлагаются всего на 5 % [4–6].

Цель исследований – выявление содержания остаточных количеств диметоата в яблоневых агроценозах прикубанской зоны садоводства Краснодарского края.

В связи с поставленной целью решали следующие задачи:

1. Выявить фоновое и импактное содержание остаточных количеств диметоата в почве и плодах яблони сорта Голден Делишес.

2. Определить скорость разложения инсектицида «Би-58 Новый», КЭ в почве и плодах яблони сорта Голден Делишес.

Материалы и методы исследования

Для определения фонового содержания образцы отбирали в течении 2017–2019 гг. в ЗАО ОПХ «Центральное» с сада яблони сорта Голден Делишес, кв. 66, подвой М9, год посадки – 2002, схема 4 × 2 м, где в системе защиты был двукратно применен «Би-58 Новый», КЭ с нормой расхода 1,9 л/га. Контроль – заброшенный сад, где обработки не проводили более 10 лет. Образцы отбирали согласно «Методическим рекомендациям по фитосанитарному и токсикологическому мониторингам плодовых пород и ягодников»: почва – два раза в год, весной (март) до начала обработок и осенью (октябрь) по их окончанию; плоды – в период уборки урожая [7].

Для определения динамики разложения диметоата проведены мелкоделяночные полевые опыты в ЗАО ОПХ «Центральное», кв. 14Б, подвой М9, год посадки – 2009, схема 4 × 1,2 м. Обработки проведены бензиновым опрыскивателем «Solo», в варианте двукратно применен препарат «Би-58 Новый», КЭ (400 г/л диметоата) с нормой расхода 1,9 л/га, повторность – четырехкратная, в одной повторности четыре дерева, контроль – без обработки инсектицидами в течении 2017–2019 гг. Пробы отбирали на 0 сутки (через пять часов после обработки), 10; 20 и 30-е сутки после последней обработки согласно «Унифицированным правилам отбора проб сельскохозяйственной продукции, продуктов питания и объектов окружающей среды для определения микроколичеств пестицидов» [8].

Лабораторные анализы выполнены на базе токсикологической лаборатории ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия». Содержание остаточных количеств диметоата проводили при помощи газо-жидкостной хроматографии на хроматографе «Цвет 550 М», оснащённым компьютерной программой «Хромос», согласно ГОСТ 30710-2001 [9]. Полученную экстракцию препаратов из растительных проб и почвы очищали н-гексаном. После очистки экстракта галогенсодержащие растворители упаривали досуха, так как их присутствие мешало дальнейшему газохроматографическому определению. Минимально детектируемое количество фосфорорганических соединений – 2,0–0,2 мкл. Чувствительность определения – 0,01 мг/кг, полнота извлечения – 92 ± 7,3%. Относительное время удерживания диметоата – 1 мин 52 сек.

Валовое содержание тяжелых металлов в почве определяли атомно-абсорбционным методом по М-МВИ 80-2008 [10]. Пробу почвы, полученную после микроволнового разложения, анализировали на ААС спектрометре «КВАНТ.Z», где при распылении пробы в аргоновую индуктивно возбужденную плазму, происходит измерение интенсивности излучения атомов.

Работу выполняли в прикубанской зоне центральной подзоне садоводства Краснодарского края, которая представляет собой равнину, расположенную в бассейне реки Кубань. Климат прикубанской зоны мягкий с неравномерным распределением осадков – 180–260 мм за период вегетации. Среднегодовая температура воздуха – 10,4–10,8 °С. Характеризуется сильными годовыми колебаниями температуры, минимум доходит до −32,5 … −37,0 °С, а максимум – до 40 °С. В зоне отмечают заморозки различной интенсивности. Переход температуры выше 5 °С начинается 19–25 марта, свыше 10 °С – 8–12 апреля. За годы проведения исследований температура воздуха в целом была выше средних многолетних показателей на 1,5–3,0 °С. 2017 и 2018 гг. отличались повышенными осадками в весенний период – количество осадков составило 109–223 % нормы.

В прикубанской части края преобладают черноземы сверхмощные, слабовыщелоченные, pH 6,5–7,5; с запасом гумуса 579 т/га [11].

Результаты и их обсуждение

В результате ранее проведенных исследований токсикологической лаборатории СКЗНИИСиВ установлено, что в садовых агроценозах Краснодарского края фоновое

содержание остаточных количеств диметоата превышает гигиенические регламенты в 1,3–1,4 раза у 53 % обследуемых образцов почвы и у 100 % плодов яблок, отобранных в период съема урожая. Его концентрация варьировала в пределах 0,0001–0,0040 мг/кг, но несмотря на незначительные количественные показатели содержания «БИ-58 Новый», КЭ, отмечено превышение его регламентов, так как содержание диметоата в продукции не допускалось нормативными актами [2]. Такое явление наблюдали до 2014 г., однако в связи с изменением параметров качества и безопасности продукции были введены новые требования оценки соответствия продуктов питания в Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011 [12], утвержденный Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880 и вступили в силу 01.07.2013 г. после внесения изменений в единые санитарно-гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому контролю. В гигиенических нормативах (ГН) 1.2.1323-03 от 06.05.2003 г. было прописано, что ПДК диметоата в почве составляет 0,1 мг/кг и не допускается наличие в плодах яблони, в настоящее время согласно ГН 1.2.3539-18 от 09.06.2018, показатели по ПДК не изменились, но введены временные максимально допустимые уровни (ВМДУ) в плодах, которые составили 0,02 мг/кг [13].

В 2017–2019 гг. фоновое содержание диметоата почве сада яблони перед проведением плановых обработок текущего года составила 0,5–0,6 ПДК, осенью по окончании «срока ожидания» отмечено превышение ПДК в 1,2–1,7 раз (рисунок 1).

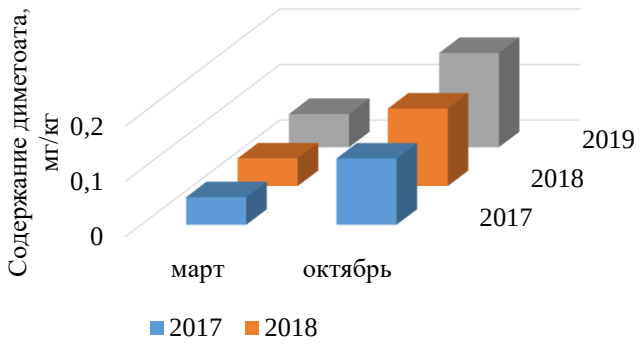


Рисунок 1 – Фоновое содержание остаточных количеств диметоата в почве сада яблони, сорт Голден Делишес

Примечание. *$НСР_{05}$: март – 0,81; октябрь – 0,53.*

В контрольном варианте количество диметоата составляло 0,3–0,5 ПДК как в весенний период отбора, так и в осенний.

Неполное выведение диметоата можно объяснить способностью его молекул вступать в реакцию комплексообразования с ионами металлов, содержание которых в выщелоченных черноземах достаточное. Ионы металлов, прежде всего железа, способны притягивать к себе молекулы инсектицида и вступать с ними в процесс комплексообразования. При контакте ионов тяжелых металлов, особенно железа, у которых есть свободные орбитали на d-подуровне с молекулами диметоата, имеющего неподеленные электронные пары на атомах серы и азота, происходит образование донорно-акцепторной связи. В результате образуются комплексные соединения металл-диметоат, которые практически не разлагаются в почве [6].

Анализ почвы опытного участка подтвердил высокое содержание железа и других тяжелых металлов, что способствует накоплению диметоата в почве (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в почве сада яблони, сорт Голден Делишес

Показатель	2017 г.	2018 г.	2019 г.	$НСР_{05}$	ПДК/ОДК
Кобальт (вал.), мг/кг	22	22	22		-
Марганца оксид, мг/кг	684	792	688	26	-
Цинк (вал.), мг/кг	54	67	53	9	220
Никель (вал.), мг/кг	43	48	40	7	80
Свинец (вал.), $млн^{-1}$	38,8	14,1	14,7	12,7	130
Хром (вал.), мг/кг	114	123	111	8	-
Мышьяк (вал.), $млн^{-1}$	1,6	8,8	10,6	7,3	10
Железо (вал.), $млн^{-1}$	>5000 (≈26126)	>5000 (≈22584)	>5000 (≈24020)	142	-

При изучении динамики разложения диметоата установлено, что после двух обработок «Би-58 Новым», КЭ (400 г/л диметоата) с нормой расхода 1,9 л/га, содержание ксенобиотика в почве и плодах яблони сорта Голден Делишес по истечении «срока ожидания» (40 дней) составило 1,2 ПДК и 1,5 МДУ. В контрольном варианте, расположенном в саду, где в течении 2017–2019 гг. были исключены обработки диметоатом, концентрация в почве составила 0,8 ПДК независимо от срока отбора проб, в плодах яблони наличие поллютанта не зафиксировано (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика распада инсектицида «Би-58 Новый», КЭ (400 г/л диметоата) в почве и плодах яблони, мг/кг (среднее за 2017–2019 гг.)

Сроки отбора, сутки после двукратной обработки	Почва		$НСР_{05}$	Плоды		$НСР_{05}$
	контроль	опыт		контроль	опыт	
0 (через 3 ч)	0,08	0,40	1,4	0,00	0,40	1,60
10	0,08	0,42	1,5	0,00	0,32	1,40
20	0,08	0,30	1,2	0,00	0,18	1,10
30	0,08	0,20	0,9	0,00	0,10	0,80
40	0,08	0,12	0,5	0,00	0,03	0,40
ПДК/МДУ	0,1			0,02		

Выводы

В результате исследований установлено, что в 2017–2019 гг. фоновое содержание диметоата в почве сада яблони сорта Голден Делишес весной перед проведением плановых обработок текущего года составило 0,5–0,6 ПДК, осенью по окончанию «срока ожидания» отмечено превышение ПДК в 1,2–1,7 раз. Неполное выведение диметоата объясняется способностью его молекул вступать в реакцию комплексообразования с ионами металлов, особенно железа, высокое содержание которого отмечено в почве опытного участка.

Выявлено, что после двух обработок «Би-58 Новым», КЭ (400 г/л диметоата) с нормой расхода 1,9 л/га, содержание ксенобиотика в почве и плодах яблони сорта Голден Делишес по истечении «срока ожидания» (40 дней) составило 1,2 ПДК и 1,5 МДУ соответственно. В контрольном варианте, расположенном в саду, где в течении 2017–2019 гг. были исключены обработки диметоатом, концентрация в почве составила 0,8 ПДК независимо от срока отбора проб, в плодах яблони наличие поллютанта не зафиксировано.

Рекомендовано при составлении системы защиты яблони учитывать, что ежегодное применение инсектицидов фосфорорганического синтеза (на примере д.в. диметоата) приводит к накоплению ксенобиотика в почве и плодах яблони.

Литература

1. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации на 2019 год. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

https://msh.krasnodar.ru/deyatelnost/activities/s67/gosudarstvennyy-katalog-pestitsidov-i-agrokhimikatov-razreshennykh -k-primeneniyu-na-territorii-rossiyskoy-fede (дата обращения 22.03.2020).

2. Ганиев М. М., Недорезков В. Д. Химические средства защиты растений. СПб.: Лань, 2013. 400 с.

3. Подгорная М. Е. Контроль остаточных количеств инсектицидов, применяемых в системах защиты яблони: монография. Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ, 2013. 135 с.

4. Воробьева Т. Н. Подгорная М. Е. Трансформация фунгицида Фалькон в экосистеме почва – виноград // Вестник АПК Ставрополья. 2017. № 2. С. 134–136.

5. Прах С. В., Мищенко И. Г. Болезни и вредители косточковых культур и меры борьбы с ними. Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ, 2013. 98 с.

6. Орлин Н. А. Влияние ионов железа на свойства инсектицида диметоата // Успехи современного естествознания. 2008. № 6. С. 153–154.

7. Методические указания по фитосанитарному и токсикологическому мониторингам плодовых пород и ягодников // Сост. Смольякова В. М., Бердыш Ю. И., Подгорная М. Е. Якуба Г. В. Краснодар СКЗНИИ садоводства и виноградарства, 2002. 201 с.

8. Клисенко М. А. Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде. М.: Колос, 1983. 304 с.

9. ГОСТ 30710-2001. Плоды, овощи и продукты их переработки. Методы определения остаточных количеств фосфорорганических пестицидов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200025317 (дата обращения 20.03.2020).

10. М-МВИ 80-2008. «Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектрометрии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293824/4293824289.htm (дата обращения 23.03.2020).

11. Паспорт гидрометеорологической безопасности Краснодарского края. Федеральное государственное бюджетное учреждение “Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных” (ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД») [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://meteo.ru (дата обращения 20.03.2020).

12. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/902320560 (дата обращения 23.03.20).

13. ГН 1.2.3539-18. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293737/4293737113.htm (дата обращения 23.03.20).

References

1. State catalog of pesticides and agrochemicals allowed for use in the Russian Federation for 2019. [Electronic resource]. Access point: https://msh.krasnodar.ru/deyatelnost/activities/s67/ gosudarstvennyy-katalog-pestitsidov-i-agrokhimikatov-razreshennykh -k-primeneniyu-na-territorii-rossiyskoy-fede (reference’s date 22.03.2020).

2. Ganiev M. M., Nedorezkov V. D. Chemical means of plant protection. Saint-Petersburg: LAN, 2013. 400 p.

3. Podgornaya M. E. Control of residual amounts of insecticides used in Apple protection systems: monograph. Krasnodar: SSI “North Caucasian Research Institute of Horticulture and Viticulture”, 2013. 135 p.

4. Vorobyova T. N. Podgornaya M. E. Transformation of fungicide Falcon in the soil–grape ecosystem // Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2017. No. 2. P. 134–136.

5. Prakh S. V., Mishchenko I. G. Diseases and pests of stone crops and measures to combat them. Krasnodar: SSI “North Caucasian Research Institute of Horticulture and Viticulture”, 2013. 98 p.

6. Orlin N. A. Influence of iron ions on the properties of the insecticide dimethoate // Advances in Current Natural Sciences. 2008. No. 6. P. 153-154.

7. Guidelines for phytosanitary and toxicological monitoring of fruit breeds and berries // Comp. Smolyakova V. M., Berdysh Yu. I., Podgornaya M. E. Yakuba G. V. Krasnodar: North Caucasian Research Institute of Horticulture and Viticulture, 2002. 201 p.

8. Klisenko M. A. Methods for determining the micro-quantities of pesticides in food, feed and environment. Moscow: Kolos, 1983. 304 p.

9. GOST 30710-2001. Fruits, vegetables and derived products. Methods for determination of phosphororganic pesticides. [Electronic resource]. Access point: http://docs.cntd.ru/document/1200025317 (reference’s date 20.03.2020).

10. M-MVI 80-2008. Methods for measuring the mass fraction of elements in soil and sediment samples using atomic emission and atomic absorption spectrometry. [Electronic resource]. Access point: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293824/4293824289.htm (reference’s date 23.03.2020).

11. Passport of hydrometeorological safety of the Krasnodar territory. Federal State Budgetary Institution “All Russian Research Institute of Hydrometeorological Information - World Data Center” [Electronic resource]. Access point: http://meteo.ru (reference’s date 20.03.2020).

12. TR TS 021/2011. Technical Regulations of the Customs Union “On foodstuff safety”. [Electronic resource]. Access point: http://docs.cntd.ru/document/902320560 (reference’s date 23.03.20).

13. GN 1.2.3539-18. Hygienic standards for the content of pesticides in the environment (list). [Electronic resource]. Access point: https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293737/4293737113.htm (reference’s date 23.03.20).

UDC 632.951:632.7:634.11

Chernov V. V., Podgornaya M. E.

REGULARITIES OF TRANSFORMATION OF DIMETHOATE IN APPLE-TREE AGROCENOSES

Summary. *Organophosphorus compounds based on dimethoate are used in the pest protection system of the apple tree. The use of this insecticide is associated with environmental pollution by its residual amounts, therefore studies the issue are relevant. The aim of the research was to determine the dynamics of transformation of dimethoate in apple-tree agrocenosis. The research was conducted from 2017 to 2019 at the stationary experimental site of the CJSC Experimental and Production Economy “Tsentralnoye”. To determine the background content of residual amounts of dimethoate, soil samples were taken from the apple orchard, where insecticide “Bi-58 Novy” was twice applied in the protection system (consumption rate – 1.9 l/ha). An abandoned garden, where insecticide was used for more than 10 years, served as a control in this research. To determine the dynamics of the decomposition of dimethoate, small-scale field experiments were carried out. “Bi-58 Novy” (400 g/l of dimethoate) with a consumption rate of 1.9 l/ha was applied twice; four-fold replication; four trees in one replication; control – variant without treatment with insecticides during 2017–2019. Laboratory tests were performed in the Laboratory of protection and toxicological monitoring of perennial agrocenoses of the FSBSI “North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making”. Content of dimethoate was carried out using gas-liquid chromatography on a chromatograph “Tsvet 550 M”. In 2017-2019, in spring, the background content of dimethoate in the soil from apple orchard was 0.5-0.6 of the maximum permitted concentration (MPC); in autumn, at the end of the “waiting period”, MPC exceeded by 1.2-1.7 times. Removal of dimethoate was incomplete; it is explained by the ability of its molecules to react with metal ions, especially with iron, the high content of which was in the soil of the experimental site. After two treatments with “Bi-58 Novy”, (400 g/l of dimethoate) with a consumption rate of 1.9 l/ha, the content of xenobiotic in the soil and fruits after the “waiting period” (40 days) was 1.2 of maximum permitted concentration and 1.5 of maximum permissible level. In the control variant, which was located in the orchard, where no treatment with dimethoate was conducted in 2017–2019, the concentration in the soil was 0.8 of maximum permitted concentration regardless of the sampling period. Moreover, there were no pollutant in apple fruit.*

Keywords*: Laspeyresia pomonella L., decay dynamics, xenobiotic, dimethoate, apple tree, Golden Delicious, maximum permissible levels.*

Чернов Василий Вячеславович, аспирант лаборатории защиты и токсикологического мониторинга многолетних агроценозов ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350072, Россия, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; e-mail: alximik_02@mail.ru.

Подгорная Марина Ефимовна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией защиты и токсикологического мониторинга многолетних агроценозов ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350072, Россия, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; e-mail: podgornayame@mail.ru.

Chernov Vasiliy Vyacheslavovich, graduate student of the Laboratory of protection and toxicological monitoring of perennial agrocenoses of the FSBSI “North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making”; 39 im. 40-letiya Pobedy str., Krasnodar, 350072, Russia; e-mail: alximik_02@mail.ru.

Podgornaya Marina Efimovna, Cand. Sc. (Biol.), head of the Laboratory of protection and toxicological monitoring of perennial agrocenoses of the FSBSI “North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making”; 39 im. 40-letiya Pobedy str., Krasnodar, 350072, Russia; e-mail: podgornayame@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 06.04.2020.
Дата принятия к печати – 06.06.2020.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-188-197
УДК 632.4.01/.08:632.952:632.95.025.8

Якуба Г. В., Астапчук И. Л., Насонов А. И.

ДЕЙСТВИЕ ФУНГИЦИДОВ *IN VITRO* НА ГРИБЫ РОДА *FUSARIUM* LINK, ВЫЗЫВАЮЩИЕ ГНИЛЬ СЕРДЦЕВИНЫ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»

Реферат. *Увеличение вредоносности нового для Северо-Кавказского региона опасного заболевания яблони – гнили сердцевины плодов – и расширение видового состава его возбудителей делает актуальным изучение эффективности фунгицидов в отношении отдельных видов лабораторными методами с использованием чистых культур грибов. Цель исследований – определение эффективности ряда фунгицидов химического происхождения in vitro против некоторых видов рода Fusarium Link, которые являются возбудителями гнили сердцевины плодов яблони. Исследования выполнены в 2019–2020 гг. в лаборатории биотехнологического контроля фитопатогенов и фитофагов ФГБНУ СКФНЦСВВ. Объекты исследований: виды рода Fusarium, выделенные из семенной камеры пораженных плодов яблони: F. avenaceum (Fr.) Sacc., F. solani (Mart.) Sacc. и F. semitectum Berk. & Ravenel. Изучено влияние на рост культуры грибов химических фунгицидов различного механизма действия: «Хорус» ВДГ (750 г/кг ципродинила), – 0,025 % (концентрация по препарату); «Луна Транквилити», КС (125 г/л флуопирама + 375 г/л пириметанила) – 0,12 %; «Грануфло», ВДГ (800 г/кг тирама) – 0,30 %; стандарт – «Скор», КЭ (250 г/л дифеноконазола) – 0,035 %; контроль – дистиллированная вода. Эксперименты для всех препаратов проводили на картофельно-глюкозном агаре, а для фунгицидов «Хорус», ВДГ и «Луна Транквилити», КС дополнительно на синтетической среде Leroux, не содержащей аминокислот. В условиях in vitro установлена высокая (90–100 %) биологическая эффективность четырех препаратов против F. avenaceum (Fr.) Sacc. Против видов F. solani (Mart.) Sacc. и F. semitectum Berk. & Ravenel. недостаточную эффективность проявили препараты «Луна Транквилити», КС (21,9 и 24,0 %), «Грануфло», ВДГ (17,3 и 17,8 %); в случае препарата «Хорус», ВДГ (4,1 и 6,6 %) можно говорить об отсутствии чувствительности к фунгициду у изученных видов. Фунгицид «Скор» КЭ ингибировал рост F. solani и F. semitectum на 72 %. Для препаратов «Хорус», ВДГ и «Луна Транквилити», КС не отмечено значимого влияния состава среды на степень чувствительности к ним грибов F. solani и F. avenaceum. Приведённые результаты являются первым сообщением о чувствительности к фунгицидам возбудителей гнили сердцевины плодов из рода Fusarium Link и указывают на высокую видоспецифичность эффективности различных химических фунгицидов в отношении этих видов.*

Ключевые слова: *яблоня Malus domestica Borkh., семенная камера, Fusarium, фунгициды, in vitro, эффективность.*

Введение

В производстве плодов яблоня занимает первое место, как в Северо-Кавказском регионе, так и в мире. Существенное снижение урожайности и качества продукции происходит, прежде всего, в результате поражения плодов микозами. В настоящее время к наиболее опасным из них относится гниль сердцевины (семенной камеры) плода. Заболевание вызывает комплекс полупаразитных грибов; среди возбудителей зарегистрированы несколько видов рода *Fusarim* Link, а также виды рода *Alternaria* Nees [1–4]. Гниль семенной камеры чаще всего обнаруживается лишь при разрезании плодов. Заражение яблони еще в период цветения с дальнейшим, зачастую бессимптомным, развитием болезни затрудняет своевременную выбраковку

некачественной продукции. В иностранной литературе меры контроля заболевания касаются видов рода *Alternaria* [5]. Для вида *Alternaria alternata* (Fr.: Fr.) Keissler нами разработана система защиты на основании тестирования эффективности фунгицидов *in vitro*. Препараты «Полирам ДФ» (700 г/кг метирама), ВДГ, «Строби» (500 г/кг крезоксим-метила), ВДГ и «Хорус» (750 г/кг ципродинила), ВДГ обладали 100 % фунгитоксическим действием в отношении возбудителя [6]. С увеличением распространенности болезни в насаждениях яблони региона и расширением состава комплекса патогенов, участвующих в инфицировании цветков, в первую очередь за счет видов рода *Fusarim* [4], отмечено снижение в полевых условиях эффективности фунгицидов, применяемых в контроле заболевания. Это влечет за собой увеличение количества обработок, и, следовательно, повышение пестицидной нагрузки на агроценоз, что на плодовых и ягодных культурах особенно недопустимо, а также приводит к разбалансировке всего комплекса биологических, химических и физиологических процессов в растениях и почве [7]. В связи с этим необходим постоянный мониторинг эффективности фунгицидов против возбудителей болезни. Поскольку в случае данного патогенеза сердцевина плодов оказывается инфицированной несколькими видами грибов одного или разных родов, не все применяемые фунгициды проявляют одинаковую эффективность в контроле болезни. В литературе имеется крайне мало сведений об эффективности химических препаратов, применяемых для защиты растений от комплекса патогенов рода *Fusarim* Link. Не всегда возможно оценить эффективность ингибирования химическими препаратами конкретного вида гриба, кроме того, многие фитопатогены могут приобретать определенный уровень резистентности к фунгицидам. По этой причине возникает необходимость изучения эффективности препаратов в отношении отдельных видов с помощью лабораторных методов с использованием чистых культур грибов. Метод *in vitro* позволяет в достаточно короткие сроки оценить эффективность химических препаратов против возбудителей болезней, в частности грибов рода *Fusarium* [8–10]. Данным методом изучена реакция грибов из рода *Fusarim* на однокомпонентные фунгициды с действующими веществами (д. в.) дифеноконазол, флудиоксонил, тебуконазол, крезоксим-метил, азоксистробин, а также на двухкомпонентные препараты – тебуконазол + тиабендазол, тебуконазол + протиоконазол, тебуконазол + имазалил, тиабендазол + флутриафол [10–13].

Нами не найдены сообщения об оценке эффективности фунгицидов *in vitro* на видах рода *Fusarim* Link, возбудителях гнили сердцевины плодов яблони. Однако в научной литературе обширно представлены результаты по чувствительности к фунгицидам в лабораторных условиях видов этого рода, возбудителей болезней зерновых и других сельскохозяйственных культур. Результаты *in vitro* экспериментов российских коллег показали, что фунгицид «Колосаль» (д. в. – тебуконазол), КЭ способен ограничивать рост и токсинообразование (токсин Т-2) гриба *F. sporotrichioides* Sherb. – возбудителя фузариоза зерна пшеницы [12]. Фунгицид «Спартак» (д. в. – гидроокись меди), КС способен ингибировать развитие видов *F. acuminatum* Ellis & Verh, *F. culmorum* (W. G. Smith) Sacc. и *F. sporotrichioides* на 92,7–100 % [9]. Изучение фунгицидной активности о-фенилендиамина на шести грибах рода *Fusarium* – возбудителях наиболее широко распространенных в Центральном регионе России заболеваний сельскохозяйственных растений, показало сокращение роста мицелия на 22 % у *F. oxysporum* Schlecht. и 48 % ингибирования *F. moniliforme* J. Sheld. [14].

Литературные данные свидетельствуют, что триазолы проявляют неодинаковую эффективность в отношении фузариевых грибов. Имеются данные, что наиболее эффективными действующими веществами против патогенов родов *Fusarium* являются тиабендазол (класс бензимидазолов) и имазалил (класс

имидазолов), КЭ; например, в рекомендованной концентрации двухкомпонентный препарат «Скарлет» (100 г/л имазалила + 60 г/л тебуконазола), МЭ обеспечивал 100 % подавление прорастания конидий *Fusarium sp.* В то же время тебуконазол и протиоконазол демонстрируют только слабый эффект подавления, а флутриафол стимулирует рост и развитие *Fusarium sp.* [13]. Ильюк А. Г. (2008) сообщает о высокой чувствительности изолятов *F. avenaceum*, выделенных с зерновых культур, по отношению к препаратам, содержащим триазолы: к «Альто-супер» (250 г/л пропиконазола + 80 г/л ципроконазола), КЭ, а также к «Фалькону» (167 г/л тебуконазола + 43 г/л триадименола + 250 г/л спироксамина), КЭ [19].

Как известно, применение моносайтовых фунгицидов может приводить к появлению природных штаммов, проявляющих резистентные свойства к химическим препаратам. Результаты исследований Буланова А. Г. и других [11] свидетельствуют о том, что рекомендуемая доза фунгицида «Максим» (25 г/л флудиоксонила), КС не оказывает воздействия на *F. oxyspsorum* при росте на агаризованной среде. Возникновение такой устойчивости говорит о приобретенной метаболической резистентности микроорганизма.

Анализ литературы указывает на то, что возбудители *Fusarium sp.* являются патогенами с потенциально высокими уровнями устойчивости и вызывают необходимость постоянного мониторинга эффективности химических препаратов против данных патогенов в культуре *in vitro,* что является актуальным и для возбудителей гнили сердцевины плодов яблони.

Цель исследований – определить эффективность фунгицидов химического происхождения *in vitro* против некоторых видов рода *Fusarium*, возбудителей гнили сердцевины плодов яблони.

Материалы и методы исследования

Исследования выполнены в 2019–2020 гг. в лаборатории биотехнологического контроля фитопатогенов и фитофагов ФГБНУ СКФНЦСВВ. Объектами исследования являлись чистые культуры видов: *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., а также впервые обнаруженных и выделенных в 2019 г. из семенной камеры пораженных плодов яблони *F. solani* (Mart.) Sacc. и *F. semitectum* Berk. & Ravenel. Предмет исследования – эффективность фунгицидов против этих возбудителей. В работе изучено действие фунгицидов: «Хорус» (750 г/кг ципродинила), ВДГ – 0,025 % (концентрация по препарату); «Луна Транквилити» (125 г/л флуопирама + 375 г/л пириметанила), КС – 0,12 %; «Грануфло» (800 г/кг тирама), ВДГ – 0,30 %; стандартом служил «Скор» (250 г/л дифеноконазола), КЭ – 0,035 %, контролем – дистиллированная вода. Растворы фунгицидов готовили из расчёта концентраций, рекомендуемых производителем, следующим образом: на 100 мл стерильной воды добавляли: 120 мкл «Луна Транквилити», КС; 35 мкл «Скор», КЭ; 300 мкл «Грануфло», ВДГ; 25 мкл «Хорус», ВДГ. Водные растворы препаратов готовили в день эксперимента и использовали свежими. В каждую чашку Петри наносили по 300 мкл водного раствора препарата или воды и равномерно распределяли стерильным стеклянным шпателем по поверхности питательного агара. Посев изолятов данных видов производили небольшим кусочком воздушного мицелия уколом в центр чашки Петри на среду КГА (картофельно-глюкозный агар) в трехкратной повторности. В связи с особенностями механизма действия некоторых химических групп веществ на фитопатогенные грибы для проверки их биологической эффективности требуется использование специальных синтетических сред. Известно, что механизм действия группы фунгицидов, относящихся к анилинопиримидинам, основан на нарушении биосинтеза аминокислоты метионина [15]. Для выявления чувствительности грибов к этим фунгицидам некоторые исследователи рекомендуют использовать бедные питательные среды, лишенные аминокислот. В составах этих сред важно избегать

присутствия таких сложных природных компонентов, как белковые гидролизаты, дрожжевой экстракт или солод, а также вытяжки и отвары из картофеля [16]. В связи с этим для дополнительного изучения эффективности фунгицидов «Хорус», ВДГ и «Луна Транквилити», КС, содержащих компоненты из класса анилинопиримидинов, против патогенов *F. avenaceum* и *F. solani* использовали синтетическую питательную среду Leroux следующего состава: 10 г глюкозы, 2 г K_2HP0_4, 2 г KH_2P0_4 и 12,5 г микробиологического агара на 1 л дистиллированной воды [17]. Полученные опытные и контрольные посевы ставили в термостат на семь суток и инкубировали при 25 °С. Критерием оценки биологической эффективности (БЭ) препаратов служила средняя скорость роста (см) колонии гриба (воздушного мицелия), анализ которой проводили по общепринятой методике [8]. Все процедуры, связанные с манипуляциями с чистыми культурами, проводили в стерильных условиях.

Результаты и их обсуждение

Все изученные фунгициды в разной степени вызвали ингибирование роста воздушного мицелия анализируемых видов рода *Fusarium* (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 – Влияние фунгицидов на мицелиальный рост *F. avenaceum, F. solani* и *F. semitectum in vitro* на среде КГА

Вариант опыта	*F. avenaceum*		*F. solani*		*F. semitectum*	
	Рост культуры, см	БЭ*, %	Рост культуры, см	БЭ, %	Рост культуры, см	БЭ, %
Контроль	5,0	-	7,3	-	7,5	-
«Хорус», ВДГ	0	100	7,0	4,1	7,0	6,6
«Луна Транквилити», КС	0	100	5,7	21,9	5,7	24,0
«Грануфло», ВДГ	0,5	90	6,0	17,8	6,2	17,3
«Скор», КЭ – стандарт	0,5	90	2,0	72,6	1,8	76,0
$НСР_{05}$	1,95		1,06		1,11	

Примечание. ** БЭ – биологическая эффективность.*

Наибольшую чувствительность ко всем тестируемым препаратам проявил *F. avenaceum*. Препараты «Хорус», ВДГ и «Луна Транквилити», КС показали полное подавление роста мицелия этого вида.

Как отмечено выше, один из компонентов фунгицида «Луна Транквилити», КС – пириметанил – входит в химический класс анилинопиримидинов, к которому также относится действующее вещество препарата «Хорус», ВДГ – ципродинил. Можно предположить наличие эффективности других действующих веществ из класса анилинопиримидинов в отношении *F. avenaceum.*

Два других вида – *F. semitectum* и *F. solani* – характеризовались низкой чувствительностью к фунгицидам «Хорус», ВДГ, «Луна Транквилити», КС и «Грануфло», ВДГ. Так, к препарату «Хорус», ВДГ они были практически не чувствительны. Фунгициды «Луна Транквилити», КС и «Грануфло», ВДГ слабо подавляли рост мицелия грибов: их биологическая эффективность варьировала от 17 % до 24 %. Конечно, при таких значениях показателя эффективности, полученных в лабораторных условиях, данные препараты не способны обеспечить эффективный контроль этих патогенов и в условиях поля. Максимальная биологическая эффективность для этих видов была отмечена только у фунгицида-стандарта. Однако препарат «Скор», КЭ действовал на рост грибов *F. solani* и *F. semitectum* слабее, чем на рост *F. avenaceum.*

Для подтверждения эффективности препаратов, содержащих действующие вещества анилинопиримидинового класса («Хорус», ВДГ и «Луна Транквилити», КС), в отношении *F. avenaceum* и отсутствия эффективности их в отношении *F. solani* были

также проведены опыты на синтетической среде Leroux, которая не содержит источники аминокислот.

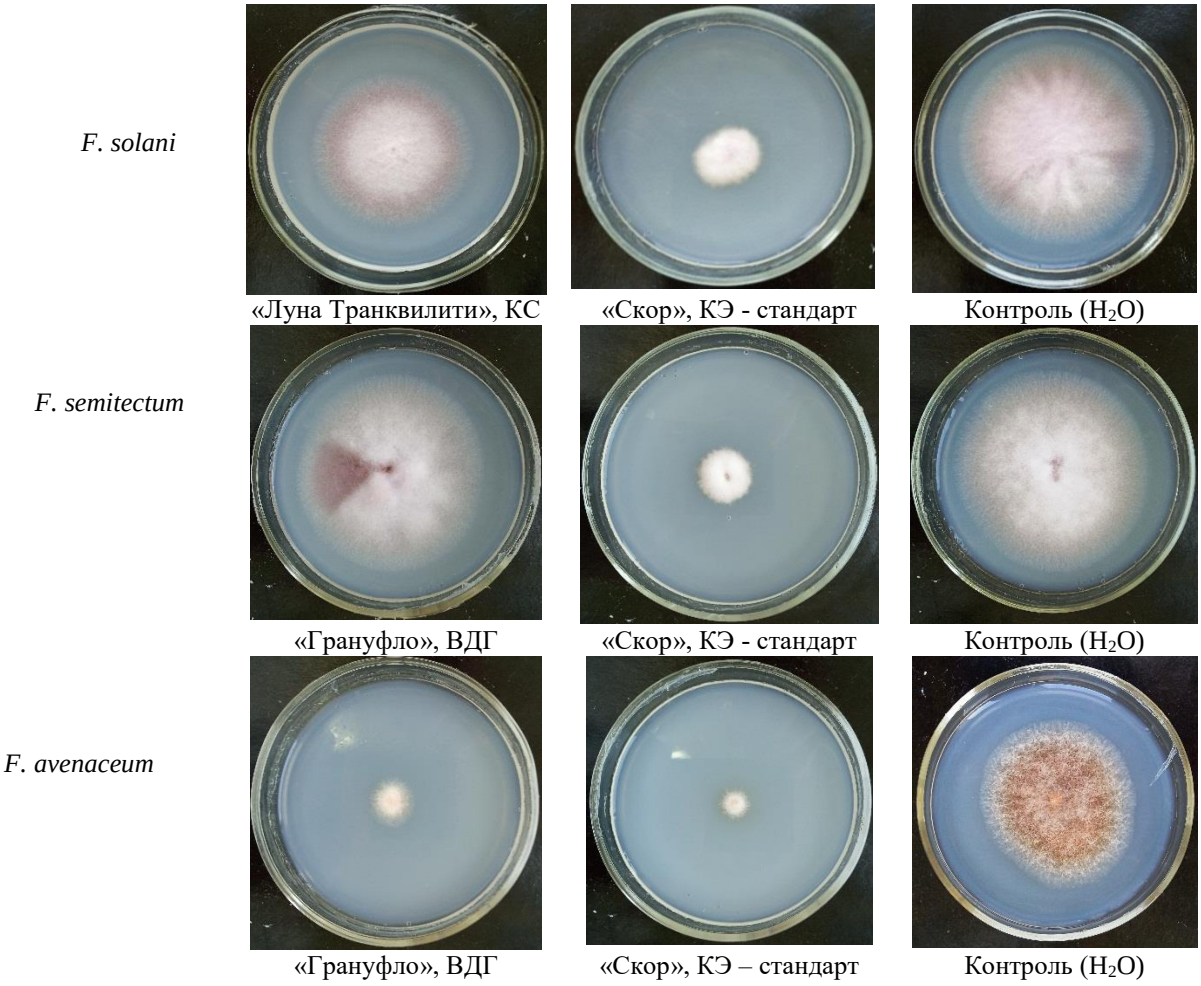


Рисунок 1 – Влияние некоторых фунгицидов на рост мицелия *F. solani*, *F. semitectum* и *F. avenaceum in vitro* (седьмые сутки) на КГА

В целом, для этой среды отмечен менее интенсивный рост как воздушного, так и субстратного мицелиев обоих видов рода *Fusarium,* по сравнению с картофельно-глюкозной питательной средой, что связано с меньшим количеством питательных веществ в ней. Изучение действия этих фунгицидов на синтетической среде Leroux на *F. avenaceum* показало 100 %-ю эффективность, как и на среде КГА (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние фунгицидов на мицелиальный рост *F. avenaceum* и *F. solani* *in vitro* на среде Leroux

Вариант опыта	*F. solani*		*F. avenaceum*	
	Рост культуры, см	БЭ*, %	Рост культуры, см	БЭ, %
Контроль (H_2O)	6,5	-	2,7	-
«Хорус», ВДГ	6,3	3,0	0	100
«Луна Транквилити», КС	4,0	38,4	0	100
$НСР_{05}$	1,23		1,88	

Примечание. ** БЭ – биологическая эффективность.*

Патоген *F. solani* на синтетической среде проявил низкую чувствительность к препарату «Хорус», ВДГ. Таким образом, биологическая эффективность против него у фунгицида «Хорус», ВДГ была идентичная эффективности на КГА. При этом БЭ

фунгицида «Луна Транквилити», КС на данной среде для изученного патогена была выше на 16,5 % чем на КГА. Однако, в целом это недостаточная эффективность для подавления данного штамма. Влияние среды на проявление фунгистатического действия препарата, в данном случае, не может быть доказано, ввиду незначимости полученных различий.

Как показал анализ литературных источников, оценку чувствительности фитопатогенных грибов *in vitro* к фунгицидам из группы анилинопиримидинов некоторые исследователи проводили с использованием синтетических сред, не содержащих аминокислоты. Так, для классического объекта *Botrytis cinerea* Fr. (teleomorph *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel.), на котором был изучен биохимический способ действия этих фунгицидов, показано, что ингибирующая активность анилинопиримидинов *in vitro* была низкой на питательных средах, содержащих сложные компоненты, такие, как дрожжевой или солодовый экстракт, тогда как рост на минимальных по составу средах увеличивал чувствительность изолятов *B. cinerea* более, чем в 100 раз [20, 21]. Между тем, некоторые исследователи показали отсутствие влияния состава питательных сред на степень ингибирования мицелиального роста на таких грибах, как *Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter [22] и *Fusarium oxysporum, F. sp. lycopersici* [23], что согласуется с полученными нами в этой работе данными.

В наших исследованиях дифеноконазол оказался наиболее эффективным из испытанных действующих веществ, оказав значительный ингибирующий эффект на рост колоний изолятов *F. avenaceum, F. solani и F. semitectum*.

Высокая эффективность дифеноконазола в отношении различных видов фитопатогенных грибов рода *Fusarium,* в том числе к исследованным нами *F. avenaceum, F. solani,* в *in vitro* экспериментах показана рядом исследователей [24, 25].

Выводы

Впервые проведено лабораторное исследование чувствительности некоторых видов рода *Fusarim* Link – возбудителей гнили семенной камеры плодов яблони к фунгицидам. Определение эффективности четырех химических препаратов в отношении *F. solani, F. semitectum* и *F. avenaceum in vitro* показало вариацию чувствительности изученных видов к фунгицидам «Хорус», ВДГ, «Луна Транквилити», КС, «Грануфло», ВДГ и «Скор», КЭ. Установлена достаточная биологическая эффективность (90–100 %) всех изученных препаратов только для одного из исследованных видов – *F. avenaceum.* При этом максимальная эффективность получена у фунгицидов «Хорус», ВДГ и «Луна Транквилити», КС, действующие вещества которых относятся к химическому классу анилинопиримидинов.

Для видов *F. solani* и *F. semitectum* показаны отсутствие чувствительности к препарату «Хорус», ВДГ (эффективность 4,1 и 6,6 %) и устойчивость к действию фунгицидов «Луна Транквилити», КС (21,9 и 24,0 %) и «Грануфло», ВДГ (17,3 и 17,8 %). Только «Скор», КЭ ингибировал рост изолятов этих видов *in vitro* на 70 %. Для препаратов «Хорус», ВДГ и «Луна Транквилити», КС не отмеченного значимого влияния состава среды на степень чувствительности к ним грибов *F. solani* и *F. avenaceum*. Полученные данные указывают на высокую видоспецифичность эффективности различных химических фунгицидов в отношении видов рода *Fusarium spp.,* возбудителей гнили сердцевины плодов яблони, что требует дальнейших исследований.

Литература

1. Ellis M. B. More dematiaceous Hyphomycetes. England, Kew, Surrey: Common wealth Mycological Institute, 1976. 507 p.

2. Nirenberg H. I. Recent advances in the taxonomy of *Fusarium* // Studies in Mycology. 1990. No. 32. P. 91–101.

3. Якуба Г. В., Мищенко И. Г. Распространение грибов рода *Fusarium* на плодовых культурах юга России // Плодоводство и ягодоводство России. Т. 58. 2019. С. 206–211. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://vstisp.org/vstisp/images/Contents-58_volume.pdf (дата обращения 01.06.2020)

4. Якуба Г. В., Астапчук И. Л., Насонов А. И. Видовая структура комплекса микромицетов, возбудителей гнили сердцевины плодов яблони Краснодарского края // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 60 (6). С. 148–162. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-6-60-148-162.

5. Ellis M. A., Barrat J. G. Colonization of Delicious apple fruits by *Alternaria* spp. and effect of fungicide sprays on moldy-core // Plant Diseases. 1983. Vol. 67. P. 150–152.

6. Якуба Г. В. Элементы тактики защиты яблони от альтернариоза // Сборник трудов ГНУ СКЗНИИСИВ «Оптимизация фитосанитарного состояния садов в условиях погодных стрессов». 2005. С. 251–254.

7. Арифова З. И. Влияние микробиологических препаратов на морфоструктуру, урожайность и качество ягод малины // Таврический вестник аграрной науки. 2019. Вып. 1 (17). С. 6–12. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-6-12.

8. Чекмарев В. В. Методика определения биологической эффективности фунгицидов в отношении грибов рода *Fusarium* и их резистентности к химическим препаратам. Тамбов: Принт–Сервис, 2015. 61 с.

9. Дубровская Н. Н., Гусев И. В., Чекмарев В. В. Применение чашечного метода для оценки эффективности фунгицидов в отношении грибов рода *Fusarium* // Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции «Фундаментальные научные исследования: теоретические и практические аспекты». Кемерово: изд-во ООО «Западно-Сибирский научный центр», 2018. С. 215–217.

10. Чекмарев В. В., Дубровская Н. Н., Корабельская О. И., Бучнева Г. Н. Биологическая оценка фунгицидов *in vitro* // Зерновое хозяйство России. 2017. № 5 (53). С. 65–68.

11. Буланов А. Г., Титова Д. Г., Дмитриева Е. Н., Горюнова О. Б., Марквичев Н. С. Исследование действия фунгицидного препарата «Максим» на фитопатогенный микроорганизм *Fusarium oxysporum* // Успехи в химии и химической технологии. 2014. Т. 28. № 4 (153). С. 129–134.

12. Гагкаева Т. Ю., Гаврилова О. П., Кузин А. И., Кузнецова Н. И., Николаенко М. А., Азизбекян Р. Р. Влияние бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* на рост и токсинообразование гриба *Fusarium sporotrichioides* // Биотехнология. 2014. Т. 30. № 1. С. 32–37.

13. Хижняк С. В. Чувствительность фитопатогенных грибов рр. *Bipolaris* и *Fusarium* к фунгицидам разного химического состава // Вестник КрасГАУ. 2015. № 12 (111). С. 3–10.

14. Мухторов Л. Г., Песцов М. Б., Никишина Е. В., Иванова О. С., Половецкая Ю. М. Атрощенко Г. В. Исследование фунгицидной активности 2-амино-4,6-динитрофенола // Уральский научный вестник. 2018. Т. 2. № 4. С. 041–044.

15. Fritz R., Lanen C., Colas V., Leroux P. Inhibition of methionine biosynthesis in *Botrytis cinerea* by the anilinopyrimidine fungicide pyrimethanil // Pesticide Science. 1997. Vol. 49. No. 1. P. 40–46.

16. Leroux P., Chapeland F., Desbrosses D., Gredt, M. Patterns of cross-resistance to fungicides in *Botryotinia fuckeliana (Botrytis cinerea*) isolates from French vineyards // Crop Protection. 1999. Vol. 18. P. 687–697.

17. Birchmore R. J., Forster B. FRAC methods for monitoring the sensitivity of *Botrytis cinerea* to anilino pyrimidine fungicides // EPPO Bulletin. 1996. Vol. 26 (1). P. 181–197.

18. Тютерев С. Л. Проблемы устойчивости фитопатогенов к новым фунгицидам // Вестник защиты растений. 2001. № 1. С. 38–53.

19. Ильюк А. Г. Чувствительность изолятов *Fusarium* spp. к некоторым фунгицидам // Тезисы докладов второго съезда микологов России «Современная микология в России». 2008. Т. 2. С. 293.

20. Hilber U. W., Schüepp H. A reliable method for testing the sensitivity of *Botryotinia fuckeliana* to anilinopyrimidies *in vitro* // Pestic. Sci. 1996. Vol. 47. P. 241–247.

21. Leroux P., Colas V., Fritz R., Lanen C. Interaction of the anilinopyrimidine fungicide pyrimethanil with amino acids and sulfur containing metabolites in *Botrytis cinerea*. Modern Fungicides and Antifungal Compounds. UK: Intercept, Andover, 1996. P. 61–67.

22. Köller W., Wilcox W. F., Parker D. M. Sensitivity of *Venturia inaequalis* populations to anilinopyrimidine fungicides and their contribution to scab management in New York // Plant disease. 2005. Vol. 89. No. 4. P. 357–365.

23. Akram S., Khan S. M., Khan M. F., Khan H. U., Tariq A., Umar U. U., Gill A. Antifungal activity of different systemic fungicides against *Fusarium oxysporum F. sp. lycopersici* associated with tomato wilt and emergence of resistance in the pathogen // Pakistan Journal of Phytopathology. 2018. Vol. 30. No. 2. P. 169–176.

24. Gachango E., Hanson L. E., Rojas A., Hao J. J., Kirk W. W. *Fusarium* spp. causing dry rot of seed potato tubers in Michigan and their sensitivity to fungicides // Plant Disease. 2012. Vol. 96. No. 12. P. 1767–1774.

25. Kopacki M., Wagner A. Effect of some fungicides on mycelium growth of *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc. pathogenic to chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev) // Agronomy Research. 2006. Vol. 4. P. 237–240.

References

1. Ellis M. B. More dematiaceous Hyphomycetes. England, Kew, Surrey: Common wealth Mycological Institute, 1976. 507 p.

2. Nirenberg H. I. Recent advances in the taxonomy of *Fusarium* // Studies in Mycology. 1990. No. 32. P. 91–101.

3. Yakuba G. V., Mishchenko I. G. Spread of Fusarium genus fungi on fruit crops of south Russia // Pomiculture and small fruits culture in Russia. 2019. Vol. 58. P. 206–211. [Electronic resource]. Access point: https://vstisp.org/vstisp/images/Contents-58_volume.pdf (reference's date 03.03.2020).

4. Yakuba G. V., Astapchuk I. L., Nasonov A. I. Specific structure of micromycetes complexes, causes of rots of apple fruits core in the Krasnodar region// Fruit growing and viticulture of South Russia. 2019. No. 60 (6). P. 148–162. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-6-60-148-162.

5. Ellis M. A., Barrat J. G. Colonization of Delicious apple fruits by *Alternaria* spp. and effect of fungicide sprays on moldy-core // Plant Diseases. 1983. Vol. 67. P. 150–152.

6. Yakuba G. V. Elements of tactics for protecting an apple tree from Alternariosis // Proceedings of the State Scientific Institution "North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making" "Optimization of the phytosanitary state of gardens under weather stresses". 2005. P. 251–254.

7. Arifova Z. I. Influence of microbiological preparations on morphostructure, yield, and quality of raspberries // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2019. Iss. 1 (17). P. 6–12. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-6-12.

8. Chekmarev V. V. Methodology for determining the biological effectiveness of fungicides against fungi of the genus *Fusarium* and their resistance to chemical preparations. Tambov: Print-Service, 2015. 61 p.

9. Dubrovskaya N. N., Gusev I. V., Chekmarev V. V. The use of the cup method to assess the effectiveness of fungicides against fungi of the genus *Fusarium* // Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference "Fundamental scientific research: theoretical and practical aspects". Kemerovo: Publishing House LLC "West Siberian Scientific Center", 2018. P. 215–217.

10. Chekmarev V. V., Dubrovskaya N. N., Korabelskaya O. I., Buchneva G. N. Biological assessment of fungicides *in vitro* // Grain Economy of Russia 2017. No. 5 (53). P. 65–68.

11. Bulanov A. G., Titova D. G., Dmitrieva E. N., Goryunova O. B., Markvichev N. S. Research of action of fungicides "Maxim" on the phytopathogenis *Fusarium oxysporum* // Advances in Chemistry and Chemical Technology. 2014. Vol. 28. No. 4 (153). P. 129–134.

12. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O. P., Kuzin A. I., Kuznetszova N. I., Nikolaenko M. A., Azizbekyan R. R. Influence of *Bacillus amyloliquefaciens* bacteria on growth and toxin formation in *Fusarium sporotrichioides* fungi // Biotechnology. 2014. Vol. 30. No. 1. P. 32–37.

13. Khizhnyak S. V. The sensitivity of phytopathogenic fungi of genera *Bipolaris* and *Fusarium* to fungicides of different chemical composition // Bulletin of KrasGAU. 2015. No. 12 (111). P. 3–10.

14. Mukhtorov L. G., Pesczov M. B., Nikishina E. V., Ivanova O. S., Poloveczkaya Yu. M. Atroshhenko G. V. The study of the fungicidal activity of 2-amino-4,6-dinitrophenol // Ural Scientific Herald. 2018. Vol. 2. No. 4. P. 041–044.

15. Fritz R., Lanen C., Colas V., Leroux P. Inhibition of methionine biosynthesis in *Botrytis cinerea* by the anilinopyrimidine fungicide pyrimethanil // Pesticide Science. 1997. Vol. 49. No. 1. P. 40–46.

16. Leroux P., Chapeland F., Desbrosses D., Gredt, M. Patterns of cross-resistance to fungicides in *Botryotinia fuckeliana* (*Botrytis cinerea*) isolates from French vineyards // Crop Protection. 1999. Vol. 18. P. 687–697.

17. Birchmore R. J., Forster B. FRAC methods for monitoring the sensitivity of *Botrytis cinerea* to anilino pyrimidine fungicides // EPPO Bulletin. 1996. Vol. 26 (1). P. 181–197.

18. Tyuterev S. L. Problems of resistance of phytopathogens to new fungicides // Herald of Plant Protection. 2001. No. 1. P. 38–53.

19. Ilyuk A. G. The sensitivity of the isolates *Fusarium spp.* to some fungicides // Abstracts of the Second Congress of Mycologists of Russia "Modern Mycology in Russia". 2008. Vol. 2. P. 293.

20. Hilber U. W., Schüepp H. A reliable method for testing the sensitivity of *Botryotinia fuckeliana* to anilinopyrimidies *in vitro* // Pestic. Sci. 1996. Vol. 47. P. 241–247.

21. Leroux P., Colas V., Fritz R., Lanen C. Interaction of the anilinopyrimidine fungicide pyrimethanil with amino acids and sulfur containing metabolites in *Botrytis cinerea*. Modern Fungicides and Antifungal Compounds. UK: Intercept, Andover, 1996. P. 61–67.

22. Köller W., Wilcox W.F., Parker D.M. Sensitivity of *Venturia inaequalis* populations to anilinopyrimidine fungicides and their contribution to scab management in New York // Plant disease. 2005. Vol. 89. No. 4. P. 357–365.

23. Akram S., Khan, S. M., Khan M.F., Khan H.U., Tariq A., Umar U.U., Gill A. Antifungal activity of different systemic fungicides against *Fusarium oxysporum* F. sp. *lycopersici* associated with tomato wilt and emergence of resistance in the pathogen // Pakistan Journal of Phytopathology. 2018. Vol. 30. No. 2. P. 169–176.

24. Gachango E., Hanson L. E., Rojas A., Hao J. J., Kirk W. W. *Fusarium* spp. causing dry rot of seed potato tubers in Michigan and their sensitivity to fungicides // Plant Disease. 2012. Vol. 96. No. 12. P. 1767–1774.

25. Kopacki M., Wagner A. Effect of some fungicides on mycelium growth of *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc. pathogenic to chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev) // Agronomy Research. 2006. Vol. 4. P. 237–240.

UDC 632.4.01/08: 632.952: 632.95.025.8

Yakuba G. V., Astapchuk I. L., Nasonov A. I.

IN VITRO ACTION OF FUNGICIDES ON FUNGI OF THE GENUS *FUSARIUM* LINK CAUSING CORE ROT OF APPLE-FRUIT

Summary. *An increase both in the severity of a dangerous apple disease, core rot of apple-fruit, which is new for the North Caucasus region, and in the species composition of its pathogens, makes it relevant to study the effectiveness of fungicides concerning certain species by laboratory methods using fungus pure cultures. The aim of the study was to determine the effectiveness of several fungicides of chemical origin in vitro against some species of the genus Fusarium Link, which are the causative agents of core rot of apple. Studies were performed in 2019–2020 in the Laboratory of biotechnological control of phytopathogens and phytophages, FSBSI "North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making". Objects of the research: F. avenaceum (Fr.) Sacc., F. solani (Mart.) Sacc. and F. semitectum Berk. & Ravenel – species of the genus Fusarium Link isolated from the carpels of the affected apple fruit. The influence of chemical fungicides "Chorus" (cyprodinil, 750 g/kg), water soluble granules – 0.025 % (concentration of fungicide); "Luna Tranquility" (fluopyram, 125 g/l + pyrimethanil, 375 g/l), suspension concentrate – 0.12 %; "Granuflo" (tiram, 800 g/kg), water soluble granules – 0.30 % of on the growth of fungal culture was studied. Chemical fungicide "Score" (difenoconazole, 250 g/l), emulsifiable concentrate served as a standard; distilled water – as a control. The experiments for all preparations were carried out on potato-glucose agar; for "Chorus" and "Luna Tranquility" – on synthetic medium Leroux containing no amino acids. High biological efficacy (90–100 %) of four fungicides against F. avenaceum (Fr.) Sacc was established under in vitro conditions. "Luna Tranquility" (21.9 and 24.0 %) and "Granuflo" (17.3 and 17.8 %) showed insufficient effectiveness against species F. solani (Mart.) Sacc. and F. semitectum Berk. & Ravenel. In the case of "Chorus" (4,1 и 6,6 %), we can talk about the lack of sensitivity of the studied species to fungicide. Fungicide "Score", EC inhibited of F. solani and F. semitectum growth by 72 %. The composition of the medium had no significant effect on the degree of sensitivity of the fungi F. solani and F. avenaceum to preparations "Chorus", WSG and "Luna Tranquility", SC. These results are the first reports of the susceptibility of pathogens causing core rot of apple-fruit (genus Fusarium Link) to fungicides and indicate high species-specific effectiveness of various chemical fungicides against these species.*

Keywords: *apple-tree, Malus domestica Borkh., seed chamber, Fusarium, fungicides, in vitro, efficiency.*

Якуба Галина Валентиновна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биотехнологического контроля фитопатогенов и фитофагов, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350901, Россия, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; e-mail: galyayaku@gmail.com.

Астапчук Ирина Леонидовна кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биотехнологического контроля фитопатогенов и фитофагов, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350901, Россия, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; e-mail: Irina_astapchuk@mail.ru.

Насонов Андрей Иванович, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией биотехнологического контроля фитопатогенов и фитофагов, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350901, Россия, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; e-mail: nasoan@mail.ru.

Yakuba Galina Valentinovna, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher of the Laboratory of biotechnological control of phytopathogens and phytophages, FSBSI “North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making”; 39, 40-letya Pobedy str., Krasnodar, 350901, Russia: e-mail: galyayaku@gmail.com.

Astapchuk Irina Leonidovna, Cand. Sc. (Biol.), researcher of the Laboratory of biotechnological control of phytopathogens and phytophages, FSBSI “North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making”; 39, 40-letya Pobedy str., Krasnodar, 350901, Russia: e-mail: Irina_astapchuk@mail.ru.

Nasonov Andrey Ivanovich, Cand. Sc. (Biol.), head of the Laboratory of biotechnological control of phytopathogens and phytophages, FSBSI “North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making”; 39, 40-letya Pobedy str., Krasnodar, 350901, Russia: e-mail: nasoan@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 03.03.2020.
Дата принятия к печати – 30.05.2020.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Уважаемые авторы!

Информируем Вас о том, что правила и образец оформления статей для публикации в научном журнале «Таврический вестник аграрной науки» представлены на сайте:http://tvan.niishk.ru/